

# REVISTA randuka

DOCENCIA | INVESTIGACIÓN | EXTENSIÓN

**20 años del Observatorio Astronómico**  
"Prof. Alexis Troche Boggino"

**10 años del Grupo de  
Investigación**  
en Sistemas Energéticos

**Menciones de honor**  
**Premio Nacional de**  
**Ciencia 2020**



**Portada**  
"20 Años del Observatorio Astronómico "Prof. Alexis Troche Boggino".  
Foto: Archivo, DC.

## SUMARIO

- 06. Medidas aplicadas por la Dirección de Admisión ante la pandemia por la covid-19.
- 12. Las herramientas digitales y la docencia.
- 18. Los modelos matemáticos aplicados a la pandemia de la covid-19.
- 26. Diseño de un Laboratorio de Alta Tensión.
- 30. Diseño de un controlador neuronal adaptativo, aplicado al control de presión en procesos industriales del control postural.



38. Análisis de prefactibilidad y diseño básico de una mini central hidroeléctrica como modelo de generación distribuida - caso de estudio: Río Tebycuarymi.

48. Construyendo Historia.

52. ETyC Virtual  
La Exposición Tecnológica y Científica en Tiempos de pandemia.

62. Vinculación de la carrera Ingeniería en Sistemas de Producción de la Facultad Politécnica - UNA con el medio externo en el año 2020.

68. Poliolidaria.

76. Menciones de honor Premio Nacional de Ciencia 2020

83. 10 años del Grupo de Investigación en Sistemas Energéticos

88. 20 años del Observatorio Astronómico "Prof. Alexis Troche Boggino"

94. La Ley de Acceso a la Información Pública, como instrumento de accountability social dentro de las instituciones públicas del Paraguay.



# Editorial

Revista Aranduka  
Vol. 11 N° 1



**Teodoro Salas Coronel**  
Ingeniero en Electrónica  
Decano de la Facultad Politécnica. Universidad Nacional de Asunción.

"Los dioses nos dan muchas sorpresas: lo esperado no se cumple y para lo inesperado un dios abre una puerta" Eurípides. Con esta frase, el pensador Edgar Morin inicia un importante debate en su obra: Los siete saberes necesarios para la Educación del futuro, a finales del siglo XX. Sin embargo ninguno podría ni siquiera imaginarse lo que el siglo XXI nos estaba deparando.

La pandemia por Covid 19 ha provocado una crisis, sin precedente en todos los ámbitos. En el área de la educación ha provocado el cierre de actividades presenciales en las instituciones educativas a nivel mundial, con el fin de evitar la propagación del virus. Esto ha originado la puesta en marcha de modalidades de aprendizaje a distancia con el apoyo y la movilización del personal y la comunidad educativa. Aún no se podrán visibilizar los resultados reales de las actividades del proceso enseñanza aprendizaje en esta modalidad; pero se puede evidenciar el gran esfuerzo de la comunidad educativa para enfrentar la crisis presentada.

En este contexto, ante la necesidad de apoyo a docentes y estudiantes, la Facultad Politécnica y otras Facultades de la Universidad Nacional de Asunción han apostado a la actualización de su plantel docente ante la necesidad de implementar herramientas digitales en plena pandemia, para garantizar la continuidad de las actividades educativas.

Parfraseando a Morin, en la FP-UNA confiamos que la educación del futuro es la clave de las buenas decisiones para enfrentar las incertidumbres, mediante la observación y el análisis de todo nuestro alrededor cada vez más complejo. El mayor reto es la consolidación de la calidad educativa, mitigar el daño causado por la pandemia e incluso, convertir la recuperación en una nueva oportunidad. En este marco, la solidaridad y la unidad de la Comunidad Educativa de la FP-UNA son la llave para que todos al fin, sigamos construyendo el futuro. ■

## COMITÉ EDITORIAL

### PRESIDENTE

Prof. Ing. Teodoro Salas.

### MIEMBROS

Prof. Lic. Limpia Ferreira.  
Prof. Ms. Marina Colmán.  
Prof. Ms. Ma. del Rosario Zorrila.  
Prof. Ing. César Duarte.  
Prof. Lic. Ma. de los Ángeles González.  
Prof. Ing. Sandra Cañete.  
Lic. Ana Valiente.

### EDICIÓN

Facultad Politécnica, UNA.

### DISEÑO EDITORIAL

Univ. Laura Flores.

### EDICIÓN FOTOGRÁFICA

Univ. Laura Flores

### EDICIÓN DE TEXTOS

Lic. Ana Valiente.

Las opiniones vertidas en los artículos son de exclusiva responsabilidad de sus autores.

REVISTA  
ARANDUKA





# DOCENCIA

## MEDIDAS APLICADAS POR LA DIRECCIÓN DE ADMISIÓN ANTE LA PANDEMIA POR LA COVID-19

*La Dirección de Admisión, como en años anteriores, había planificado cuatro periodos del Curso Preparatorio de Admisión –CPA–, además del Curso de Operador de Computadoras Personales y Programas Utilitarios –COCPPU–. El 24 de febrero se habían iniciado las clases presenciales de ambos cursos con 925 postulantes en el CPA y 30 estudiantes en el COCPPU, pero debido a la pandemia por la COVID-19 se suspendieron las clases a partir del 11 de marzo. Para paliar la situación, la Dirección ha realizado acciones que se exponen a continuación.*



**MSc. Osvaldo Ramón Vega Gamarra**  
Dirección de Admisión

### PLAN DE ACCIÓN ACADÉMICA DE LA DIRECCIÓN DE ADMISIÓN

Para retomar las clases, la Dirección elaboró un Plan de Acción Académica, aprobada según Resolución N° 0318/2020 del Decano, que incluía planes académicos para el CPA y el COCPPU de la Facultad Politécnica de la Universidad Nacional de Asunción –FP-UNA–, en la línea de las acciones trazadas en el Plan de Acción Académica de la FP-UNA para las carreras de grado.

En la primera etapa, se ha invitado a los docentes del CPA y el COCPPU para que participen de los cursos de capacitación en el uso de herramientas digitales, dictados en el marco del Plan de Acción Académica de la FP-UNA logrando una participación del casi 100%.



Foto Archivo FP-UNA.

La finalidad de este Plan de Acción fue la virtualización de las asignaturas del CPA y del COCPPU de la FP-UNA, en la plataforma virtual institucional EDUCA. Para cumplir con esta finalidad se han establecido los siguientes objetivos:

- 

Capacitar a todos los docentes en el manejo de las estrategias didácticas que conlleva la modalidad a distancia, tutoría virtual, diseño de materiales didácticos, herramientas específicas: elaboración de videos tutoriales, otros.
- 

Elaborar materiales didácticos para el uso en la modalidad a distancia.
- 

Preparar el aula virtual de la asignatura, según las directrices de la Dirección de Elearning
- 

Capacitar a los estudiantes en el uso de las herramientas tecnológicas institucionales.



Foto Archivo FP-UNA.

Para el logro de los objetivos, la Dirección de Admisión, la Dirección de Elearning, la Dirección TIC la Dirección de la Sede de Coronel Oviedo y la Dirección de la Sede de Villarrica, junto con los docentes del CPA y del COCPPU llevaron a cabo actividades entre los meses de mayo y agosto de 2020. Algunas de esas actividades fueron:

1. Capacitación de los docentes en el uso de la plataforma EDUCA 3.8, diseño de materiales didácticos para Educación a Distancia, elaboración de videos tutoriales, Didáctica de la Educación a Distancia.
2. Conformación de grupos de revisores de los materiales didácticos elaborados por los docentes.
3. Elaboración de cronograma de trabajo y materiales didácticos.
4. Diseño virtualización de las aulas de las asignaturas del CPA y del COCPPU.
5. Creación de grupos de Whatsapp por secciones de los estudiantes del CPA y del COCPPU.
6. Aplicación de un formulario para recoger datos sobre los estudiantes, relativos a la posibilidad de que hagan cursos a distancia.
7. Realización de talleres de auto-aprendizaje en el uso de las herramientas tecnológicas institucionales



### DESARROLLO DEL PRIMER PERIODO ACADÉMICO 2020

Para la toma de decisiones, la Dirección de Admisión, apoyándose en un formulario en línea aplicado a los postulantes, ha recogido información relevante como por ejemplo: el porcentaje de postulantes que optarían por el desarrollo de las clases utilizando las herramientas digitales y el motivo por el cual algunos los postulantes desistirían de la modalidad planteada.

Mediante la información recogida y la desinscripción de algunos postulantes, la institución decidió habilitar nuevas inscripciones al CPA para el primer periodo 2020.

Las clases en la modalidad a distancia se desarrollaron del 3 de agosto al 23 de octubre con aproximadamente 850 postulantes en el CPA distribuidos en seis secciones en la plataforma virtual MOODLE denominada EDUCA.

Los postulantes que han optado por suspender su inscripción en el CPA en la nueva modalidad tuvieron la posibilidad de solicitar la transferencia de los aranceles pagados para siguientes periodos.



Foto Archivo FP-UNA.

### EXÁMENES FINALES DEL CPA

Los exámenes finales del CPA se realizaron del 26 al 29 de octubre. Los mismos se aplicaron en forma presencial siguiendo estrictamente un protocolo elaborado por la Dirección de Admisión y aprobado por el Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social –MSPBS–.

La cantidad de postulantes para las carreras de las orientaciones A y B, habilitados para los exámenes finales del CPA, fue de 548. Mientras que 69 postulantes para las carreras de la orientación C fueron habilitados para presentarse a los exámenes mencionados

### EXÁMENES DE ADMISIÓN

Los exámenes de admisión se desarrollaron los días 6, 9, 11 y 13 de noviembre. Al igual que los exámenes finales del CPA, los exámenes fueron presenciales con el cumplimiento del protocolo aprobado por el MSPBS. Las carreras de las orientaciones A y B tuvieron 297 postulantes y las carreras de la orientación C tuvieron 36 postulantes.

La cantidad de admitidos según la carrera se resume en la siguiente tabla.

ORIENTACIÓN	CARRERA	CANTIDAD DE ADMITIDOS
A	Ingeniería en Informática	31
	Ingeniería en Marketing	11
	Ingeniería en Sistemas de Producción	11
	Licenciatura en Ciencias Informáticas	33
B	Ingeniería en Energía	16
	Ingeniería en Electrónica	32
	Ingeniería en Electricidad	27
	Ingeniería en Ciencias de los Materiales	2
	Ingeniería Aeronáutica	15
	Licenciatura en Electricidad	9
C	Licenciatura en Ciencias de la Información	2
	Licenciatura en Gestión de la Hospitalidad	15
<b>TOTAL</b>		<b>204</b>



Foto Archivo FP-UNA.

### CURSO DE OPERADOR DE COMPUTADORAS PERSONALES Y PROGRAMAS UTILITARIOS.

Los 30 estudiantes inscriptos en febrero 2020 al COCPPU, retomaron las clases en modalidad a distancia, desde el 3 de agosto 2020, coincidiendo el primer semestre del curso con el primer periodo del CPA.

Con la pandemia, se ha tenido que ajustar el primer semestre del COCPPU al CPA del primer periodo con exámenes finales en octubre y teniendo en cuenta sus planes iniciales de ya ingresar en noviembre, se les concedió la posibilidad de cursar y rendir no solo las dos asignaturas habituales, sino las cuatro asignaturas necesarias para competir en el examen de admisión de noviembre 2020.

Igualmente, continúan con sus asignaturas profesionales en el segundo semestre, ajustado al segundo periodo 2020/2021, pudiendo nuevamente rendir exámenes finales de enero y presentarse a Exámenes de Admisión de febrero 2021 y concluidos los contenidos profesionales, también recibir sus certificados de Operador.

### ADMISIÓN EN LAS FILIALES

Las tres sedes de la FP-UNA trabajaron en forma conjunta para hacer posible la continuidad de las clases en la modalidad a distancia. Los postulantes de las sedes de Coronel Oviedo y Villarrica tuvieron clases con los postulantes de la sede de San Lorenzo, es decir, los postulantes de las tres sedes compartieron una de las aulas virtuales, pero se les aplicó el sistema de admisión según el Reglamento de Admisión a las carreras de grado de la FP-UNA para las Filiales de Coronel Oviedo y Villarrica. La filial de Villarrica tuvo cuatro admitidos, mientras que la filial de Coronel Oviedo, seis.

### SEGUNDO PERIODO

El año académico 2020/2021 tendrá en total dos periodos. El primero ya descrito, y un segundo periodo que comenzó el 16 de noviembre y termina el 15 de febrero, esta última fecha que coincide con el último día de los exámenes de admisión.

Las plazas para cada periodo es la mitad de los cupos que normalmente ofrece la FP-UNA en un año académico, esto es porque se ha repartido la totalidad de los cupos para un año entre los dos únicos periodos del año académico.

El segundo periodo ha empezado con aproximadamente 850 postulantes de las tres sedes, de los cuales 51 postulantes tuvieron exoneración del pago de la totalidad de aranceles por méritos académicos o por insolvencia económica.



## UN DESAFÍO EN TIEMPOS DE PANDEMIA

# LAS HERRAMIENTAS DIGITALES Y LA DOCENCIA



Lic. María Del Rosario Zorrilla Antúnes

Profesora Titular del Departamento de Informática  
Coordinadora del Departamento de Arte y Cultura  
Coordinadora del Departamento de Pasantía y Extensión

***El año 2020, inició como todos los años, con muchos obstáculos y desafíos. Pero lo que ocurrió a partir del 11 de marzo, no estuvo ni en los planes de los escenarios más pesimistas. A ello, se debe agregar que nos encontramos en un contexto en el que accedemos a través de Internet, a contenidos de diversos temas, plataformas digitales gratuitas a disposición del docente y programas editores de contenidos en diferentes formatos. En este escenario, las TIC se convierten en los aliados indispensables, para permitir la comunicación y la expresión por medio de las redes sociales, editar contenidos a través de los diferentes espacios virtuales y hacer volar la imaginación a través de programas de diseño y edición.***

Este escenario sin precedentes por su escala y rapidez de propagación, ha obligado a los países a la búsqueda de soluciones que permitan dar continuidad a la educación a través de las plataformas virtuales, para no interrumpir la enseñanza, sin arriesgar a estudiantes ni docentes y contener, en la medida de lo posible, la cadena de transmisión del coronavirus.

En la actualidad, existen muchas experiencias educativas con plataformas virtuales y redes de computadoras debido principalmente al tremendo impacto social de Internet, por lo que existe un número muy alto de docentes que han decidido utilizar el fácil acceso a los computadores, teléfonos inteligentes o Tablet e incorporarlos no sólo en su práctica docente, sino también en su desarrollo profesional.

Ya en el año 2012, Área & Pessoa resaltaba que, en los últimos años, las TIC han propiciado profundos cambios sociales transformando la manera de informarnos y comunicarnos, y de ejercer nuestro rol como ciudadanos activos y comprometidos.

La incorporación de las TIC a la Educación Superior ha producido la necesidad de integrar en los currículos de las diferentes especialidades de las carreras de grado, herramientas que ayuden a la estructuración y desarrollo de recursos didácticos interactivos, considerando al mismo tiempo, contenidos específicos y una interface digital.

Las herramientas digitales son un conjunto de recursos digitales que brindan contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización.

Conociendo las limitaciones que mantienen las enseñanzas del tipo tradicional y con el propósito de aprovechar las ventajas que ofrece la integración de estos recursos tecnológicos en las metodologías activas, porque representa nuevas posibilidades en la comunicación, colaboración y distribución de conocimientos, es importante explorar las posibilidades que ofrece la tecnología en el ejercicio de la docencia. Las plataformas digitales de educación a distancia (e-learning), constituyen tecnologías que a través de Internet facilitan un escenario propicio para el ejercicio de la docencia. Con su aparición, surge un modelo educativo que se presta para la Educación a distancia y que permite a docentes y estudiantes, emplear herramientas de comunicación virtual o digital para intercambiar contenidos e información de las materias, de modo que resulte de mutuo beneficio.

Así como estos, surgieron varias plataformas de apoyo docente y recursos educativos para asegurar la continuidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Es evidente que uno de los desafíos principales que ha planteado la pandemia, se ha producido en el ámbito educativo.

Antes de utilizar alguna de las plataformas, de tantas que ofrecen las redes, se debe verificar que no sean comerciales, ni de pago por uso en la nube, en lo posible deben ser de software libre, porque son plataformas de código abierto y de dominio público. Existen numerosas plataformas, pero las más conocidas y utilizadas son:

- **Moodle:** Es una plataforma muy robusta. Posee diferentes tipos de actividades y recursos, las cuales se pueden adaptar a las necesidades educativas del aula. Dispone de varios temas o plantillas que pueden ser modificables. No tiene limitaciones en cuanto a la cantidad de cursos o aulas a crear.



Foto Archivo FP-UNA.

- **Google Classroom:** Es una plataforma enfocada hacia el llamado aprendizaje semipresencial o blended learning. Ofrece una serie de herramientas para simplificar y distribuir tareas a los estudiantes, así como evaluar sus contenidos.

- **Sakai:** Es una plataforma que forma parte de la Fundación Sakai, que aglutina a más de 100 universidades. La instalación de la plataforma es sencilla y ofrece varias funcionalidades.

- **Learning Keeps Going:** Se trata de una plataforma creada por una comunidad de organizaciones sin ánimo de lucro convocadas por ISTE y EdSurge, diseñada para ayudar y asesorar tanto a maestros como a familias en los procesos de aprendizaje mientras dure la pandemia.

- **Open2study:** Propiciada por la Open Universities Australia (OUA) es posible encontrar una gran selección de cursos en abierto de instituciones en este país.

- **Coursera:** Esta plataforma educativa está asociada con universidades y organizaciones de renombre de todo el mundo para proporcionar cursos on line.

• **ClassOnLive:** En él se imparten en directo videoconferencias y videocursos sobre diferentes temas, entre ellos, de educación y enseñanza entre los que se encuentran de idiomas, pedagogía, filosofía y matemáticas.

• **KhanAcademy:** Matemáticas, Economía o Ciencia, son algunas de las materias que ofrece esta plataforma de formación online que empezó a dar sus primeros pasos en 2006. El propósito de su fundador, Salman Khan, es que cualquier persona tenga la posibilidad de acceder a una educación libre, gratuita y de clase mundial con independencia del lugar en el que se encuentre.

• **Chamilo:** herramienta que permite a los docentes cursos ya sea para apoyo presencial como para su implementación totalmente virtual.

A estas plataformas, debemos sumar las herramientas de videoconferencias, muy utilizadas para el fortalecimiento de la educación a distancia. La videoconferencia, es uno de los medios de telecomunicación que permite lo que ningún otro había logrado antes, ya que puede establecer contacto verbal y visual en tiempo real entre los participantes, normalmente separados a diferentes distancias. Esta característica, lo hace propicia para ser aplicado en las modalidades presencial y a distancia de la educación, ya que permite la interacción en tiempo real entre profesores y estudiantes

• **Google Hangouts:** Permite videoconferencias múltiples y gratuitas con hasta doce usuarios al mismo tiempo. Además, puede trabajar de manera colaborativa con Google Docs, se puede compartir la pantalla, archivos y notas, y también chatear simultáneamente.

• **Google meet:** Este es el hermano mayor de Hangouts, ya que tiene las mismas funciones. Tiene una interfaz limpia, con la que únicamente compartirás un vínculo para comenzar. Es una opción rápida y sencilla de entender, dado que no necesita ninguna configuración extra.

• **Google Dúo:** Es otro servicio de videollamadas alternativo a Google Hangouts. Se puede acceder desde cualquier dispositivo de forma gratuita y permite interactuar un máximo de 8 personas al mismo tiempo, pero no permite ni grabar las llamadas ni compartir archivos del escritorio.

• **Meeting Burner:** Es un servicio de videoconferencia que ofrece la posibilidad de grabar audio, compartir la pantalla y permite una conexión simultánea con hasta diez a quince usuarios.

• **Meetin.Gs:** Es una herramienta de gestión de reuniones por videoconferencia que utiliza el motor de Skype para la transmisión de vídeo. También permite crear eventos en la agenda para convocar a los participantes a la reunión, editar documentos, compartir notas y ficheros, manejar agendas, etc.



• **Tinychat:** Esta herramienta actúa como sala de chat de vídeo, aunque el aspecto realmente importante y diferenciadores que permite la integración con las redes sociales Facebook, Twitter y Tumblr, pueden participar hasta doce personas simultáneamente, al mismo tiempo que chatean y de manera gratuita.

• **Jitsi:** Es una herramienta completamente gratuita que permite realizar videollamadas cifradas en tiempo real de forma sencilla y, sobre todo, segura.

• **Oovoo:** Esta herramienta gratuita permite la comunicación de un máximo de 8 participantes a través de videollamada o videoconferencia. Tanto el vídeo como el audio son de gran calidad y solamente requieren de una conexión standard a internet.

• **Zoom:** Esta plataforma de vídeo y audio permite realizar conferencias online entre empresas y profesionales que necesitan mantener reuniones a distancia, utilizándola directamente desde el navegador o, si lo prefieres, descargando su aplicación en cualquier dispositivo. Zoom cuenta con una versión gratuita de uso individual que permite reuniones de hasta 100 participantes, aunque con un tiempo limitado de 40 minutos. Graba las reuniones directamente en el computador del usuario y permite compartir escritorio y aplicaciones.

• **Slack:** Además de ser una plataforma que brinda una visión compartida de los proyectos a todos los participantes, también realiza videollamadas de manera eficiente y rápida.

• **Microsoft Teams:** Reemplaza el servicio de Skype Empresarial y ofrece reuniones online, eventos en vivo, audioconferencias y dispositivos para reuniones.

• **GoToMeeting:** Disponible para 150 usuarios conectados en su plan Professional, mientras que en hay disponibilidad para 250 en el plan Business.

• **BlueJeans:** es una compañía especializada en comunicaciones por vídeo, cuyo objetivo es ofrecer videoconferencias para grandes organizaciones, medianas y pequeñas empresas. Sus servicios son compatibles con cualquier software y tecnología de comunicación por voz. Sus productos se dividen de la siguiente forma: BlueJeans Rooms, BlueJeans Events y BlueJeans Meetings.

Hemos aprendido a aprovechar las redes sociales como el WhatsApp y el Facebook, para proseguir con nuestras clases. Pero, estas herramientas no permitían interactuar en tiempo real con el estudiante. Y en medio de la Pandemia del COVID 19, surgió la solidaridad, no solo el apoyo en medicina, vestimenta y alimentación, sino también en lo que para ese momento se volvió esencial y de primera necesidad para la educación: el acceso a las plataformas digitales de apoyo a la docencia e Internet, con buena infraestructura técnica y humana, para cumplir con el desafío de seguir comunicados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Manuel Area-Moreira, Tenerife (España) · ID Orcid Teresa Pessoa, Coimbra (Portugal). Disponible en <https://doi.org/10.3916/C38-2012-02-01>
- Haro, J.J. (2010). Redes sociales en educación. Madrid: Anaya.
- <https://www.google.com.py/>
- <https://moodle.org/?lang=es>
- <https://zoom.us/>



# INVESTIGACIÓN

# LOS MODELOS MATEMÁTICOS APLICADOS A LA PANDEMIA DE EL COVID-19



**Hyun Ho Shin**

Núcleo de Investigación y Desarrollo Tecnológico, FPUNA, Universidad Nacional de Asunción  
Aplicaciones Industriales, FCQ, Universidad Nacional de Asunción



**Sebastián Alberto Grillo**

FACYT, Universidad Autónoma de Asunción



**Carlos Sauer**

Departamento de Ingeniería Industrial, FIUNA, Universidad Nacional de Asunción



**Pastor Pérez-Estigarribia**

FACYT, Universidad Autónoma de Asunción

ron de público conocimiento y estuvieron en la boca de muchos. El uso indiscriminado de estas palabras generó ciertas polémicas algunas veces por desconocimiento, y en otras ocasiones de forma intencionado usando teorías de conspiración incentivando al negacionismo de la enfermedad y/o del virus causante. El objetivo de este artículo es aclarar algunas terminologías asociadas a los modelos matemáticos por medio de posturas basadas en conocimiento científico. Para este fin, primero se exponen algunos modelos matemáticos que se fueron aplicando a lo largo de esta pandemia, mencionando las posibilidades y las limitaciones de estos modelos. Este texto introductorio presenta el contexto en que aparecen las diversas terminologías que se fueron usando. Además, se pone en manifiesto algunas deficiencias encontradas en el momento de realizar el modelado matemático, y finalmente se expresa la necesidad de un avance conjunto de todos los ámbitos de la ciencia en Paraguay, para hacer frente a esta pandemia y a otras que continuamente estarán amenazando a la humanidad.

**Palabras claves** — coronavirus, SARS-CoV-2, número de reproducción, inmunidad de rebaño.



## RESUMEN

Las palabras cononavirus, SARS-CoV-2, COVID-19 y pandemia estuvieron presentes casi todo el año 2020 en todos los medios. En conjunto con estas palabras, emergieron otras como modelos matemáticos, número de reproducción e inmunidad de rebaño. Términos que anteriormente eran usados netamente por los científicos, ahora se hicie-

## I. INTRODUCCIÓN

A poco más de un año de haber registrado el primer caso en China de la enfermedad nombrada como COVID-19 causada por el coronavirus SARS-CoV-2, se han registrado cerca de 87 millones de personas contagiadas y más de un millón ochocientos mil fallecidos en todo el mundo (Worldometer, 2021). Desde los inicios, esta enfermedad llevó al colapso los sistemas de salud de los países que fueron alcanzados. Así, los diferentes centros de investigación en todo el mundo comenzaron a publicar diversos pronósticos de las cantidades de contagiados y fallecidos en diferentes países y/o regiones, inclusive del mundo entero, aplicando diferentes modelos epidemiológicos.

Las cifras de estos pronósticos diferían uno del otro, pero todos coincidían en que se tendrían resultados devastadores si no se tomaban ninguna medida de contención (Anderson et al. 2020; Maier y Brockmann, 2020).

A partir de las investigaciones realizadas en el primer epicentro de la pandemia (Li et al., 2020), y de los pronósticos emitidos por diferentes centros de investigación (Anderson et al., 2020), los países tomaban diferentes medidas de contención. Estas medidas generaron resistencia en ciertos grupos de la población, poniendo en duda los pronósticos resultantes de las simulaciones de los modelos epidemiológicos. Esta polémica se acrecentó debido al desconocimiento de las posibilidades y de las limitaciones de los modelos epidemiológicos. A esto, se sumó la desinformación, por un lado, y por el otro extremo, la excesiva información en gran parte falsa (infodemia) tergiversando los términos que normalmente se utilizaban en el ámbito científico.

Atendiendo a lo antes expuesto, este artículo tiene como objetivo explicar y aclarar con detalles los puntos asociados a la epidemiología y en especial referencia a los modelos epidemiológicos. Además, se presenta una revisión de algunos trabajos de modelos epidemiológicos que se publicaron en el contexto de esta pandemia, explicando las posibilidades y las limitaciones de estos modelos.

El artículo comienza con la explicación de los modelos epidemiológicos clásicos y sus variantes que fueron aplicados a esta pandemia (Sección II). Luego, en la Sección III se comenta y aclara las diferentes terminologías que fueron apareciendo en el contexto de esta pandemia. En la Sección IV, se menciona algunos desafíos del modelado matemático para el ambiente científico de Paraguay. Finalmente, en la Sección V se brindan algunas conclusiones y reflexiones finales.

## II. MODELOS EPIDEMIOLÓGICOS

En el contexto de la pandemia del COVID-19, se han aplicado diversos modelos epidemiológicos: los modelos clásicos SIR o SEIR, y modelos nuevos adaptados a las características de esta pandemia como, por ejemplo, los modelos SIR-X (Maier y Brockmann, 2020) o SIDARTHE (Giordano, 2020). Estos modelos son conocidos como modelos de compartimientos, y efectivamente, están formados por compartimientos que componen cada uno a ciertos grupos de la población durante el transcurso de la propagación de la epidemia.

## 2.1. Modelos Clásicos

El modelo SIR está compuesto por tres compartimientos (Figura 1): (i) el compartimiento “S” formado por el grupo de los susceptibles, que aún no contrajeron la enfermedad y que podrían contraer al estar en contacto con los infectados; (ii) los que fueron contagiados pasan al compartimiento “I” formado por el grupo de los infecciosos, que son aquellos que pueden transmitir la enfermedad; y (iii) los contagiados, después de un cierto tiempo dejan de transmitir la enfermedad y pasan al compartimiento “R”, formado por el grupo de los recuperados o removidos que son aquellos que han pasado por la enfermedad y que son retirados de la dinámica.

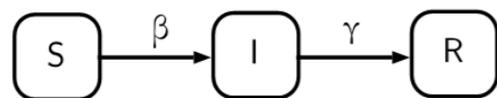


Figura 1. Esquema del modelo SIR. S: Susceptible, I: Infeccioso, R: Removido

En este modelo aparecen dos parámetros: (i) la tasa en que los susceptibles pasan al grupo de infecciosos dado por el parámetro  $\beta$ ; y (ii) la tasa en que los infecciosos pasan al grupo de removidos dado por el parámetro  $\gamma$ , que es el recíproco del tiempo promedio de permanencia de los individuos como infecciosos. El parámetro  $\beta$  depende de factores como la tasa promedio de contactos de un individuo en la población y la probabilidad promedio de transmitir el virus en cada contacto. Las medidas de contención y las disposiciones de distanciamiento social afectan en el modelo a través del parámetro  $\beta$  reduciendo la tasa promedio de contactos; y las recomendaciones sanitarias, por ejemplo, el lavado de mano y el uso adecuado de tapabocas, también disminuye este parámetro  $\beta$  reduciendo la probabilidad promedio de transmisión del virus. El parámetro  $\gamma$  depende de la enfermedad en sí, pero puede ser modificado por medio de cuarentena y aislamiento. Esto es porque, a pesar de que la persona infectada permanezca infecciosa por un tiempo determinado que depende de la enfermedad, si esa persona infectada es identificada y aislada del resto de la población entonces esa persona es incapaz de transmitir el virus a otros pudiendo ser excluida del estudio de la dinámica de propagación del virus. De esta forma, la política “testear, rastrear y aislar” puede ser modelado modificando el parámetro  $\gamma$ , específicamente colocando como el recíproco del tiempo promedio desde que se vuelve infeccioso hasta que sea efectivamente aislado.

El modelo SEIR se obtiene agregando un compartimiento adicional “E” en el modelo SIR, entre el compartimiento “S” y el compartimiento “I”. El compartimiento “E” está formado por el grupo de los que estuvieron expuestos a la infección y son aquellos que ya contrajeron la enfermedad, pero están en una etapa de incubación o latente en el cual todavía no es capaz de contagiar a otros. En la epidemiología, el término del periodo de incubación se refiere al tiempo entre la exposición al virus y la aparición de los primeros síntomas. Por el otro lado, el término del periodo latente concierne al tiempo entre la exposición al virus y el momento en que se vuelve contagioso. En esta pandemia es necesario hacer la distinción entre el periodo latente y el periodo de incubación. Esto se debe a que la enfermedad COVID-19 se caracteriza por la infección presintomática y por la infección asintomática. En caso de una infección presintomática, el infectado transmite la enfermedad antes de tener los primeros síntomas, siendo así, el periodo latente es menor que el periodo de incubación. Además, existe una cierta porción de la población que contrajo la enfermedad y luego transmite la enfermedad sin tener síntomas (infección asintomática); siendo en este caso, difícil determinar el periodo de incubación. Así, en la aplicación de este modelo para simular la dinámica de propagación de esta pandemia, es más adecuado referirse como periodo latente y no como periodo de incubación.

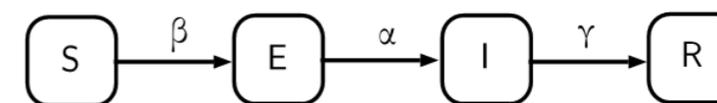


Figura 2. Esquema del modelo SEIR. S: Susceptible, E: Expuestos, I: Infeccioso, R: Removido.

En este modelo, además de los parámetros  $\beta$  y  $\gamma$  descritos en el modelo SIR, se tiene el parámetro  $\alpha$  que es la tasa en que un expuesto pasa al grupo de infecciosos, dado por el recíproco del tiempo promedio del periodo latente. Dado que el periodo latente es una característica solo de la enfermedad, este parámetro  $\alpha$  no depende de ninguna medida que se pueda tomar.

## 2.2. Modelos más sofisticados aplicados a la propagación del COVID-19

Con el fin de capturar mejor la dinámica de la propagación de esta pandemia, Maier y Brockmann (2020) han elaborado un modelo, nombrado SIR-X, que incluye los efectos de la contención y del aislamiento. Por un lado, el efecto de la contención es modelado reduciendo las cantidades de susceptibles y de infectados, y por el otro lado, el efecto del aislamiento (por cuarentena) es modelado removiendo a los infectados de la dinámica. En este modelo, se incluye un nuevo compartimiento “X” a partir del modelo original SIR. El compartimiento “X” está compuesto por los infectados sintomáticos y los infectados aislados, y es proporcional a los casos reportados y confirmados oficialmente por pruebas. Este modelo SIR-X fue validado usando los datos de China.

Otro modelo de compartimientos que se ha aplicado a la propagación de esta pandemia es el modelo nombrado SIDARTHE (Giordano, 2020), compuesto por ocho compartimientos, cada uno representando diferentes grupos en diferentes etapas de la enfermedad. En este modelo, igual que los modelos clásicos, “S” (Susceptible) corresponde a susceptibles e “I” (Infected) a los infectados. Del grupo de infectados, dependiendo de la gravedad de los síntomas y de la capacidad de detectar a los infectados, pasan primero a dos compartimientos: “D” (Diagnosed) formado por diagnosticados presintomáticos y “A” (Ailing) formado por sintomáticos no-diagnosticados, y de estos dos grupos pasan al compartimiento “R” (Recognized) conformado por los diagnosticados con síntomas. Si los síntomas de los que están en los compartimientos “A” y “R” se complican pasan al compartimiento “T” (Threatened) que serán tratados en las Unidades de Cuidados Intensivos, que al fallecer pasan al grupo “E” (Extinct). Los que se recuperan de los diferentes compartimientos mencionados pasan al grupo “H” (Healed). Este modelo fue validado usando los datos de Italia.

A lo largo del año 2020, aparecieron múltiples variaciones de los modelos SIR y SEIR validados usando los datos de diferentes países en diferentes periodos de tiempo, por ejemplo, Arino y Portet (2020) incorporaron la distribución de Erlang para el periodo de incubación con compartimientos adicionales de los asintomáticos y fue validado usando datos de China. Barbarossa et al. (2020) estudiaron los efectos de las medidas de contención incluyendo subregistros y fue calibrado usando datos de Alemania. Ivorra et al. (2020) incluyeron los efectos de subregistros de confirmados y fue validado usando los datos de China. Mandal et al. (2020) estudiaron los efectos de intervenciones en la propagación con los datos de India. Ramos et al. (2021) presentaron una generalización de los modelos de compartimientos aplicables al COVID-19 y validaron usando los datos de Italia. Además de estos, existen muchos otros con diferentes variantes. Con la inclusión y/o exclusión de compartimientos, se puede analizar ciertos aspectos de la propagación de la enfermedad, por ejemplo, los efectos de las políticas de control que se aplican o se desean aplicar, la dinámica de las cantidades de hospitalizados y en cuidados intensivos, el efecto de los subregistros, entre otros.

En Paraguay, con los registros de los primeros casos, fueron reportados algunos trabajos aplicando los modelos clásicos, por ejemplo: Pérez-Estigarribia (2020) usó el modelo SIR para ajustar a los datos registrados en la primera semana; Shin et al. (2020a) usaron el modelo SEIR para estudiar el efecto de una corta cuarentena temprana; y Shin et al. (2020b) incorporaron tres compartimientos de infecciosos de acuerdo a la gravedad de los síntomas incluyendo el grupo de asintomáticos y analizando los efectos de la flexibilización y refuerzo sucesivos de las medidas de contención.

### 2.3. Posibilidades y limitaciones de los modelos

Estos modelos de compartimientos son basados en ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) o problemas de valor inicial. También son conocidos como modelos determinísticos porque dada una condición inicial con un conjunto de parámetros bien comportado se garantiza la existencia de una solución única en el tiempo. A pesar de que la mayoría de estos modelos no pueden ser resueltos analíticamente, es fácil de implementar y obtener soluciones numéricas aproximadas. Una de las hipótesis fundamentales para que los modelos de compartimientos basados en EDO sean aplicables a una situación real es que la población esté aislada, bien mezclada y homogénea.

Para considerar la no-homogeneidad de la población, se tienen dos extensiones de los modelos de compartimientos: (i) los modelos de meta-población que consisten en estudiar la dinámica de la propagación de la epidemia teniendo en cuenta las migraciones entre regiones (países) interconectadas, esto es, en cada región (país) se aplica un modelo de compartimiento, que podría ser uno de los que se mencionó anteriormente u otros, con términos adicionales que modelan las migraciones entre regiones (países); (ii) los modelos estructurados por edades que consiste en separar una población en grupos de edades, en donde en cada grupo de edad se aplica un modelo de compartimientos que se interconectan de acuerdo a las interacciones entre personas de diferentes edades. Estos dos tipos de modelos pueden ser aplicados de forma separada, o también de forma conjunta.

Además, para el paso de un compartimiento a otro en estos modelos se asume una distribución exponencial. Sin embargo, se presentaron estudios estadísticos de distribución del periodo de incubación para el COVID-19 muy diferentes a la distribución exponencial (Backer et al., 2020; Linton et al., 2020). Por otro lado, si uno de los compartimientos consiste en el grupo de personas hospitalizadas, con una distribución exponencial se tendría una probabilidad no nula de que algunas personas salgan del grupo hospitalizados en el primer día, lo que en realidad es muy improbable. Esto se puede solucionar disgregando el compartimiento en cuestión en múltiples etapas, en que para que un individuo pase de este compartimiento a otro debe pasar por todas las etapas estipuladas. Mediante el control de la cantidad de etapas uno puede modelar distribuciones de tipo gamma con diferentes parámetros, que podrán ser ajustadas a los resultados estadísticos de los tiempos de permanencia. Según Feng (2007), existen casos en que ciertas estrategias de contención son más favorables para una distribución específica. Así, se podría llegar a una conclusión errónea si se asume una distribución exponencial cuando en realidad se acerca mejor a una distribución gamma.

Como un ejemplo de una combinación de los modelos mencionados anteriormente, Barbarossa et al. (2020) aplica su modelo de compartimiento en una versión con población homogénea, pero también presenta ese mismo modelo estructurado por edades e incluyendo tres etapas en los compartimientos de expuestos y de infecciosos para tratar con distribuciones no-exponenciales en los periodos de incubación e infeccioso.

A partir de los modelos de compartimientos mencionados se pueden obtener los modelos basados en ecuaciones diferenciales estocásticas (EDE), en donde se incorporan la aleatoriedad en las variables. En comparación de los modelos basados en EDO que sobreestiman la probabilidad de un nuevo contagio cuando la cantidad de susceptibles se va reduciendo, los modelos basados en EDE son más adecuados para tratar la aleatoriedad asociadas al comportamiento humano (Britton, 2010).

## III. ACLARACIONES EN TORNO A LA PANDEMIA DE COVID-19

En esta sección se comentan terminologías y confusiones generadas en torno a la pandemia de COVID-19 y se presentan explicaciones de ciertos términos basadas en ciencia. Específicamente, se comenta sobre los puntos asociados a los modelos matemáticos aplicados a la epidemiología y la recepción que se tuvo en la sociedad.

### 3.1. Número de Reproducción

Una medida útil para entender la evolución de una enfermedad transmisible es el número reproductivo básico o número de reproducción ( $R_0$ ). El número de reproducción en sentido estricto se define como el número esperado de casos secundarios después de la introducción de un individuo infeccioso en una población totalmente susceptible. Este número de reproducción representa el umbral para que la epidemia persista o se extinga. El valor del umbral del número de reproducción es la unidad, con un valor inferior a la unidad por un tiempo determinado la epidemia se extingue, mientras que con un valor superior a la unidad persiste.

El número de reproducción básico es afectado por varios factores biológicos, socio-conductuales y ambientales (Delamater et al., 2019). El valor numérico depende del método de estimación, y el valor específico obtenido a partir de los modelos matemáticos se debe entender como un umbral más que como número de casos secundarios (Smith et al., 2011). El valor numérico se puede calcular considerando tres parámetros: la duración del periodo infeccioso, la probabilidad promedio de transmisión del virus en cada contacto y la tasa promedio de contactos (Delamater et al., 2019).

El número de reproducción a partir de los modelos clásicos SIR y SEIR se puede expresar en términos de los parámetros  $\beta$  y  $\gamma$  (mencionados en la Sección 2.1). Así, el valor del número de reproducción puede ser alterado modificando el parámetro  $\beta$ , a través de las intervenciones como restricción de movimiento con distanciamiento social y otras recomendaciones sanitarias, y también modificando el parámetro  $\gamma$ , a través de las políticas como “testear, rastrear y aislar”.

### 3.2. Inmunidad de Rebaño

El interés en la estimación del potencial de transmisibilidad en una epidemia radica en que: (i) el tamaño potencial de un brote se basa en la magnitud del valor del número de reproducción básico para ese evento (Heffernan et al., 2005); (ii) el número de reproducción se puede usar para estimar la proporción de la población que se debe vacunar para eliminar una infección (Anderson & May, 1982; 1985); (iii) el comportamiento umbral permite determinar qué medidas de control y en qué magnitud serán más efectivas para reducir el número de reproducción por debajo de la unidad, proporcionando una guía importante para las iniciativas de salud pública (Heffernan et al., 2005). La inmunidad de rebaño se define como la porción de la población que debe ser inmunizada para que la epidemia se extinga. Desde un punto de vista teórico la proporción de población que sería afectada hasta alcanzar una inmunidad de rebaño está dada por  $1-1/R_0$ . Una vez que una población haya alcanzado la inmunidad de rebaño, el número de reproducción toma valores menores que la unidad sin la aplicación de ninguna medida de restricción.

Para el caso de la epidemia de COVID-19 se han reportado valores del número de reproducción  $R_0$  cercanos a dos, en cuyo caso al menos el 50% de una población debería enfrentar la infección para alcanzar la inmunidad de rebaño. No obstante, esta estrategia sería al menos remotamente viable en el caso de que no exista pérdida de la inmunidad adquirida luego de la infección. Además, si se considera la transmisibilidad observada y la proporción de casos que requieren cuidados en unidades de cuidados intensivos para el COVID-19 la estrategia de inmunidad de rebaño es inviable.

La estimación de la inmunidad de rebaño es importante en el momento de inmunizar a la población por medio de una vacuna. Considerando la efectividad de la vacuna, se puede obtener la porción de la población que debe inocularse para conseguir la inmunidad de rebaño.

### 3.4. Comportamiento social

Un error frecuente en la interpretación de modelos epidemiológicos es asumir que deberían predecir números muy precisos a largo plazo, lo cual es prácticamente imposible para el COVID-19. El problema está en que la evolución de una epidemia no depende solamente de parámetros propios de la enfermedad como los periodos de incubación o recuperación, sino también del ritmo de contagio que es muy sensible al comportamiento humano (Ibáñez, 2020). En ese sentido un modelo epidemiológico es más preciso cuando hay muy poca o ninguna intervención sanitaria o variabilidad del comportamiento humano.

Sin embargo, en el caso del COVID-19 una predicción precisa a largo plazo depende más de factores humanos que de la misma enfermedad. Esto es debido, por un lado, a las intervenciones sanitarias que fueron y son necesarias para contener la rápida propagación, y por el otro lado, la relajación o flexibilización de las restricciones por causas económicas y por simple cansancio de las personas a estar sin movimiento. A pesar de eso los modelos no dejan de ser útiles para dar estimaciones de lo que podría suceder si se aplica o no ciertas estrategias de contención, y especialmente la variabilidad de estas estimaciones serán menores en una ventana de tiempo reducido.

### 3.5. Pico de infectados

Normalmente en una epidemia sin intervención se tiene un pico dado por la cantidad máxima de contagiados. Luego de que ocurra el pico de contagiados la cantidad de nuevos contagios va en retroceso y el número de reproducción se ubica por debajo de la unidad. Al inicio de esta pandemia, se quedó fijada esta idea y muchos se quedaron expectante a la espera del pico de contagiados, para luego poder volver a la normalidad. La condición para que ocurra un único pico es que permanezcan invariables los parámetros humanos y biológicos de la pandemia. Por otro lado, la secuencia de relajamientos y endurecimientos de medidas sanitarias genera la aparición de más de un pico.

Por medio de los modelos matemáticos se puede analizar la aparición de un pico de contagiados. Esto es, con un brote de contagios con número de reproducción por encima de la unidad se produce un aumento de los contagios. Si en esta situación se refuerzan las medidas sanitarias con el objeto de contener la epidemia, y así, si se consigue reducir el número de reproducción por debajo de la unidad, entonces se producirá un pico de contagiados, con un retraso en el tiempo dado por una combinación de los parámetros de la epidemia. Este retraso para el COVID-19 está en torno de 10 días, dado aproximadamente por la suma del periodo latente más el periodo infeccioso.



Hay que tener en cuenta que estos 10 días (aproximadamente) es a partir de que el número de reproducción se vuelve menor a la unidad, y que eso no ocurre instantáneamente una vez que se refuerza las medidas sanitarias, sino que dependiendo del comportamiento de los miembros de la sociedad puede variar ampliamente desde unos días hasta varias semanas. Esto se observó en todos los países que tuvieron los primeros brotes en el primer trimestre del año 2020, por ejemplo, Italia tuvo que lidiar con un aumento continuo de contagios durante más de un mes a pesar de haber aplicado una restricción bastante severa (Gatto et al., 2020).

Otra cuestión que hay que tener en cuenta es que el pico de contagiados que aparece por esta secuencia de relajamientos y endurecimientos de medidas sanitarias es un máximo local. Esto quiere decir que, si la cantidad de contagiados después de este pico no llega a la inmunidad de rebaño, un posterior relajamiento de las medidas producirá otros aumentos de contagiados que al ser reforzado las medidas nuevamente, aparecerá otro pico. Las magnitudes de estos picos van a depender del tiempo que se mantiene relajado teniendo el número de reproducción por encima de la unidad (Tsallis & Tirnakli, 2020).

### 3.6. Infodemia y Negacionismo

La infodemia es un término que la OMS suele utilizar para referirse a la abundancia de información que reciben las personas, tanto falsas como verdaderas, a tal punto que resulta muchas veces difícil distinguir la fidelidad de las fuentes. Durante la fase inicial de la pandemia, la población en cuarentena consumía información a través de medios oficiales y no oficiales, en un bombardeo mediático pocas veces visto (Cinelli et al., 2020). La rapidez con la que se generan y difunden las causas, los medicamentos preventivos, y los posibles tratamientos, es mucho mayor que las explicaciones y soluciones que la comunidad científica y organismos oficiales de la salud pueden ofrecer con las validaciones técnicas y de seguridad en el mismo plazo de tiempo.

Toda la incertidumbre que rodea al COVID-19 es aprovechada también por corrientes de teorías de conspiración, entre ellas quienes niegan la misma existencia o gravedad del virus. Estas ideas se diseminan velozmente a través de medios digitales y son ávidamente consumidas por una parte de la población. En ocasiones esto acaba relajando o generando el rechazo de las medidas sanitarias establecidas, contrarrestando así los esfuerzos de contención llevados adelante por los gobiernos. El impacto negativo se hace más notorio en países y regiones en las cuales algunos de sus mismos líderes se han embanderado con el negacionismo, y los efectos se han reflejado en sus mayores tasas de contagio y número de fallecidos (Schipani et al., 2020).

#### IV. DESAFÍOS DEL MODELADO EN PARAGUAY

En principio el desafío de modelar la pandemia en Paraguay no es muy distinto en su naturaleza al resto del mundo, pero tales desafíos pueden ser amplificados por una escasez de recursos con relación a otros países.

Un ejemplo notable es el número de tests para COVID-19. Hasta el 4 de enero del 2021 Paraguay ha aplicado aproximadamente 79 tests por cada mil habitantes. Esta cifra lo sitúa en el puesto 131 de aplicación de tests de COVID-19 en el mundo, inclusive detrás de Venezuela (Worldometer, 2021). Esto puede deberse a la escasa inversión previa en tecnologías de biología molecular en el Paraguay. Al no ser posible un testeo masivo de la población, existe un subregistro de la cantidad real de infectados por COVID-19, problema potenciado por la gran cantidad de asintomáticos que existen como en cualquier parte del mundo. También hay que considerar el margen de error en los tests de COVID-19, que fácilmente pueden arrojar un 37% de falsos negativos y a menudo se asume alrededor de 0,5% de falsos positivos (BBC News Mundo, 2020).

Si los expertos de todo el mundo tuvieron que lidiar con una falta de datos confiables, en Paraguay la falta de datos es un problema que existe en instancias más básicas. Dada la concentración de laboratorios y hospitales hacia Gran Asunción, en muchos casos los datos de otros departamentos son escasos o poco periódicos. La capacidad predictiva de un modelo está en función a la calidad de los datos, por lo que eso limita aún más a la anticipación que se pueda tener frente a la pandemia. Pero no solamente limita la precisión de los modelos, sino también la complejidad que estos puedan tener. Una cuestión muy importante es la cantidad de camas que serían necesarias para atender a todos los casos graves, pero Paraguay al carecer de un registro hospitalario unificado dificulta el estudio de como actúa la pandemia dentro de los mismos hospitales. Por lo tanto, el análisis de la pandemia en Paraguay está limitado en detalles clínicos y geográficos.

Además de los datos epidemiológicos y sanitarios, se necesitan de datos de movilidad de las personas entre ciudades, departamentos y regiones con sus medios de transporte para que sea posible la aplicación de modelos de tipo meta-población. Si se pudiera aplicar este tipo de modelo en Paraguay, se podría analizar, por ejemplo, el tipo de restricción de movimiento que se debe aplicar para reducir los contagios en las regiones donde no haya suficientes insumos médicos.

Por otro lado, también se necesitan datos de interacciones entre diferentes grupos de edades. Esto corresponde a un trabajo en el área de la investigación social, en donde se construyen matrices de interacciones



entre grupos de edades en diferentes ambientes, por ejemplo, familiar en zona urbana y rural, escuela y colegio, universidad, oficinas de trabajo, industria, locales de comercios, shoppings, entre otros. Con este tipo de matrices de interacción es posible la aplicación de modelos del tipo estructurado por edades. Este tipo de modelos es útil para analizar los efectos epidemiológicos al aplicar ciertas medidas de restricción, por ejemplo, se puede cuantificar la reducción de contagios que se tendría al suspender los colegios, habilitar el 50% de ciertos locales, entre otros.

En síntesis, un buen modelado epidemiológico requiere un registro confiable del desarrollo de la enfermedad en grupos de riesgo. En el caso del COVID-19 necesitamos datos confiables por franja etaria y enfermedades de base, siendo que el impacto de la pandemia fue especialmente notable en poblaciones envejecidas como Italia o Reino Unido.

#### V. CONCLUSIÓN Y COMENTARIOS FINALES

En este artículo se expusieron conceptos básicos de los modelos matemáticos aplicados a la epidemiología. La exposición se inició desde los modelos clásicos SIR y SEIR, extendiéndose a modelos más sofisticados que se fueron publicando a lo largo del año 2020, comentando sobre las posibilidades y las limitaciones de estos modelos.

Ciertamente, el año 2020 estuvo atestado por informaciones relacionadas a la pandemia generando polémicas en diferentes ámbitos. Muchas de las polémicas estaban relacionadas por terminologías que son usadas por los científicos pero que ahora se volvieron conocidas por el público general. Así, muchas veces estas terminologías no se usaban de forma adecuada por desconocimiento. Para aclarar las terminologías relacionadas a los modelos matemáticos, se han expuesto algunos comentarios basados en el conocimiento científico. Esta exposición se inició con la definición adecuada de las terminologías, por ejemplo, el número de reproducción y la inmunidad de rebaño, seguido por algunos comentarios enfatizando los puntos particulares de esta pandemia.

Finalmente, se expusieron algunas limitaciones del desarrollo de modelos matemáticos en Paraguay. Estas limitaciones están dadas por la escasez de los datos confiables, no solo en el ámbito sanitario que concierne directamente a esta pandemia, sino también en otros ámbitos sociales y de logística que imposibilitan el avance del desarrollo de los modelos matemáticos. Principalmente, el siglo XXI se caracteriza por la cantidad inmensa de datos que son aplicados en los negocios, pero especialmente en todas las áreas de la ciencia. Así, la captación de datos confiables es esencial para el avance de la ciencia, y es uno de los déficits más grandes en Paraguay. La captación de datos es una actividad muy rezagada en Paraguay, y todavía no se ha hecho de manera sistemática y ordenada. En este sentido, es necesario invertir masivamente en la captación de datos confiables en todos los ámbitos, ya sean áreas de salud y biológica, ingeniería, social, entre otros. Sumado a esto, se debe invertir también aún más en la investigación científica, ya sean básicas como aplicadas. Solo así, se podrá tener avances necesarios en la ciencia para hacer frente a futuras pandemias similares a esta que continuamente amenazan a la humanidad.

## VI. REFERENCIAS

Anderson, R. M., Heesterbeek, H., Klinkenberg, D., & Hollingsworth, T. D. (2020). How will country-based mitigation measures influence the course of the COVID-19 epidemic? *The Lancet*, 395(10228), 931–934. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30567-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30567-5)

Anderson, R. M., & May, R. M. (1982). Directly transmitted infectious diseases: control by vaccination. *Science*, 215(4536), 1053–1060. <https://doi.org/10.1126/science.7063839>

Anderson, R. M., & May, R. M. (1985). Vaccination and herd immunity to infectious diseases. *Nature*, 318(6044), 323–329. <https://doi.org/10.1038/318323a0>

Arino, J. (2020). Mathematical epidemiology in a data-rich world. *Infectious Disease Modelling*, 5, 161–188. <https://doi.org/10.1016/j.idm.2019.12.008>

Arino, J., & Portet, S. (2020). A simple model for COVID-19. *Infectious Disease Modelling*, 5, 309–315. <https://doi.org/10.1016/j.idm.2020.04.002>

Backer, J. A., Klinkenberg, D., & Wallinga, J. (2020). Incubation period of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) infections among travellers from Wuhan, China, 20–28 January 2020. *Eurosurveillance*, 25(5), 2000062. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.5.2000062>

Barbarossa, M. V., Fuhrmann, J., Meinke, J. H., Krieg, S., Varma, H. V., Castelletti, N., & Lippert, T. (2020). Modeling the spread of COVID-19 in Germany: Early assessment and possible scenarios. *PLoS ONE*, 15, e0238559. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238559>

BBC News Mundo (2020). Coronavirus: por qué los casos “falsos positivos” de COVID-19 también son importantes para intentar contener la pandemia – BBC News Mundo, 18 de noviembre de 2020. Último acceso: 05/01/2021. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-54881616>

Britton, T. (2010). Stochastic epidemic models: A survey. *Mathematical Biosciences*, 225(1), 24–35. <https://doi.org/10.1016/j.mbs.2010.01.006>

Cinelli, M., Quattrocchi, W., Galeazzi, A., Valensise, C. M., Brugnoli, E., Schmidt, A. L., Zola, P., Zollo, F., & Scala, A. (2020). The COVID-19 social media infodemic. *Scientific Reports*, 10(1), 16598. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73510-5>

Delamater, P. L., Street, E. J., Leslie, T. F., Yang, Y. T., & Jacobsen, K. H. (2019). Complexity of the basic reproduction number (R0). *Emerging Infectious Diseases*, 25(1), 1–4. <https://doi.org/10.3201/eid2501.171901>

Dehning, J., Zierenberg, J., Spitzner, F. P., Wibral, M., Neto, J. P., Wilczek, M., & Priesemann, V. (2020). Inferring change points in the spread of COVID-19 reveals the effectiveness of interventions. *Science*, 369(6500). <https://doi.org/10.1126/science.abb9789>

Feng, Z. (2007). Final and peak epidemic sizes for SEIR models with quarantine and isolation. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 4(4), 675–686. <https://doi.org/10.3934/mbe.2007.4.675>

Gatto, M., Bertuzzo, E., Mari, L., Miccoli, S., Carraro, L., Casagrandi, R., & Rinaldo, A. (2020). Spread and dynamics of the COVID-19 epidemic in Italy: Effects of emergency containment measures. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(19), 10484–10491. <https://doi.org/10.1073/pnas.2004978117>

Giordano, G., Blanchini, F., Bruno, R., Colaneri, P., Di Filippo, A., Di Matteo, A., & Colaneri, M. (2020). Modelling the COVID-19 epidemic and implementation of population-wide interventions in Italy. *Nature Medicine*, 26(6), 855–860. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0883-7>

Heffernan, J. M., Smith, R. J., & Wahl, L. M. (2005). Perspectives on the basic reproductive ratio. *Journal of the Royal Society Interface*, 2(4), 281–293. <https://doi.org/10.1098/rsif.2005.0042>

Ibáñez, A. (2020). Las ciencias del comportamiento en la era del coronavirus – COVID-19. ¿Por qué las medidas preventivas pueden no cumplirse?, *IntraMed*, 11 de septiembre de 2020. Último acceso: 05/01/2021. <https://www.intramed.net/contenido/ver.asp?contenido=96603>

Ivorra, B., Ferrández, M. R., Vela-Pérez, M., & Ramos, A. M. (2020). Mathematical modeling of the spread of the coronavirus disease 2019 (COVID-19) taking into account the undetected infections. The case of China. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 88, 105303. <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2020.105303>

Li, Q., Guan, X., Wu, P., Wang, X., Zhou, L., Tong, Y., Ren, R., Leung, K. S. M., Lau, E. H. Y., Wong, J. Y., Xing, X., Xiang, N., Wu, Y., Li, C., Chen, Q., Li, D., Liu, T., Zhao, J., ... Feng, Z. (2020). Early Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus-Infected Pneumonia. *New England Journal of Medicine*, 382(13), 1199–1207. <https://doi.org/10.1056/nejmoa2001316>

Linton, N., Kobayashi, T., Yang, Y., Hayashi, K., Akhmetzhanov, A., Jung, S., Yuan, B., Kinoshita, R., & Nishiura, H. (2020). Incubation Period and Other Epidemiological Characteristics of 2019 Novel Coronavirus Infections with Right Truncation: A Statistical Analysis of Publicly Available Case Data. *Journal of Clinical Medicine*, 9(2), 538. <https://doi.org/10.3390/jcm9020538>

Maier, B. F., & Brockmann, D. (2020). Effective containment explains subexponential growth in recent confirmed COVID-19 cases in China. *Science*, 368(6492), 742–746. <https://doi.org/10.1126/science.abb4557>

Mandal, M., Jana, S., Nandi, S. K., Khatua, A., Adak, S., & Kar, T. K. (2020). A model-based study on the dynamics of COVID-19: Prediction and control. *Chaos, Solitons and Fractals*, 136, 109889. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.109889>

Pérez-Estigarribia, P. E. (2020). Dinámica temprana de COVID-19 en Paraguay. Reporte técnico, semana 1. Reporte técnico, Universidad Nacional de Asunción, marzo, 2020. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30706.86727>

Ramos, A. M., Ferrández, M. R., Vela-Pérez, M., Kubik, A. B., & Ivorra, B. (2021). A simple but complex enough theta-SIR type model to be used with COVID-19 real data. Application to the case of Italy. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, in press, 132839. <https://doi.org/10.1016/j.physd.2020.132839>

Schipani, A., Foy, H., Webber, J., Seddon, M. (2020). The ‘Ostrich Alliance’: the leaders denying the coronavirus threat. *Financial Times*. Londres, 16 abr. 2020. Último acceso: 05/01/2021. <https://www.ft.com/content/974dc9d2-77c1-4381-adcd-2f755333a36b>

Shin, H. H., Colbes, J., Colman, K., Pérez-Estigarribia, P. E., Sauer, C., Torres, P., & Vázquez-Noguera, J. L. (2020). Efecto de la cuarentena en la dispersión del COVID-19 en Paraguay mediante la simulación del modelo SEIR. Reporte técnico, Universidad Nacional de Asunción, marzo, 2020. <https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.27566.05447>

Shin, H. H., De Los Santos, E., Colbes, J., Grillo, S., Pérez-Estigarribia, P., Sauer, C., & Vázquez Noguera, J. L. (2020). Estudio preliminar de la flexibilización/refuerzo en las medidas de restricción social mediante el modelo SEI3QH: caso Paraguay. Reporte técnico, Universidad Nacional de Asunción, mayo, 2020. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36627.30243/1>

Smith, R. J., Li, J., & Blakeley, D. (2011). The failure of R0. In *Computational and Mathematical Methods in Medicine* (Vol. 2011). Hindawi Limited. <https://doi.org/10.1155/2011/527610>

Tsallis, C., & Tirnakli, U. (2020). Predicting COVID-19 Peaks Around the World. *Frontiers in Physics*, 8, 217. <https://doi.org/10.3389/fphy.2020.00217>

Worldometer (2021). Coronavirus Update (Live): 86,107,434 Cases and 1,860,584 Deaths from COVID-19 Virus Pandemic – Worldometer. Actualizado el 5 de enero del 2021, 05:06 GMT. Último acceso: 05/01/2021. <https://www.worldometers.info/coronavirus/>

# DISEÑO DE UN CONTROLADOR NEURONAL ADAPTATIVO APLICADO AL CONTROL DE PRESIÓN EN PROCESOS INDUSTRIALES



**Adela Noemí Benítez Esteche**  
**Carrera:** Ingeniería en Electrónica, énfasis en Control Industrial Facultad Politécnica. Universidad Nacional de Asunción.



**Lucas Daniel Vera Benítez**  
**Carrera:** Ingeniería en Electrónica, énfasis en Control Industrial Facultad Politécnica. Universidad Nacional de Asunción.

**Asesor:**  
 Prof. Msc. Ing. Enrique Ramón Fernández Mareco

## RESUMEN

En el presente trabajo se diseña un controlador neuronal adaptativo, aplicado al control de presión en procesos industriales. Este controlador se basa en una de las técnicas de la Inteligencia Artificial: las redes neuronales artificiales, y añadiendo uno de los algoritmos de adaptación basado en la teoría de interacción adaptativa a las mismas, de esta forma se logra obtener un controlador inteligente. El controlador basado en redes neuronales posee propiedades adaptativas mediante el nuevo algoritmo Brandt-Lin implementado, esto permitirá que el controlador controle el proceso sin una fase de entrenamiento y sin conocimiento previo de la planta. Esto implica que el controlador inteligente sea capaz de adaptarse en línea a los cambios que sufren los procesos industriales.

El otro desafío de este trabajo es la implementación de este controlador inteligente al control de una planta real, cuyo estudio será realizado en un kit de entrenamiento que efectuará la simulación del proceso industrial a controlar. Finalmente, el estudio realizado demostró la supremacía del controlador propuesto frente a un controlador clásico PID, llegando a ser superior con creces en todas las simulaciones realizadas en el control de la planta real.

**Palabras claves** — 1. Redes Neuronales 2. Interacción Adaptativa 3. Control Adaptativo 4. Control Neuronal.

## I. INTRODUCCIÓN

Las estrategias de control a lo largo del tiempo van desarrollándose, es así que al control clásico le sucedió años después el control moderno. A finales del siglo XX, surge la línea de investigación de la Inteligencia Artificial aplicada a los sistemas de control, naciendo de esa forma el Control Inteligente y los Sistemas Avanzados de Control, obteniendo una serie de resultados exitosos que fueron consolidando las técnicas inteligentes de control.

Los motivos por el cual se necesitan estas técnicas inteligentes de control (Redes Neuronales Artificiales, Algoritmos Genéticos, entre otros) son: la demanda progresiva para obtener mejores soluciones, un control más eficaz y automático en comparación a la intervención humana, control de procesos complejos, etc.

Con la presentación de este proyecto, se pretende demostrar el diseño e implementación de un controlador inteligente, basado en una de dichas técnicas que son las Redes Neuronales Artificiales y la aplicación de la Teoría de Interacción Adaptativa, utilizando el algoritmo de Brandt-Lin, al controlar un sistema de control de presión para un proceso industrial, comparando así su eficiencia con un controlador clásico.

## II. METODOLOGÍA

### 1.1 Descripción del Diseño

El proyecto consiste en el diseño mediante la herramienta de Matlab/Simulink de un controlador basado en una técnica de inteligencia artificial, las redes neuronales artificiales. También se añade la teoría de interacción adaptativa para que el controlador adquiera características de adaptabilidad, logrando así una metodología de control inteligente. Este controlador será implementado en el control de un proceso en línea de una planta real para su evaluación frente a un controlador convencional.

La red neuronal artificial desarrollada en el programa de Matlab se encargará de cumplir el papel del controlador en el sistema de control. Este controlador inteligente tratará de mantener la presión estable en la planta real, el kit de entrenamiento (Festo MPS PA Compact Workstation), mediante la comunicación establecida con el software de Matlab y la planta a controlar. Esta comunicación se realiza por medio del PLC y un servidor OPC, los cuales permitirá a la RNA controlar la bomba centrífuga para modificar el flujo de agua controlando la presión en el sistema.

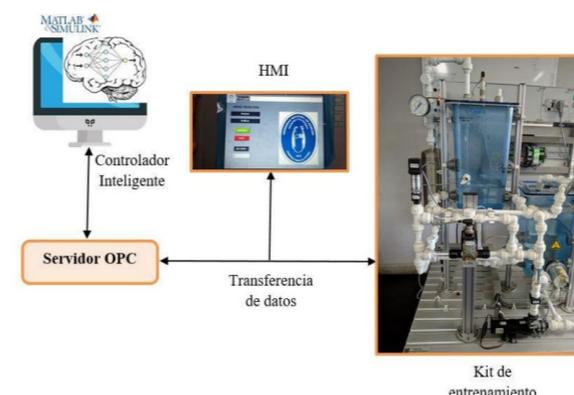


Figura 1: Diagrama del sistema de control

El diagrama nos presenta de manera completa el sistema de control que se pretende desarrollar. Al final agregamos un HMI para que el operador pueda establecer los valores de presión que desee para la operación, también visualizar el comportamiento de la presión y de la bomba centrífuga.

### 1.2 Ingeniería del Diseño

El diseño del proyecto se ha basado en cuatro secciones para su desarrollo

#### 1.2.1 Diseño

El sistema de control está diseñado basado en un control de lazo cerrado, que está compuesto por dos bloques principales, la planta a controlar y el controlador inteligente. Este controlador está diseñado en base a una red neuronal artificial, y los pesos de conexión de la red son ajustados mediante un algoritmo de adaptación conocido como Brand-Lin.

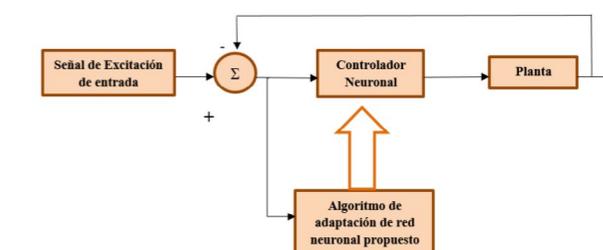


Figura 2: Sistema de control basado en una red neuronal

Esta red neuronal artificial tiene como entrada la señal de error del sistema y como salida la señal de control que buscará minimizar el error en el sistema.

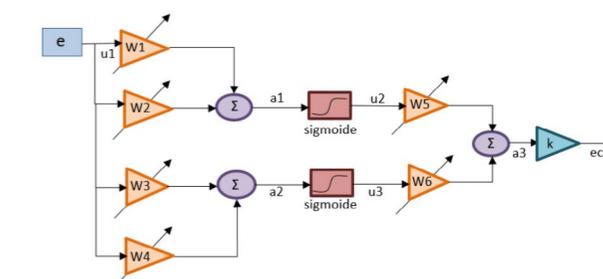


Figura 3: Configuración del controlador de red neuronal artificial

La estructura interna de la red posee tres neuronas, las cuales tienen cada una dos pesos de conexión que son auto-ajustados sin la intervención humana por medio del algoritmo de adaptación mencionado anteriormente, calculando el incremento de cada peso en cada iteración, modificando su valor.

### 1.2.2 Simulación

Para la simulación del controlador inteligente es necesario identificar la planta al calcular su función de transferencia mediante la herramienta de Matlab "System Identification", obteniendo así una función de transferencia de 67% de fidelidad con el tiempo muerto del sistema compensado.

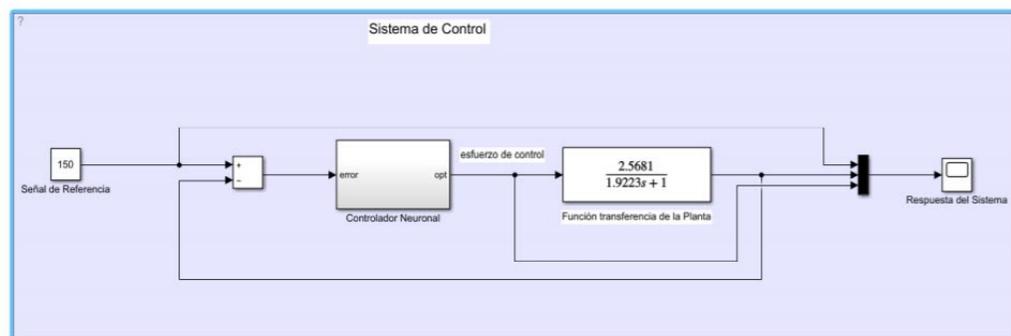


Figura 4: Sistema de control con el controlador neuronal

Para la evaluación de la eficiencia y eficacia del controlador inteligente, realizaremos simulaciones controlando una planta, comparando así, los resultados obtenidos con dos controladores convencionales PID. En el primer controlador PID o PID1, los parámetros serán ajustados por medio de Matlab y para el segundo controlador PID o PID2, los parámetros serán ajustados por la experiencia del operador para realizar la simulación de control.

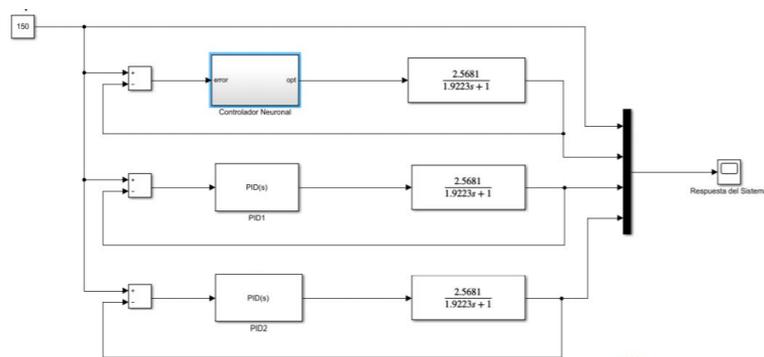


Figura 5: Diseño de las estructuras de control para la simulación

La figura muestra la configuración en Matlab/Simulink para la simulación con los tres controladores, se presenta una comparativa de los resultados de la respuesta del sistema para cada tipo de controlador.

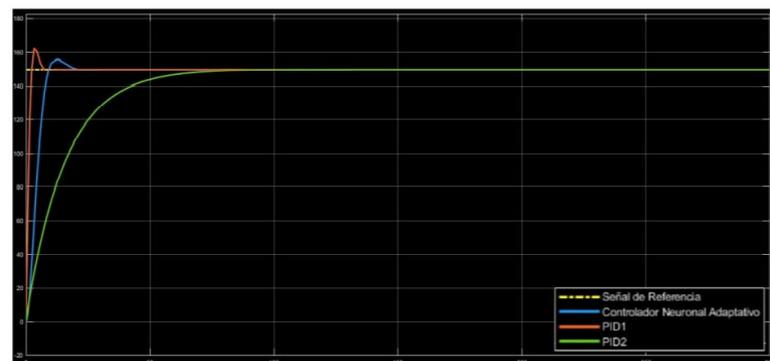


Figura 6: Resultados de la simulación con los tres controladores

La gráfica demuestra que el controlador PID1 provee mejores resultados al poseer un tiempo de respuesta y de establecimiento menor que los otros controladores, pero con mayor sobrepasamiento. Sin embargo, este resultado no significa que el controlador PID es superior al controlador inteligente en un sistema real.

### 1.2.3 Implementación

Para verificar los resultados obtenidos con las simulaciones en Matlab, se aplicarán las mismas pruebas, pero implementando los controladores en un sistema de control con una planta real.

La planta a controlar es el kit de entrenamiento Festo MPS PA Compact Workstation, el cual se compone de tres elementos principales para la operación del sistema: un sensor de presión con rango de operación de 0 a 9 bar, el PLC S7 314C-2PN/DP con comunicación PROFIBUS/PROFINET y la bomba centrífuga que opera de 0 a 24 Volts con caudal máximo de 10 l/min.

Para la implementación del controlador inteligente es necesario establecer una comunicación entre el software de Matlab y el kit de entrenamiento Festo MPS mediante una arquitectura de comunicación, el cual comunica el PLC con el servidor OPC (Software Kepserverx) de la siguiente manera: El PLC tomará los datos del sensor de presión de la planta y los enviará a través de Kepserverx, creando una dirección IP común comunicándose con el software de Matlab. Luego Simulink calculará el error referente al setpoint para introducirlo en el controlador inteligente, para que este determine la señal de control para corregir el error.

Esta señal será enviada nuevamente por medio de Kepserverx al PLC, para convertirlo en un valor de voltaje que modifique la operación de la bomba centrífuga y cambie el flujo de agua, corrigiendo así el error de presión en el sistema. Una vez establecida la comunicación con el controlador inteligente, el sistema de control estará listo para la evaluación de la eficiencia y eficacia de los controladores.

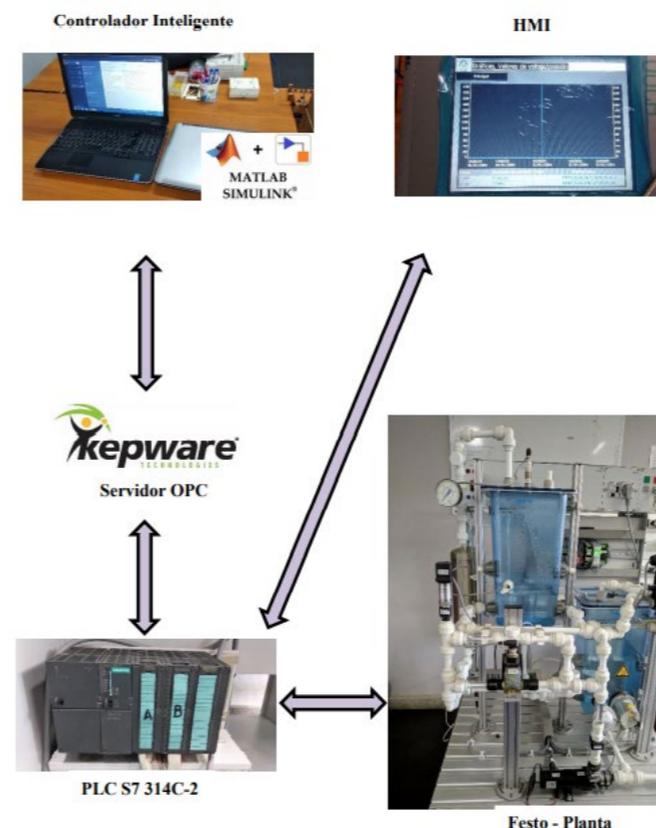


Figura 7: Diagrama gráfico de la estructura del sistema de control

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran las diferentes pruebas realizadas, buscando mantener un valor constante de setpoint, variando el setpoint con diferentes señales de referencia y también añadiendo una perturbación al sistema.

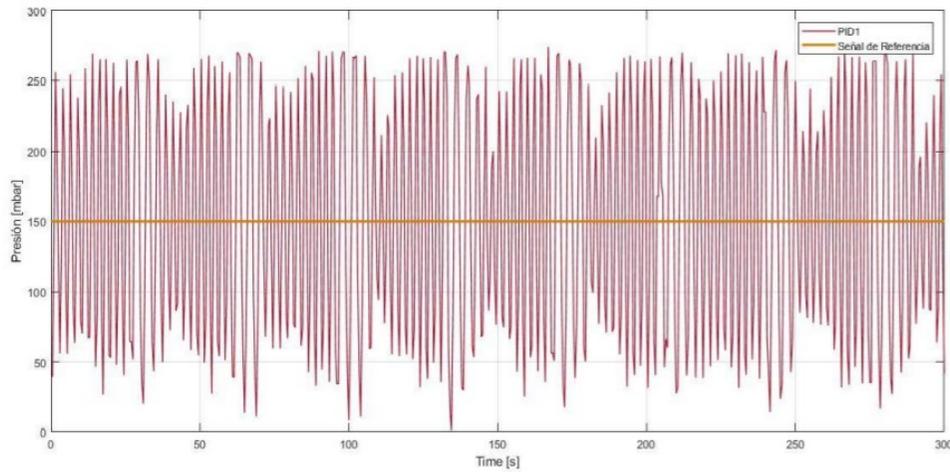


Figura 8: Respuesta del sistema implementando el controlador PID1

El controlador PID ajustado por Matlab presenta inestabilidad en el control del sistema, puesto que la identificación de la función de transferencia no fue buena al aportar solo el 67% de fidelidad para el ajuste de sus parámetros. Por lo cual se descartó este controlador para las siguientes pruebas.

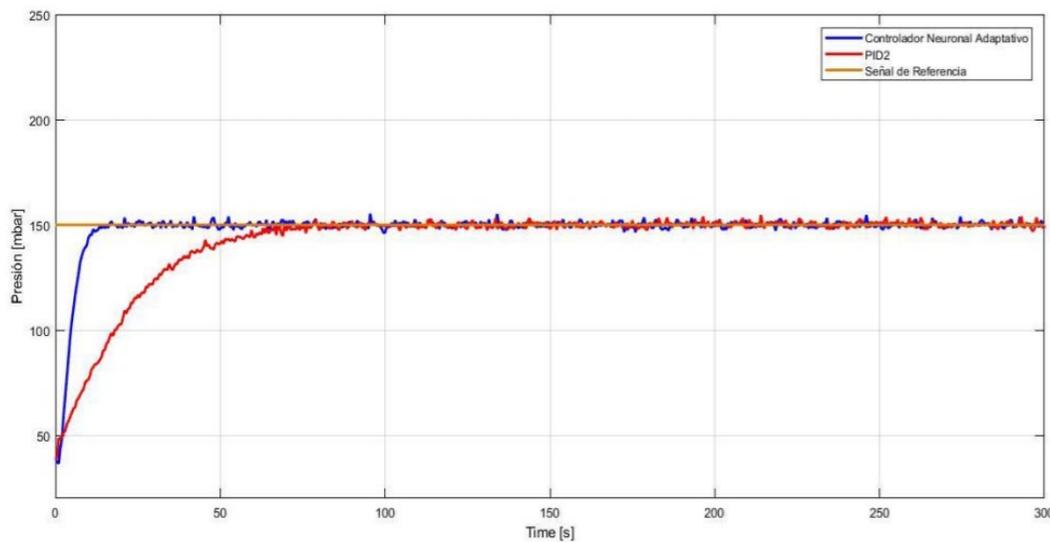


Figura 9: Respuesta del sistema con el controlador inteligente y el controlador PID2

El controlador neuronal adaptativo presenta mejor respuesta que el controlador PID ajustado por experiencia del operador al tener menor tiempo de respuesta y tiempo de establecimiento. Para demostrar su efectividad se realizaron más pruebas, añadiendo una perturbación al sistema.

En donde se puede observar el controlador inteligente reduce en mejor manera el error presente en la respuesta del sistema frente a una perturbación en comparación al controlador PID2. También se realizaron pruebas con diferentes señales de referencias (señal tipo escalón, señal tipo onda cuadrada, señal tipo rampa), las cuales, nos demuestran que la salida del controlador inteligente presenta una mejor aproximación a la señal deseada en el sistema en todos los casos en comparación al controlador PID2.



Figura 10: Respuesta de controladores frente a una perturbación

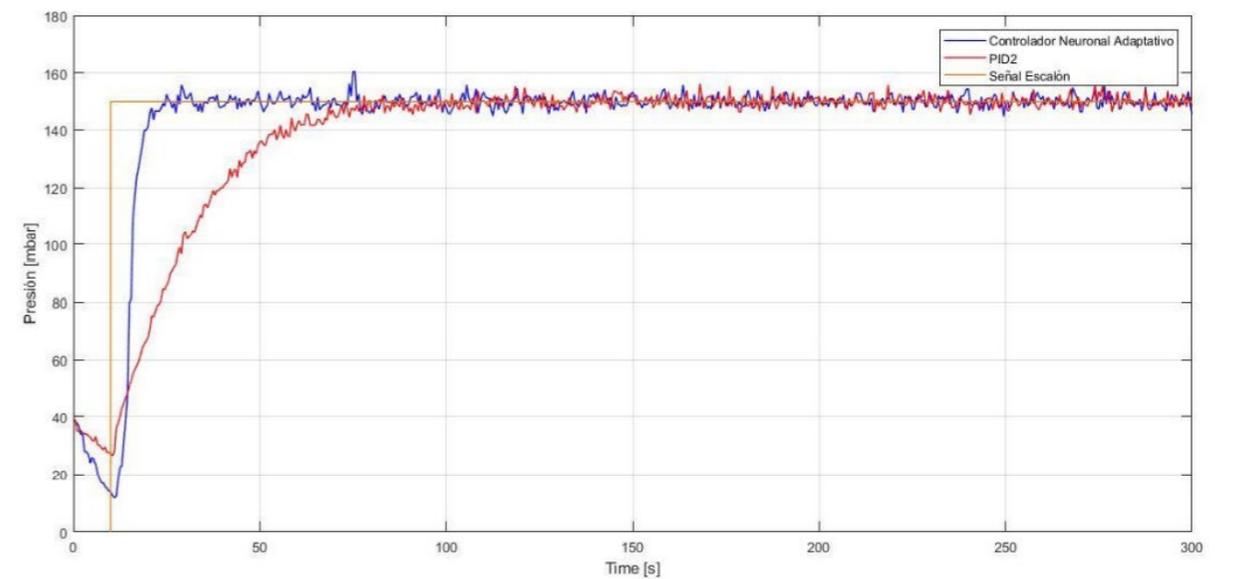


Figura 11: Respuesta del sistema frente a una señal de entrada tipo escalón

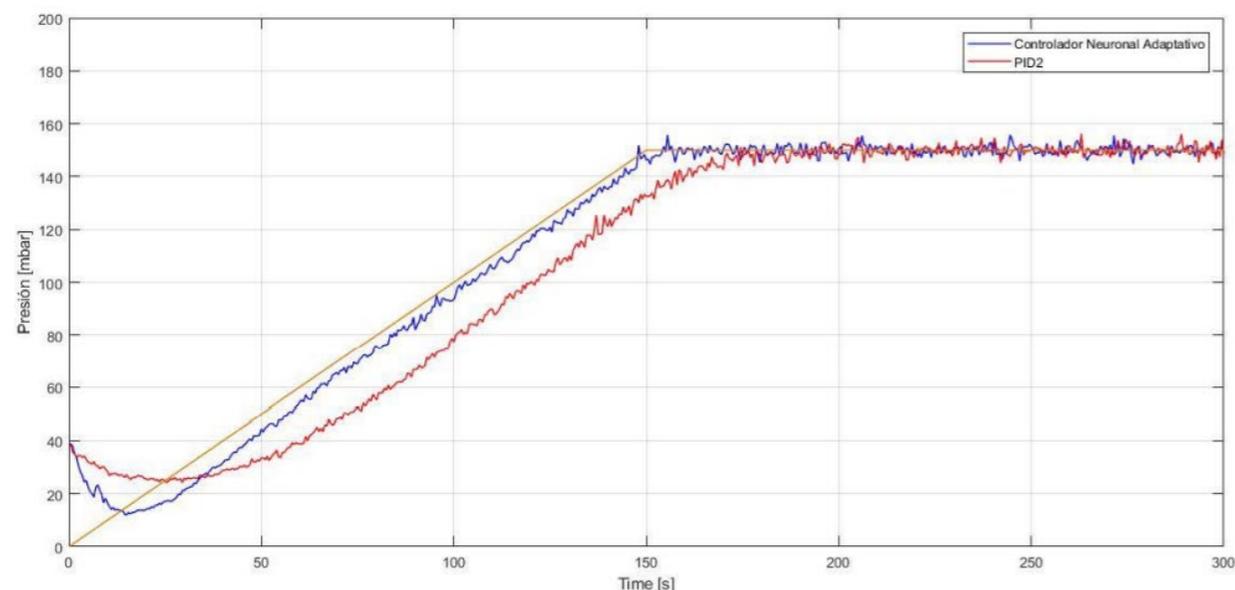


Figura 12: Respuesta del sistema frente a una señal de entrada tipo rampa

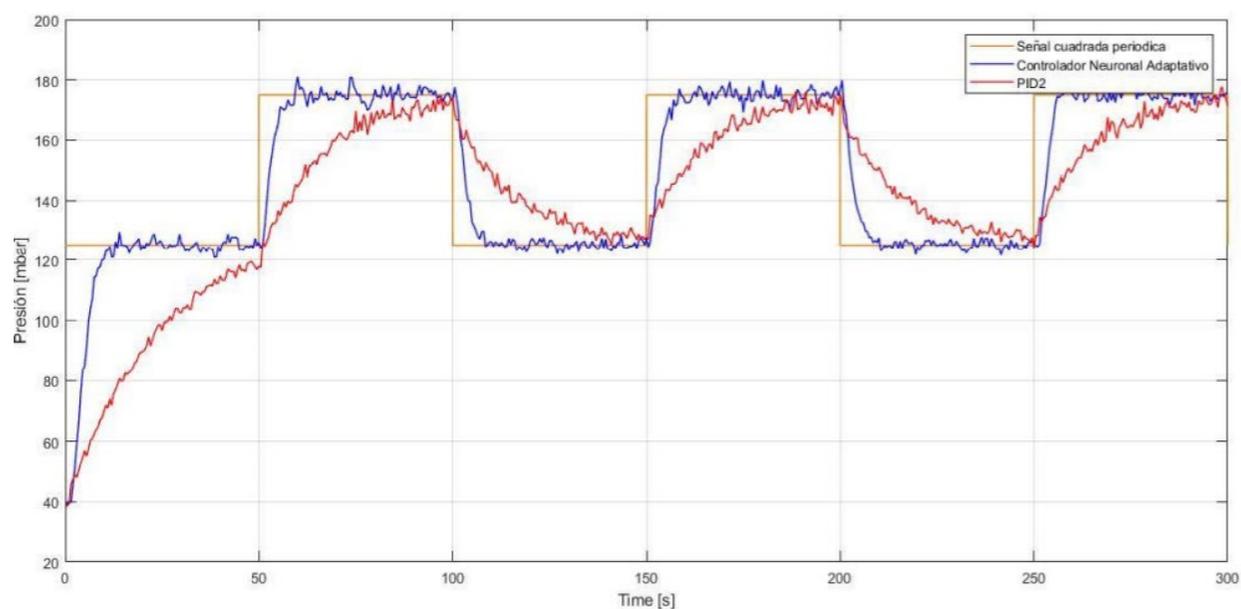


Figura 13: Respuesta del sistema frente a una señal de entrada tipo onda cuadrada periódica

#### IV. CONCLUSIÓN

Teniendo en cuenta los propósitos iniciales del proyecto en cuestión, del diseño e implementación de un controlador basado en redes neuronales artificiales, además del análisis comparativo del mismo con un controlador PID, mediante las simulaciones realizadas, efectivamente, se logró el diseño de un controlador inteligente basado en Redes Neuronales Artificiales RNA y también la implementación del controlador neuronal diseñado, en un sistema de control de presión. Se logró también el diseño y la implementación de un controlador PID, en la misma planta, con fines comparativos, con el método inteligente de control.

El método inteligente de control (controlador neuronal adaptativo) es superior y más eficiente que el control convencional (controlador PID), tomando en cuenta ciertos parámetros de rendimiento de las muestras extraídas del sistema de control de presión, en las condiciones de: la planta con condición inicial, la planta con condición inicial y con perturbaciones, con la demanda máxima y mínima de presión. Con la disponibilidad de este tipo de sistema de control de presión, se podría obtener una rápida respuesta del sistema antes cambios bruscos de la presión, lo que nos permite concluir que es un controlador robusto y altamente eficiente.

#### V. RECOMENDACIONES

Principalmente es recomendable ampliar el estudio en relación a las Redes Neuronales Artificiales, al implementar diferentes diseños de estructuras y parámetros, en búsqueda de mejoras en el rendimiento del controlador propuesto. La variedad de técnicas existentes de inteligencia artificial: algoritmos genéticos, aprendizaje de máquina y lógica difusa; promueven a la ampliación de las investigaciones de la implementación de estas técnicas para el mismo escenario propuesto.

Todas estas técnicas e incluso el controlador propuesto pueden ser desarrollados en otros lenguajes de programación y otras plataformas de desarrollo, por lo tanto, es recomendable su investigación. También, este controlador puede ser implementado para los sistemas embebidos. Y, por último, se sugiere la implantación de módulos y talleres sobre IA en la FPUNA.

#### VI. REFERENCIAS

- [1] CRUZ, P. P. 2011. Inteligencia artificial con aplicaciones a la ingeniería. Alfaomega. 376 p.
- [2] GALIPIENSO, M. I. A., QUEVEDO, M. A. C., PARDO, O. C., RUIZ, F. E., & ORTEGA, M. A. L. (2003). Inteligencia artificial: modelos, técnicas y áreas de aplicación. España. Editorial Paraninfo. 3, 4 p.
- [3] SANTOS, M. 2011. Un enfoque aplicado del control inteligente. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial. Elsevier (España). 8 (4): 283-296.
- [4] ESSAP. 2020. Tarifa de los servicios (en línea). Consultado 27 mar 2020. Disponible en <http://www.essap.com.py/consultas/tarifa-de-los-servicios/>
- [5] FESTO. 2008. Process automation: MPS® PA Compact Workstation Manual. (En línea). Consultado el 10 ene 2020. Disponible en <http://www.festo.com/didactic/de/ProcessAutomation>
- [6] GRUNDFOS. Manual Dimensionamiento de bomba de agua. Consultado 20 mar 2020. Disponible en <https://product-selection.grundfos.com/product-detail.product-detail.html?custid=BGE&productnumber=98520487&qcid=852198857>
- [7] KOZÁK, Š. 2014. State of art in control engineering. Journal of Electrical Systems and Information Technology. 2 p.

# ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD Y DISEÑO BÁSICO DE UNA MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA COMO MODELO DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA - CASO DE ESTUDIO: RÍO TEBYCUARYMI



Oscar Eduardo González Vera

**Carrera:** Ingeniería en Electricidad  
Facultad Politécnica. Universidad Nacional de Asunción.



Oscar Luis González Maciel

**Carrera:** Ingeniería en Electricidad  
Facultad Politécnica. Universidad Nacional de Asunción.

## Asesores:

Prof. Ing. Pablo Guimarães  
Ing. Hugo Acosta

## RESUMEN

La creciente demanda de energía anual del mercado eléctrico paraguayo y la falta de descentralización de las fuentes productoras, ha puesto al Paraguay en un escenario de búsqueda de nuevas opciones de fuentes de generación de energía eléctrica para los años venideros. La presente investigación tiene como objeto la evaluación de una mini central hidroeléctrica a fin de obtener un modelo a replicar, la cual se desarrollará en la cuenca del río Tebicuarymi en el distrito de Dr. Botrell del departamento de Guairá. Se identificó la topografía del lugar por medio de los programas ottobacias e hydros-pot estableciendo las características principales del aprovechamiento y realizando un costo preliminar de las obras civiles y electromecánicas.

También se llevó a cabo una evaluación del impacto ambiental y algunas medidas de mitigación. Se consideró el estudio económico del aprovechamiento hidroeléctrico y el retorno de la inversión. La implementación de la mini central hidroeléctrica con la nueva turbina streamdriver, permitirá que se tenga una generación de energía con un régimen de caudal más variado, con una potencia instalada capaz de abastecer la localidad de Botrell a través del Sistema Interconectado Nacional, lo cual permitirá explotar el potencial hidroeléctrico del río Tebicuarymi, obteniendo así una generación distribuida, renovable y limpia que permitirá contribuir para la solución de los problemas emergentes relacionados a la creciente demanda de energía eléctrica.

**Palabras claves** — 1. Mini central hidroeléctrica 2. Generación distribuida 3. Potencial hidráulico 4. Turbina hidráulica 5. Caudal

## I. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es un bien indispensable para el desarrollo de la sociedad en sus distintos aspectos, debido a que en el mundo actual prácticamente todo lo relacionado al ser humano está conectado de forma directa o indirecta con la electricidad, esto gracias a su facilidad de transformación en otros tipos de energía. Últimamente con el creciente desarrollo de las sociedades, se opta por utilizar alternativas limpias y renovables de generación eléctrica que, además, logren optimizar el uso de la energía.

En el Paraguay, históricamente hemos gozado de abundancia en materia de disponibilidad de energía hidroeléctrica. Sin embargo, la creciente demanda energética, igualará en un futuro relativamente cercano a dicha disponibilidad a nivel nacional, por lo que urge la necesidad de crear estrategias de mediano plazo para evitar o posponer al menos, algún posible déficit eléctrico. Una de esas estrategias puede ser incentivar la producción de energías alternativas desde el sector privado a través de minicentrales hidroeléctricas. Este tipo de centrales generalmente tienen carácter de generación distribuida, puesto que se encuentran cerca de los puntos de consumo.

Las minicentrales hidroeléctricas son un tipo de central hidroeléctrica de baja potencia y rápida implementación, utilizan la energía potencial y/o cinética del agua para transformarla en energía eléctrica. Como su materia prima es el agua, se tratan de fuentes renovables y que además no emiten gases de efecto invernadero ni contribuyen con la lluvia ácida, por lo que se tratan de energías verdes. La gran cantidad de cauces hídricos existentes a lo largo de todo el territorio nacional, propician condiciones favorables para la implementación de dichas centrales en la generación distribuida.

En la ley 3009/06 de Producción y transporte independiente de energía eléctrica, se establecen dos grupos bien diferenciados en cuanto a generación hidráulica; las mayores de 2MW, a riesgo compartido con la Administración Nacional De Electricidad (ANDE), existiendo a la fecha varios proyectos sobre los ríos Jejuí, Tembey, Ypane, entre otros; y la autogeneración de hasta 2 MW de potencia instalada, en el que se engloban los proyectos de pequeña generación, no conociéndose actualmente proyecto alguno a nivel país, lo que motivó el desarrollo de la presente investigación.

## II. METODOLOGÍA

El primer paso consistió en establecer los criterios de selección del emplazamiento, así como las características básicas de la minicentral. Los criterios utilizados en esta investigación fueron los siguientes:

**Potencia instalada:** La más elevada posible para explotar de forma eficiente el potencial hidráulico del cauce, sin sobrepasar 2 MW, para ajustarse a la definición de autogeneradores en el marco de la ley 3009/06.

**Territorio inundado:** Si bien en nuestro país no existe aún legislación al respecto, se adoptó referencialmente las normas del Brasil, que establecen que en este tipo de proyectos no debe superarse los 3 km<sup>2</sup> de territorio inundado.

**Viabilidad financiera:** En caso de encontrarse alternativas similares que cumplan con las dos condiciones anteriores, se analiza la alternativa que resulte menos costosa en comparación a la otra.

### Procesos realizados con Arcgis

Arcgis es el software encargado de procesar el DEM y generar 3 archivos necesarios para ejecutar los softwares Ottobacias e Hydros-pot siguiendo los pasos que se detallan a continuación:

Introducción del DEM al Arcgis para su procesamiento. Luego, con el buscador de herramientas, se localiza la herramienta FILL, se selecciona el DEM inicial y una carpeta para su destino. Esto último es bastante conveniente debido a que se generan muchos archivos y el interesado en realizar el proceso puede terminar confundiendo o perdiendo algunos. Con la herramienta FILL se consigue crear el primer archivo al que se denominará mnt, que es un archivo raster similar al anterior pero relleno, es decir, el programa detecta algunas inconsistencias en el modelo de elevación original y las corrige.

Se repite el proceso anterior, pero en lugar de la herramienta FILL se utiliza la herramienta FLOW DIRECTION, y en lugar de introducir el DEM original se introduce el archivo ya corregido, es decir el mnt, creándose de esta forma un archivo raster que contiene información sobre las direcciones de los flujos de agua, al cual se denominará dir.

Nuevamente se repite el proceso, pero esta vez con la herramienta FLOW ACCUMULATION en la que se introduce el archivo dir, generando un archivo ráster con la información de la acumulación del flujo que se denominará flowac.

### Procesos realizados con el Ottobacias

Los tres archivos generados anteriormente (mnt, dir, flowac) se deben colocar en la misma carpeta de raíz en la que se encuentra el Ottobacias, que es un ejecutable con extensión .exe. Al abrir, el programa analiza inmediatamente los tres archivos, y en caso de encontrar un error en la lectura, o no encontrar alguno de los archivos, se cierra de manera automática. Al realizar la lectura de los archivos correctamente, se inicia una serie de tres cuestionarios que se deben completar con las opciones 1 o 2.

Estos cuestionarios son:

**Sistema de coordenadas del proyecto:** Opción 1, coordenadas UTM (x,y), y Opción 2, latitud y longitud.

**Forma de entrada del exutorio (desagüe):** Se debe definir de qué manera se indicarán las coordenadas del desagüe de la cuenta, siendo la opción 1 entrada de archivo ráster, y la opción 2 entrada de forma manual.

**Nivel de división de Otto:** Se define en cuantas partes se subdividirá la cuenca, opción 1 en 9 partes, opción 2 en 81 partes. Para este trabajo, se seleccionó la opción 1.

### Procesos realizados con el Hydrosport

De la misma forma que el Ottobacias, el Hydrosport es un ejecutable que requiere que todos sus archivos de entrada se encuentren en la misma carpeta y con nombres específicos para que puedan ser reconocidos por el programa.

Postoflu.asc es un archivo vectorial que contiene información sobre los caudales medio y mínimo del cauce (Qm y Q95). Como no se cuenta con ningún registro de caudales sobre el río Tebicuarymi, se realizó una extrapolación de datos de la cuenca del río Manduvirá a partir de sus caudales específicos por unidad de área, que arrojó los caudales medio y mínimo para del río Tebicuarymi de 20,54 m<sup>3</sup>/s y 11,17 m<sup>3</sup>/s respectivamente. Una vez ubicados todos los archivos de entrada se puede ejecutar el Hydrosport

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Opción	1	2	3	4	5
Longitud	-56,37833405	-56,37833405	-56,3308334	-55,98999786	-56,10499954
Latitud	-25,62833214	-25,62833214	-25,6316662	-25,65749931	-25,65416527
Tipo de Planta	De Pasada	De Pasada	De Pasada	De Reserva	De Pasada
Diseño de Planta	Pie de Presa	Derivación	Derivación	Derivación	Pie de Presa
Salto Bruto (m)	5	9	5	9,5	23
Potencia de Generación (MW)	0,4757	0,856	0,448	0,316	0,9507
Área Inundada (ha)	252	418,71	233,83	811,74	1331
Conducto de Baja Presión(m)	0	1338,39	1640,51	124	0

Tabla 1: Alternativas de proyecto generadas por Hydrosport

Algunas de las alternativas más resaltantes se pueden observar en la tabla. Todas cumplen con el criterio de la potencia instalada, pero las opciones 2, 4 y 5 sobrepasan el territorio máximo que puede ser inundado. Y entre las alternativas 1 y 3, el extenso conducto de baja presión desde la presa a la casa de máquinas de la opción 3 representa un costo extra en comparación a la opción 1, por lo tanto, la alternativa de proyecto seleccionada fue la opción 1, es decir, una planta a pelo de agua, con diseño a pie de presa, salto bruto de 5 m, potencia media de generación de 0,475 MW y un territorio inundado de 252 ha.

A partir de la ubicación proporcionada por Hydrosport se pudo verificar que el centro de consumo más cercano es la zona céntrica del distrito de Dr. Botrell, con una distancia aproximada de 3,9 km de la minicentral.

Doctor Botrell, es uno de los distritos del Departamento de Guairá, en el que la actividad de sus habitantes está centrada en la producción agrícola y ganadera. Actualmente la población asciende a 1739 habitantes. Según datos proveídos por la ANDE, el distrito en la zona urbana es abastecido de energía eléctrica por el alimentador 04 proveniente de la subestación Paso Pé (SE-PPE), con opción de alimentación de la estación de Coronel Oviedo a través del alimentador 07. La alimentación en las afueras de la zona urbana, se realiza a través de líneas de 23 kV monofásicas, con potencia instalada total de 625 kVA.

### Estimación de Energía Generada

Para realizar una aproximación precisa de la estimación de energía generada, se recomienda contar con un extenso registro histórico de caudales. Sin embargo, no se cuenta con ese tipo de registro sobre el río Tebicuarymi, por lo que se tuvo que realizar una semejanza entre cuencas para extrapolar datos. Realizando la semejanza de cuencas con el río Manduvirá, a partir del caudal específico mensual en litros por km, además de un factor de corrección obtenido de la medición realizada, se pudo obtener un balance hídrico del río Tebicuarymi, el cual se muestra en la tabla 2.

<b>Mes</b>	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
<b>Caudal</b>	23,8	21,7	16,6	25,3	30,1	19,08
<b>Mes</b>	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Caudal</b>	15,07	11,1	12,3	22,4	22,4	26,5

Tabla 2: Balance Hídrico del río Tebicuarymi

Con un promedio de caudales mensual a lo largo de un año como se observa en la tabla, un caudal mínimo de 11,17 m<sup>3</sup>/s y un caudal medio de 20,54 m<sup>3</sup>/s

A partir de dicho balance hídrico, se pudo trazar una curva de caudales clasificados (CCC).

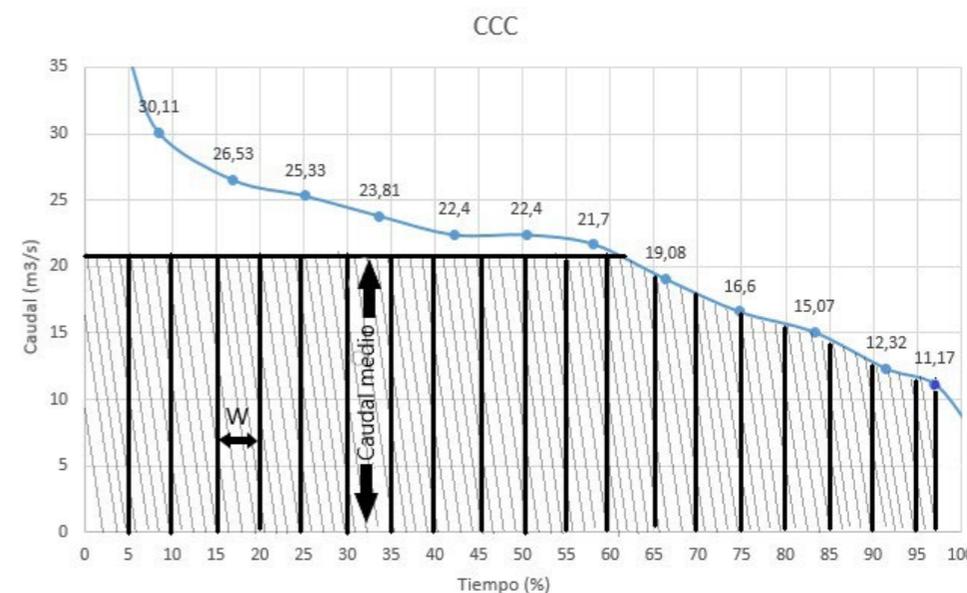


Figura 1: Curva de Caudales Clasificados

Para calcular la energía generada, se traza el área utilizable de la CCC y se divide la misma en secciones o bandas verticales de anchura igual al 5%. Se calcula el caudal medio de cada banda, para luego hallar y sumar la contribución energética de las mismas, que se calculan por la fórmula:

$$E_{\text{banda}} = W * Q_{\text{mb}} * H * g * h * \eta$$

Donde:

- $E_{\text{banda}}$ : contribución energética de cada banda.
- $W$ : anchura de cada banda (5% o 0,05).
- $Q_{\text{mb}}$ : caudal medio de cada banda.
- $H$ : salto bruto (5 m).
- $g$ : peso específico del agua (9,81 kN/kgm<sup>2</sup>).
- $h$ : horas en 1 año (8760 hs).
- $\eta$ : rendimiento desde la toma de agua hasta el canal de restitución (0,85).

Como resultado se obtuvo que la producción anual de energía estimada de la mini central sería de 6.649,255 MWh/año.

Esta energía se puede separar en energía en punta de carga que alcanza un valor de 1.108,209 MWh y en energía fuera de punta de carga que alcanza un valor de 5.541,046 MWh.

### Dimensionamiento de componentes electromecánicos

Para el dimensionamiento de turbinas se procedió a calcular la potencia de las mismas a partir de los datos determinados, arrojando como resultado una potencia de 855,49 kW.

El criterio de motorización de la minicentral se basó en utilizar 2 turbinas iguales de manera a que cada turbina opere en la horquilla de caudales más favorable, y por otro lado para facilitar el mantenimiento de las mismas sin detener por completo el funcionamiento de la planta.

Las turbinas que se adaptan a las condiciones establecidas son las Kaplan convencionales y las de tipo bulbo con tecnología PMG. Habiendo consultado con diferentes fabricantes, se determinó que el costo de estas últimas es más accesible que el de las turbinas Kaplan convencionales.

De esta forma se definió que las turbinas a ser empleadas serían las StreamDriver modelo SD 13.10, cada una con una potencia nominal de 400 kW y una capacidad de turbinado que varía entre 8,6 y 11,7 m<sup>3</sup>/s, por lo que la potencia nominal de la planta es de 800 kW.

Este tipo de turbinas, a diferencia de las convencionales, sólo utiliza los siguientes equipos electromecánicos que se deben dimensionar a la potencia de las turbinas:

- **Variador de frecuencia:** 400 kW/ 650 A, que permite mantener estable la frecuencia a 50 Hz en un amplio margen de caudal turbinado.

- **Transformador elevador:** las StreamDriver generan energía a tensión de 380/400 V, por lo que se requiere un transformador trifásico 380/23000 V de 1000 kVA para transportar la energía hasta el punto de interconexión con el SIN.

- **Medidor:** medición indirecta realizada en el lado de alta tensión, para registrar la energía suministrada al SIN.

- **Sincronizador:** para permitir la interconexión de la minicentral con el SIN.

- **Sistema de Protección:** protege los equipamientos de la central y al SIN de los distintos tipos de fallas.

- **Líneas de transmisión:** a ser utilizadas líneas aéreas con conductor formado por hilos de aluminio, de 3x35 mm<sup>2</sup> con una capacidad nominal de conducción de 158 A.

### Dimensionamiento de obras civiles

La presa seleccionada es del tipo de gravedad, el material empleado para su construcción es hormigón. Son las más adecuadas para las turbinas StreamDiver y en las que los aliviaderos son fácilmente integrados. Las dimensiones de la misma son:

- Altura total: 8 m
- Altura de la sección triangular: 6,5 m
- Ancho de base: 2,7 m
- Ancho de parte superior: 1 m
- Área de sección triangular: 13,75 m<sup>2</sup>
- Longitud de corona: 40 m
- Volumen total de hormigón: 550 m<sup>3</sup>

El vertedero seleccionado es un vertedero libre, es decir, el agua pasa por encima de la estructura. El caudal máximo que puede dejar pasar el vertedero es de 99,73 m<sup>3</sup>/s. Tiene una longitud de 29,34 m.

Para reducir la cantidad de broza que entra en la turbina hay que instalar una reja en la entrada de ambas turbinas compuesta de uno o más paneles, fabricados con barras metálicas espaciadas a intervalos regulares. El cálculo de la superficie de la rejilla arrojó un resultado de 25,44 m<sup>2</sup>.

Para reducir los efectos de erosión provocados por el agua que atraviesa el vertedero se prevé la instalación de un aliviadero, construido de rocas para abaratar los costos, las dimensiones calculadas para el mismo a partir de las condiciones establecidas para la presa son de ancho igual a 0,3 m y longitud de 5,75 m.

### Análisis económico

Los costos de inversión inicial se pueden observar en la siguiente tabla:

CONCEPTO	DETALLES	COSTO (USD)
Equipos Electromecánicos	Turbinas StreamDriver, transformador, medidor, equipos de seguridad, líneas de distribución	899.682,23
Obras Civiles	Materiales, calles auxiliares, movilización, obras preliminares	508.969,52
Territorio inundado	252 ha de territorio inundado debido al represamiento del cauce	504.000
<b>Total</b>		<b>1.912.651,75</b>

Tabla 3: Costos de inversión inicial

Para los costos de operación y mantenimiento, se supone una cuadrilla de mantenimiento con especialistas de distintas áreas, además la contratación de un operador para el monitoreo constante de la minicentral, alcanzando todo ello un costo anual de 30100 USD.

### Precio de la energía generada

Según ley 3009/06 se puede vender de forma ininterrumpida a la ANDE al 70 % de la tarifa de la energía en ese nivel de tensión. Pero como dicha ley se encuentra en tratamiento para su modificación, además del escenario actual se consideró el escenario en el que la energía se puede vender al 100 % de la tarifa de la ANDE en dicho nivel de tensión.

Una vez establecidas las variables más significativas en lo que respecta a lo económico, se puede proceder a crear un flujo de caja estimado a lo largo de la vida útil del proyecto. Se estableció que la vida útil aproximada de la minicentral es de 30 años. Las inversiones en obras civiles se realizan en el año de inicio en conjunto con las inversiones de indemnización por territorio inundado y al año siguiente las inversiones electromecánicas. Se debe tener en cuenta que los ingresos por venta de energía se consideraron constantes a lo largo de la vida útil del proyecto, cuando en realidad este factor variará de acuerdo a las condiciones hidrológicas anuales del cauce.

Al analizar la tasa de interés efectiva para moneda extranjera de varios bancos se determinó que el que menor ofrece es el Banco Regional con un valor de interés anual de préstamos por un periodo mayor a 365 días de 8,8 %. En cuanto a los diferentes escenarios planteados, se detalla un flujo de caja y evaluación a través del criterio del VAN y el TIR para cada uno (tasa de descuento de 8,8%, igual para cada escenario):

70 % DE LA TARIFA DE ANDE	100 % DE LA TARIFA DE ANDE
$PE_{pc} = \frac{318,1 * 1000}{6300} * 0,7 = 35,34 \text{ USD/MWh}$	$PE_{pc} = \frac{318,1 * 1000}{6300} = 50,49 \text{ USD/MWh.}$
$PE_{fpc} = \frac{164,8 * 1000}{6300} * 0,7 = 18,31 \text{ USD/MWh}$	$PE_{fpc} = \frac{164,8 * 1000}{6300} = 26,15 \text{ USD/MWh.}$
$P_{te} = PE_{pc} * E_{pc} + PE_{fpc} * E_{fpc}$ $= 140.620,65 \text{ USD.}$	$P_{te} = PE_{pc} * E_{pc} + PE_{fpc} * E_{fpc}$ $= 200.851,825 \text{ USD.}$
$VAN = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{Total_i}{(1+r)^i} = -785.569,95 \text{ USD.}$	$VAN = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{Total_i}{(1+r)^i} = -210.993,77 \text{ USD.}$
$TIR = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{Total_i}{(1+r)^i} = 0$ $TIR = 3,8\%$	$TIR = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{Total_i}{(1+r)^i} = 0$ $TIR = 7,54\%$

Tabla 4: Análisis económico de los distintos escenarios

Los criterios de evaluación financiera para el escenario actual arrojaron un resultado de VAN negativo y una TIR menor a la tasa de interés del banco. El escenario del precio de la energía al 100% de la tarifa de ANDE, arrojó también un valor negativo del VAN y una TIR menor a la del banco, por lo que el proyecto no es rentable en ninguno de los casos planteados. Sin embargo, en algún futuro cuando crezca el mercado eléctrico y varíen los precios de la energía eléctrica, el proyecto podría tornarse rentable.

### Análisis ambiental

Los impactos positivos en la fase de construcción son la fuente de trabajo, construcción de caminos, movimiento económico de los poblados cercanos en caso de que el personal de la construcción no pertenezca a la zona. La pérdida de suelo por las obras y el efecto barrera que crea la presa y las alteraciones que proceden de implementar la misma en algún tramo del río, representan impactos ambientales negativos. Por otro lado, al ubicarse la minicentral a aproximadamente 4 km del poblado más cercano, los impactos visual y sonoro se verán considerablemente reducidos.

El impacto ambiental que muy probablemente necesite tomar medidas de mitigación, puesto que esta vez sí colisiona con la ley, es el de la inundación del territorio que hace insuficiente el tamaño del bosque protector del río, puesto que el tamaño del bosque depende directamente del ancho del cauce hídrico, como se establece en el decreto 9824/1261. La medida de mitigación ambiental a ser tomada es la de reforestar el bosque protector con plantas nativas hasta que su ancho alcance el mínimo establecido por la legislación correspondiente.

## IV. CONCLUSIÓN

Se logró realizar un procedimiento ejemplificado para el análisis de pre factibilidad y diseño básico de una minicentral hidroeléctrica, que puede incentivar a la diversificación de las fuentes productoras de electricidad de nuestro país,

Toda central hidroeléctrica tiene una dependencia de las condiciones físicas del lugar a ser instalada. Hallar el emplazamiento idóneo para la planta es el primer paso que se debió llevar a cabo para iniciar el estudio del proyecto, lo cual se realizó a través de la utilización de los distintos programas computacionales.

El dimensionamiento de componentes se realizó con el asesoramiento de fabricantes nacionales e internacionales, utilizando las últimas tecnologías desarrolladas en el área de la generación de energía eléctrica a pequeña escala. Entre los datos más relevantes se destaca que la potencia instalada nominal de la planta debe ser de 800 kW.

Existen numerosos tipos de impactos que genera la minicentral en el medio ambiente, la mayoría de ellos carece de restricción legal por lo que no representa un inconveniente en la declaración de impacto ambiental que se debe presentar a la autoridad competente; sin embargo, el impacto ambiental de la reducción de los bosques protectores si necesita alguna medida de mitigación como la reforestación de los mismos hasta alcanzar su ancho mínimo establecido en nuestra legislación.

En el aspecto económico, se aplicó el criterio de evaluación de proyectos del VAN en dos escenarios diferentes: el escenario actual, en el que la energía se puede vender a un máximo de 70% de la tarifa de la ANDE, y el escenario en el que se considera el precio de la energía igual al de la tarifa de la ANDE, arrojando un valor del VAN negativo en ambos casos, por lo que el proyecto no es rentable en los escenarios planteados. Sin embargo, en algún futuro cercano, cuando el exceso de oferta de energía de las grandes centrales se agote, los proyectos similares a éste, podrían tornarse factibles económicamente.

## V. RECOMENDACIONES O TRABAJOS FUTUROS (OPCIONAL)

Atendiendo a los aspectos planteados en la investigación se sugieren las siguientes recomendaciones:

- La regulación de los vacíos legales existentes en cuanto a área máxima del territorio que puede ser inundado, definición concreta de los precios de la energía y requisitos mínimos del sistema de seguridad para la interconexión de las minicentrales al SIN.
- Realizar estudios de biodiversidad para comprobar la presencia de especies migratorias de peces para el análisis del impacto y mitigación ambiental.
- Realizar estudios de inventario, para evitar que los proyectos de mini centrales afecten a futuros proyectos similares sobre la misma cuenca.
- Realizar estudio del suelo a fin de analizar la posibilidad de infiltración de agua, tipo de presa más adecuado, etc.
- Medir de forma periódica el caudal del cauce seleccionado durante un año como mínimo para estimar la producción de energía de forma medianamente precisa.

## VI. REFERENCIAS

Aguayo, P. 2016. ANÁLISIS DEL POTENCIAL HIDROELÉCTRICO DE LA CUENCA DEL RÍO PIRIBEBUY, DEPARTAMENTO DE CORDILLERA, PARAGUAY. Trabajo final de grado. San Lorenzo, PY: UNA.117p.

ANDE. 2019. Generación [en línea]. Asunción, PY. Consultado el 27 de diciembre de 2019. Disponible en: <https://www.ande.gov.py/generacion.php>

ANDE. 2019. Pliego Tarifario N° 21 [En línea]. Asunción, PY. Consultado el 4 de enero de 2020. Disponible en: <https://www.ande.gov.py/docs/tarifas/PLIEGO21.pdf>

ANDE. 2019. Plan Maestro de Generación 2016-2025 [En línea]. Asunción, Py. Consultado el 12 de septiembre de 2019. Disponible en: [https://www.ande.gov.py/documentos/plan\\_maestro/PM\\_2016\\_2025\\_Gen\\_Trans\\_Distrib\\_Telematica.pdf](https://www.ande.gov.py/documentos/plan_maestro/PM_2016_2025_Gen_Trans_Distrib_Telematica.pdf)

CIVSA. 2019. [En línea]. Asunción, PY. Consultado el 2 de diciembre de 2019. Disponible en: <http://www.civsa.com.py/>

DG XVII (Dirección General de Energía). 1998. Manual de Pequeña Hidráulica, Cómo llevar a buen fin un proyecto de minicentral hidroeléctrica. Bruselas. 277 p.

Dr Botrell. 2019. [En línea]. Guairá, Py. Consultado el 12 de noviembre de 2019. Disponible en: <https://www.municipios.gov.py/botrell/#OEI>. 2019. Lucha Contra la Contaminación [En línea]. Madrid, ES.

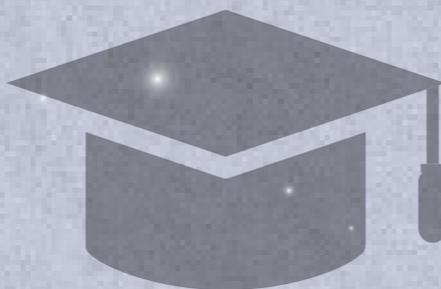
Consultado el 4 de enero 2020. Disponible en: <https://www.oei.es/historico/decada/accion.php?accion=8>

Olade. 2011. Manual de Estadísticas Energéticas. [En línea]. Disponible en: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0179.pdf> PARAGUAY. Ley 3009/06. DE LA PRODUCCIÓN Y TRANSPORTE INDEPENDIENTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA (PTIEE). Asunción. PY. 17 p.

PARAGUAY. Decreto 9824/12. POR EL CUAL SE REGLAMENTA LA LEY No 4241/2010 "DE RESTABLECIMIENTO DE BOSQUES PROTECTORES DE CAUCES HÍDRICOS DENTRO DEL TERRITORIO NACIONAL". Asunción, PY. 10 p.

VOITH. 2019. [En línea]. Heidenheim, Alemania. Consultado el 15 de noviembre de 2019. Disponible en: [http://voith.com/corp-en/hydropowercomponents\\_\\_\\_streamdiver.html?undefined%5B%5D=2](http://voith.com/corp-en/hydropowercomponents___streamdiver.html?undefined%5B%5D=2)

# CONSTRUYENDO HISTORIA...



“Desde el cielo a la mente y desde ella hasta el infinito”



Fotos Archivo FP-UNA.



El 06 de junio de 2020 cumplió 20 años el Observatorio Astronómico “Prof. Alexis Troche Boggino”, en dicha fecha, pero del año 2000, se inauguraba el primer observatorio profesional en el predio de la Facultad Politécnica de la Universidad Nacional de Asunción, encargada de la construcción del edificio. El Observatorio lleva el nombre del Prof. Troche Boggino, en reconocimiento a su labor como educador y científico para el desarrollo de las ciencias astronómicas en el país y como parte del Comité 46 de Educación de la Unión Astronómica Internacional (IAU), en representación de Paraguay.

## 20 años del Observatorio Astronómico



# EXTENSIÓN

## ETyC VIRTUAL

# LA EXPOSICIÓN TECNOLÓGICA Y CIENTÍFICA EN TIEMPOS DE PANDEMIA.



Prof. Lic. Ernesto Vera

Docente de las materias Estadística III Liderazgo y Trabajo en Equipo  
Coordinador General de la Exposición.

**¿Qué vamos a hacer este año? fue la pregunta que nos formulamos en una reunión distendida de trabajo, en la que analizamos las oportunidades que fueron bien canalizadas, las actividades desarrolladas para la comunidad educativa, en los primeros meses de pandemia. ¿Y por qué no realizar la Exposición Tecnológica y Científica, ETyC? fue la pregunta final del análisis. De esta manera dimos el puntapié inicial a una actividad que ya es tradición en la prestigiosa Universidad Nacional de Asunción: la Edición número XVIII de la ETyC en su edición virtual.**

Todo comenzó con una simple presentación de posibles actividades que podrían desarrollarse, las actividades tradicionales de la ETyC, los foros, los festivales artísticos, los, ya muy esperados, test de interés vocacional y uno o dos workshops que tal vez podrían sumarse a los ya tradicionales y en la nueva modalidad de los webinars. Teníamos la perspectiva de realizar una decena de actividades que ya perfilaban bien. Esta propuesta presentamos a los Directores de Áreas y a la Comisión Central de la ETyC.

Pero...¿Cómo lo haríamos?, sabemos que la FP-UNA nos tiene acostumbrados a grandes actividades, pero el desafío sería que esta vez: 100 % en la modalidad virtual, en donde todas las actividades puedan ser desarrolladas desde los hogares de cada uno, estudiantes, docentes, egresados, compañeros colaboradores, en fin, pudiendo llegar a la toda comunidad educativa, una oportunidad para demostrar que, a pesar de los inconvenientes sanitarios, la imposibilidad de aglomerarnos, seguimos construyendo el futuro.

Para comenzar, volvimos a hacer una revisión de lo que es la ETyC, que constituye en la mayor exposición que se realiza en la UNA, que en años anteriores, en condiciones normales, se desarrolla en nuestra querida Facultad Politécnica. La mayor actividad, que con mucho gusto y mucha predisposición de todos los compañeros colaboradores de nuestra casa de estudio, los docentes y nuestros queridos estudiantes de la FP-UNA y todas las unidades académicas es siempre motivo de orgullo, ya que por toda una semana logramos galardonar a la ya prestigiosa UNA con todo lo que se puede ofrecer a toda la sociedad, al país, buscando siempre consagrar nuestra vida a la verdad.

La ETyC cada año constituye una vitrina que muestra y vende las carreras que ofrecen las unidades académicas, a los estudiantes de la educación secundaria que tienen la intención de continuar la formación hacia una vida profesional. Pero además de mostrar a los estudiantes las oportunidades académicas por las que pueden optar, constituye un anzuelo donde los emprendedores y empresarios pueden ver todo el potencial laboral de una fuerza emergente, en la genialidad de los estudiantes muy próximos a convertirse en los grandes líderes de las corporaciones, multinacionales y organismos gubernamentales.

Nuevamente ya con todas las ganas y las intenciones de poder generar de vuelta un espacio donde conectar a la academia con la comunidad, comenzamos con reuniones virtuales con delegados de carreras, cabe resaltar que siempre es emocionante e impactante el gran sentido de pertenencia reflejado por el alto compromiso de los estudiantes y el empoderamiento de los mismos en todo tipo de desafío y emprendimiento, asimismo volver a mencionar que el éxito del evento se logra gracias al empuje y la dedicación de todos los compañeros de la FP-UNA, que sin dudar siempre se ponen a disposición, muestran el camino y siempre están dispuestos a colaborar con este gran reto institucional.



Foto Archivo. FP-UNA.



Las herramientas tecnológicas institucionales, el conocimiento en cuanto al uso de los mismos por parte del Equipo de Comunicación y nuevamente la trasmisión de esos conocimientos, hicieron que esas dificultades o inquietudes, de cómo saldría el evento que estábamos proyectando vayan quedando de lado, más aún con tantas pruebas y ajuste que se iban desarrollando en cuando al uso de las plataformas digitales y de trasmisión.

Convocamos a una reunión con los Directores de Extensión de las distintas casas de estudios, donde los mismos, atendiendo a todos los beneficios otorgados por la exposición a la comunidad educativa, se sumaron de manera inmediata a la preparación de actividades a ser desarrolladas, aportando, como cada año, una amplitud y diversidad de temas, contenidos y experiencias, pero además toda la calidad que puede mostrarse con todo lo desarrollado en la UNA.

Logramos con esta actividad una energía y entusiasmo, en cuando a generar contenido de valor, que con el correr de los días fueron generando ya un sinnúmero de actividades propuestas por estudiantes, docentes, egresados y hasta los emprendedores y empresas se sumaron a esta iniciativa queriendo mostrar todo lo que en este tiempo de pandemia llevó a que cada individuo busque una reinención de sí mismo, de sus emprendimientos y de sus actividades.

Todo esto fue logrado además por la amplia difusión que tuvo al evento, nuevamente a través de los compañeros de la Dirección de Comunicación, Ceremonial y Protocolo, la Coordinación de Radio Aranduká que nos llevaron a soñar a otra dimensión del porqué no llegar a POLITV con trabajos de ediciones audiovisuales de primer nivel y con un set montado totalmente a pulmón con los recursos con que la institución cuenta. La difusión también fue acompañado de diseños de afiches para los más de 130 actividades confirmadas entre Charlas, Workshops, los ya tradicionales Foros, Simposios, Conferencias Internacionales, Jornadas, los eventos artísticos y los Test de intereses vocacionales.

No es posible dejar de mencionar a la extensión universitaria, cuya finalidad es la de brindar un espacio de retorno a la sociedad todo lo que se invierte en la formación integral de nuestros estudiantes, lo que pudo lograrse haciendo una fuerte promoción de las carreras mostrando en las distintas charlas temáticas y las demás actividades todo lo bueno, la potencialidad y la genialidad por la cual optar a la hora de elegir una carrera universitaria en la UNA, así como todo lo que se está aportando a la sociedad y las comunidades con lo desarrollado en la UNA. La ETyC virtual contó con más de 60 estudiantes, más de 30 docentes de manera directa y todos los compañeros de la FP-UNA comprometidos a brindar una excelente exposición y desarrollar la extensión universitaria.

Fue emocionante a medida que se acercaba la fecha, la provisión de todos los contenidos proporcionados por todas las unidades académicas, los centros e institutos de la UNA lo que nos llevó a redoblar esfuerzos para poder lograr acomodar en los distintos canales en la Plataforma de YouTube, donde fueron transmitidos los eventos, pero además de generar material promocional de los eventos.

En esta edición logramos romper los esquemas de territorialidad ya que la Facultad, todas las carreras de la FP-UNA, varias direcciones y áreas de la Politécnica y la exposición contaron con canales en la referida Plataforma, por lo que se tuvo más de 30 expositores extranjeros, más de 10 expositores nacionales residentes en otros países y varios expositores del interior del país, pero además logramos romper la temporalidad, por lo que esta edición no solo es del año 2020, sino también para la posteridad, ya que las actividades fueron desarrolladas en la ETyC pero es posible seguir disfrutando y aprendiendo de los mismos a través de los materiales alojados en dichos canales.

Esta edición fue concretada a partir de una simple conversación con el Director de Relaciones Interinstitucionales de la FP-UNA, el Ing. Cesar Duarte Fiorio respecto a que en la FP-UNA nunca podemos quedarnos de brazos cruzados, por lo que inicialmente tomamos todo un desafío. Más allá de los obstáculos y las limitaciones que pudieron existir o aparecer, el equipo de trabajo de las distintas áreas, departamento y direcciones pudieron mostrar todo el trabajo realizado este año en la institución y en la UNA, logrando de esta manera un acercamiento a la comunidad educativa y promocionando las carreras no solamente de la FP-UNA sino que de todas las carreras de la UNA. Logrando de esta manera posicionar nuevamente a la UNA en cuanto a innovación, tecnología y trabajos desarrollados.

La ETyC 2020 en el año de la pandemia por el brote del Coronavirus, pudo reinventarse, tuvo la posibilidad de poder desarrollarse de manera virtual, pudiendo así romper con los esquemas de territorialidad y temporalidad, ya que toda la comunidad educativa del país y de otros países del extranjero, tuvieron la posibilidad de seguir todas las trasmisiones de las distintas actividades de la exposición vía streaming, mediante canales de YouTube de las distintas carreras, departamentos de la facultad y de la exposición. Contó con una amplia cobertura de prensa y masiva participación de estudiantes de las distintas carreras y visitas virtuales de estudiantes de colegios de todo el país, así como el público en general.

Consideramos que la organización de esta edición ha sido un éxito. Hoy en día, el esfuerzo realizado en ediciones anteriores, ha posicionado la marca ETyC en toda la comunidad educativa, en colegios privados y públicos, que con mucha antelación han solicitado ser invitados; y en el público en general. Finalmente hago llegar el agradecimiento especial a los compañeros de las distintas áreas de la Facultad Politécnica, los directores de carrera y todos los estudiantes de las distintas carreras que han puesto su mejor predisposición y talento para lograr el éxito de esta edición 2020.

## LOS NÚMEROS DE LA ETYC:

### Declaraciones de Interés

Institución	Sector	Tipo de Declaración
CONACYT	Gobierno	Interés Científico y Tecnológico
Agencia Espacial del Paraguay	Gobierno	Interés Científico Espacial
Honorable Cámara de Diputados	Gobierno	Interés Nacional Científico y Tecnológico
Sociedad Científica del Paraguay	Sociedad Civil	Interés Científico y Tecnológico
Ministerio de Industria y Comercio	Gobierno	Interés institucional
Ministerio de Tecnología y Comunicación	Gobierno	Interés Tecnológico
Ministerio de Educación y Ciencias	Gobierno	Interés Educativo
Secretaría Nacional de Turismo	Gobierno	Interés turístico Nacional
Secretaría de la juventud	Gobierno	Interés Juvenil

**Unidades Académicas y centros de la UNA que apoyaron y participaron la Exposición**

Expositor	Sector
FCE UNA	UNA
FaCEN	UNA
FCS (Derecho)	UNA
FENOB	UNA
FCV	UNA
FADA e ISA	UNA
FO y IEEE	UNA
CETUNA	UNA
IICS . DGICT, INCUNA	UNA
FCM (Medicina)	UNA
FCQ	UNA
FIUNA	UNA
FCA	UNA



Foto Archivo. FP-UNA.

**Instituciones que apoyaron y participaron de la ETyC**

Institución	Sector
UNA í	UNA
ENI Estrategia Nacional de Innovación	Gobierno
Kantar Ibope Media	Privado
PTI Parque Tecnológico y Científico	Gobierno
Alianza Francesa	Privado
Elevate English	Privado
Atenas Energía	Privado
XR4D	Privado
Julia Elena Cakes	Privado
Think	Privado
Doña Lucía Delicias	Privado
FG Lubricentro	Privado
Luna Store	Privado
Distribuidora Gloria	Privado
Paracaidismo Guaraní	Privado
Vista Alegre Natural Resort	Privado
Complejo Museo del Arbol	Privado
Hotel Guaraní	Privado
Kaffetario	Privado
Salto Mirian Mabel	Privado
Hotel los Lagos	Privado
Parque Ecológico Salto Suizo	Privado
F.E. Fotografía	Privado

“ La ETyC cada año constituye una vitrina que muestra y vende las carreras que ofrecen las unidades académicas”

**Resultados de las actividades realizadas Canal Youtube de la ETyC**

Fecha	3 FOROS	Visualizaciones	Disertantes
01	II Foro de Energía	443	3
29	VII Foro de Ética: Compromiso, más que una palabra un hecho	260	2
30	XIV Foro de Ingeniería Eléctrica	563	3
	<b>Total</b>	<b>1151</b>	<b>8</b>
134 CHARLAS, en 19 áreas del conocimiento		Visualizaciones	Disertantes
29 al 02	Charlas y Conferencias Temáticas	<b>14310</b>	<b>150</b>

Fecha	2 ACTIVIDADES CULTURALES	Público	En competencia
18	XII Festival Intercolegial “Unidos por el Arte”	62	2 part = 2 n° art
19	XXI Festival Folklórico Universitario “Aranduka”	534	311 part = 33 n° art
	<b>Total</b>	<b>596</b>	-----

Servicios prestados por el Dpto. Bienestar Institucional		Participantes	Observación
29 al 02	Test de Intereses Profesionales	216	71 colegios
	<b>Total</b>	<b>216</b>	-----



Foto Archivo. FP-UNA.

Fechas	Carreras y Departamentos de la FP-UNA	Cantidad de Actividades	Cantidad de Expositores	Visualizaciones
29 al 02	Ing. en Electrónica	14	25	3336
	Ing. en Sistemas de Producción	5	18	1922
	Ing. en Marketing	15	15	1814
	Ing. en Energía	1	3	520
	Ing. Eléctrica	5	11	669
	Ing. en Ciencias de los Materiales	4	4	241
	Ing. Aeronáutica	4	4	387
	Ing. Informática	7	12	649
	Licenciatura en Ciencias de la Información	6	6	693
	Licenciatura en Ciencias Informáticas	3	5	625
	Licenciatura en Gestión de la Hospitalidad	7	10	3218
	Licenciatura en Ciencias Atmosféricas	1	1	130
	Departamentos de Bienestar Institucional	9	15	1497
	Departamento de Idiomatic	8	12	648
	<b>Total</b>	<b>89</b>	<b>141</b>	16.320

Fechas	Unidades Académicas de la UNA	Cantidad de Actividades	Cantidad de Expositores	Visualizaciones
29 al 02	Facultad de Ciencias Económicas	13	25	604
	Facultad de Ciencias Exactas y Naturales	12	18	355
	Facultad de ciencias Químicas	5	15	700
	Facultad de Ciencias Agrarias	13	3	500
	Facultad de Enfermería y obstetricia	1	0	-----
	Facultad de Arquitectura Diseño y Arte	1	0	-----
	Faculta de Ingeniería	1	0	-----
	Facultad de Odontología	1	1	-----
	Facultad de Ciencias Medicas	1	2	234
	<b>Total</b>	<b>48</b>	<b>64</b>	2393

Fecha	CURSOS, JORNADAS, TALLERES, WORKSHOP y OTROS	Ponentes/ Participantes	Visualizaciones
29	III Jornada de "Difusión de Proyectos de Investigación FP-UNA"	8	274
30	Jornada de Jóvenes Investigadores de la UNA	10	263
30	Taller "Jugando en Serio"	1	30
01	Biowokshop	5	170
02	V Jornada de Clínica Medica	2	130
02	I Conferencia Internacional de Seguridad Laboral	5	1594
29 al 02	Ciclo de Charlas y Exp. de Pasantías, Carrera de Ing. en Producción	14	220
29 al 02	Servicios de la FCE	10	600
29 al 02	Servicios del CETRI	1	300
29 al 02	Concurso de Fotografía	23	-----
29 al 30	Charlas del Club de Robótica	10	812
01 al 02	Torneo de Robótica	20	589
29	Ceremonia Inaugural	4	864
02	Ceremonia de Clausura	2	160
	<b>Total</b>	<b>105</b>	5194

<b>Total de visualizaciones/público en actividades</b>	<b>25.766</b>
<b>Total de competidores y participantes</b>	<b>321</b>
<b>Total de disertantes / panelista / ponentes / instructores</b>	<b>310</b>
<b>Total General de público + competidores + disertantes</b>	<b>26.397</b>

## LA COMUNICACIÓN Y EL MARKETING EN LA ETYC 2020



**Prof. Ing. Sandra Cañete**  
Jefa de Comunicación  
Dirección de Comunicación,  
Ceremonial y Protocolo FP-UNA

*Esta edición virtual de la Exposición Tecnológica y Científica ETyC 2020 de la FP-UNA fue una buena oportunidad para conectarse con una audiencia más amplia e incluso internacional, en consecuencia el rol de la comunicación fue clave, antes, durante y después de la Exposición, es así que cambiamos la forma de comunicar, la rutina e incluso la forma de trabajar para llevar a cabo la primera experiencia virtual de la ETyC 2020.*

Los eventos virtuales aumentaron desde la pandemia por el COVID-19, ya que inevitablemente el mundo se volvió cada vez más digital, esto no hizo más que acelerar esta tendencia, los seminarios, reuniones y actividades virtuales se encuentran en gran crecimiento.

Desde la Dirección de Comunicación, Ceremonial y Protocolo de la FP-UNA iniciamos las actividades de la ETyC 2020 con la selección del slogan, las gráficas acordes a la temática: “El rol de la tecnología digital en la educación”, poniendo énfasis al papel de las TIC, que no solamente funcionan como un insumo, sino como un elemento fundamental de innovación que incentiva el cambio en el sistema educativo. Asimismo, realizamos capacitaciones a los estudiantes que participaron como voluntarios de extensión universitaria, en temas como manejo de redes sociales, diseño para elaboración de flyers, diseño de certificados de participación y transmisiones en vivo a través de los distintos canales de YouTube, tanto por medio del canal oficial de la Facultad, el canal de la ETyC y los canales de las distintas carreras de la FP-UNA.

Para la difusión de las actividades en el marco de la Exposición aprovechamos y potenciamos los medios digitales de la ETyC 2020 como: Facebook, Twitter e Instagram, además de la página web y desde dichas páginas compartimos en los medios oficiales de la FP-UNA.

Durante el desarrollo de la ETyC realizamos coberturas virtuales y notas periodísticas de los eventos como foros, actividades culturales ya tradicionales, charlas organizadas por las carreras de la FP-UNA y otras actividades de las Unidades Académicas de la UNA e instituciones participantes. Toda la FP-UNA se mantuvo conectada a través de sus redes sociales, streaming de webinars, foros, actividades culturales, como un inicio de la revolución del cambio en la comunicación y difusión, por lo tanto este tipo de eventos son esenciales y deben ser integrados a la estrategia de comunicación y marketing, como una herramienta para reunir a toda la comunidad de la UNA y lograr el posicionamiento de la identidad e imagen de adentro hacia afuera, y con ello reconectar a los estudiantes y docentes con las distintas áreas temáticas de su interés en un solo evento.



**Las actividades más importantes desarrolladas en el marco de la Edición XVIII de la ETyC siguen disponibles en los siguientes enlaces:**

**Canal de YouTube de la FP-UNA:** <http://bit.ly/CanalFP>

**Canal de YouTube ETyC:** <https://bit.ly/YouTubeETyC>

**Web ETyC:** <https://etyc.pol.una.py/index/>

**Redes Sociales de la ETyC 2020:**

- Facebook: <https://www.facebook.com/etyc.py>
- Instagram: <https://www.instagram.com/etyc.py/?hl=es-la>
- Twitter: [https://twitter.com/ETyC\\_py](https://twitter.com/ETyC_py)

## VINCULACIÓN DE LA CARRERA INGENIERÍA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LA FACULTAD POLITÉCNICA - UNA CON EL MEDIO EXTERNO EN EL AÑO 2020

### EXPERIENCIAS DE PASANTÍA CURRICULAR Y EXTENSIÓN UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LA FACULTAD POLITÉCNICA - UNA

*La Facultad Politécnica de la Universidad Nacional de Asunción es una unidad académica pública, por lo que la vinculación con la sociedad se constituye una actividad de sustancial importancia en el proceso institucional y académico.*

*En ese contexto, la carrera Ingeniería en Sistemas de Producción de la Facultad Politécnica-UNA, ha continuado con las actividades que forman parte de la misión institucional, utilizando herramientas digitales y adaptándose a nuevas reglamentaciones, conforme las disposiciones sanitarias en el marco de la pandemia del covid-19.*

### INTRODUCCIÓN

La formación de profesionales para el mercado laboral del país, las actividades de investigación y de extensión son los fines fundamentales de la institución. Todas estas actividades implican necesariamente la interacción con el medio externo.

Las actividades de vinculación con el medio externo, que se describen en este apartado, hacen referencia a experiencias de Pasantía Curricular y Extensión Universitaria que han realizado integrantes de la comunidad educativa de la carrera Ingeniería en Sistemas de Producción en el año 2020.

### EXTENSIÓN UNIVERSITARIA

La carrera Ingeniería en Sistemas de Producción es una oferta académica de la Universidad Nacional de Asunción y al tratarse de una institución pública, una de sus actividades principales como academia del estado es la de transferir a la sociedad los conocimientos científicos y tecnológicos generados en la universidad, a esto lo llamamos Extensión Universitaria.

En el año 2020 las actividades de extensión han continuado conforme las disposiciones sanitarias así lo permitieron, entre las más destacadas se mencionan:



**Ing. Tadeo Román Saldivar Patiño**

Egresado de la carrera Ingeniería en Sistemas de Producción-FP-UNA.

### Participación en Proyecto de transición a la Educación Digital

*Se describe la experiencia que representó la participación en un proyecto coordinado por el Ministerio de Educación y Ciencias para la escolar básica.*

Este proyecto tiene como objetivo buscar, seleccionar y clasificar Recursos Educativos Abiertos (REA), beneficiando a niños y jóvenes de la comunidad educativa a nivel país.

La participación en el proyecto se llevó a cabo cuando aún era estudiante de la carrera, realizando un trabajo de campo a través de una pasantía, en la que desarrollé las siguientes actividades: búsqueda, selección y clasificación de Recursos Educativos Abiertos. Participación en talleres y charlas de capacitación. Elaboración de fichas educativas con los recursos educativos seleccionados. El impacto que tuvo esta actividad sobre la población beneficiaria radica en la importancia de los talleres y charlas para la capacitación en la elaboración de Fichas Educativas, que conllevan a la construcción del portal META, que es una nueva propuesta educativa que apunta a innovar en la enseñanza que reciben los niños del país.



**Prof. Lic. Zulma Lucía Demattei Ortiz**

Docente y Tutora Virtual del Departamento de Gestión, Directora de la carrera Ingeniería en Sistemas de Producción-FP-UNA.

### Organización de eventos con proyección a la sociedad del saber científico y técnico

*Se describe la experiencia que representó para la comunidad educativa de la carrera la organización y transmisión de videoconferencias y ponencias con temas técnicos referentes al campo de aplicación y real de la formación de un estudiante de Ingeniería en Sistemas de Producción*

Como cada año, la Exposición Tecnológica y Científica ETyC se ha desarrollado en su XVIII edición, en esta ocasión de manera virtual, a través de los medios oficiales de la Facultad y la carrera en el año 2020, donde la Dirección de la carrera ha coordinado las actividades alusivas a la misma, llevadas a cabo durante el mencionado evento. Estas actividades fueron solicitadas a estudiantes de la carrera citada en calidad de voluntarios. Se trabajó a través de una Comisión Central de estudiantes de la carrera dividiendo las actividades en: coordinación de charlas, coordinación de webinars de pasantías, elaboración de materiales de promoción, marketing y difusión en redes sociales y administración del canal de YouTube. El impacto del trabajo realizado enriqueció a la carrera pues se trabajó en la construcción del canal, manejo de redes sociales y transferencia de conocimientos por medio de videoconferencias vistas desde Argentina y varios puntos del país, lo que también aporta a la visualización de la carrera, junto con un aprendizaje constructivo de toda la comunidad educativa.

## PASANTÍA CURRICULAR

La pasantía curricular de la carrera Ingeniería en Sistemas de Producción, se establece a fin de vincular al estudiante con el medio en el cual desarrollará su actividad profesional, es decir se inicia en la práctica de su campo de conocimiento. Asimismo, se pretende que el estudiante pueda realizar un aporte a la institución que lo reciba con una propuesta de mejora en algún proceso de la empresa que se haya analizado.

La pasantía curricular forma parte de los requisitos de titulación de la carrera Ingeniería en Sistemas de Producción, con una carga horaria de 300 horas reloj y supervisada por un Tutor Académico, cuya función principal es guiar y evaluar la ejecución de la actividad, además de actuar de nexo entre la academia y el campo laboral representado por las empresas que reciben a los estudiantes en calidad de pasantes y en las cuales se tiene asignado un Tutor Empresarial. Para el desarrollo de esta actividad, el estudiante deberá cumplir con los requerimientos académicos que habilite la realización de la misma y finalmente, presentar el trabajo ejecutado en la empresa que lo haya acogido. Esta presentación tiene un carácter de defensa y es evaluada por una Comisión Examinadora.

En el año 2020 las empresas, principalmente las industrias, han continuado recibiendo a los estudiantes y las defensas se han realizado en la modalidad virtual. Es así como las empresas y la academia han estado adaptándose a los nuevos requerimientos sanitarios vigentes en la actualidad. Las defensas están disponibles en el canal de YouTube de la carrera y a continuación se presenta cuatro de ellas:



**Maribel Katherin Acosta Portillo**  
Estudiante en proceso de tesis.

### Pasantía curricular en una multinacional

**Se describe la experiencia que representó la realización de la pasantía curricular en una empresa multinacional, dedicada a la fabricación de arneses eléctricos.**

#### La empresa.

Es una de las más grandes multinacionales de fábricas de autopartes a nivel mundial, está presente en más de 30 países a nivel global, en el año 2015 inauguró su planta industrial en el país bajo el régimen de maquila.

#### Sobre el producto.

Para entrar en contexto, los arneses eléctricos son un conjunto de componentes, sean estos cables, terminales, sellos, conectores, etc., que tienen la función de llevar señal eléctrica de un punto a otro dentro de un vehículo, permitiendo así el funcionamiento de luces, radios, airbag, frenos, etc.

#### Experiencia de pasantía.

Realicé la pasantía en el área de Corte, que es donde se cortan y aplican en máquinas automáticas los circuitos que, posteriormente, pasan por otros procesos antes de llegar a las líneas de ensamble final para la producción de los arneses. Entre las actividades realizadas se pueden citar: optimización de tiempos en procesos de setup, participación en el equipo de implementación de un sistema de optimización en el área, realización de instrucciones de trabajos y entrenamientos para la utilización del sistema de optimización, análisis de ideas presentadas por el equipo,

cálculo los beneficios y los costos de implementación y participación en el proyecto de disminución de tiempos muertos de máquina para mejorar el OEE de la planta, logrando excelentes resultados mediante el trabajo en equipo.

La experiencia de pasantía en esta empresa fue bastante enriquecedora en todos los sentidos, tanto personal como profesionalmente, ya que dan la oportunidad de explotar la creatividad de las personas y brindan apoyo para implementar las mejoras que sean necesarias y de esa manera pude lograr todos los objetivos propuestos durante la pasantía. También hubo grandes desafíos durante el proceso de los análisis, las implementaciones de los cambios, etc., pero lo más complicado fue lograr el compromiso de la gente, que los compañeros de trabajo se sientan como parte del equipo, que logren ver lo importante de la función de cada uno en la empresa y que trabajen juntos para lograr los resultados.

Puedo decir con seguridad, que la Carrera Ingeniería en Sistemas de Producción prepara a sus estudiantes con un perfil excelente, porque pude aplicar absolutamente todo lo que aprendí teóricamente desde el primer semestre hasta el último, y fue muy motivador para mí el poder debatir temas técnicos con especialistas en informática, gestión o incluso electricidad; aparte de la preparación técnica, la Carrera brinda herramientas claves para el manejo del talento humano, siendo ésta la receta para lograr los resultados en todas las áreas laborales.



**Verónica Romina Ayala Ayala**  
Estudiante del noveno nivel y en proyecto de tesis.

### Pasantía curricular en una industria de productos alimenticio y medicinales

**En el presente informe se contempla la descripción de lo vivenciado durante el desarrollo de la pasantía realizada dentro de la empresa Mickey S.R.L.**

Mickey S.R.L. se dedica a la elaboración, fraccionamiento y envasado de productos alimenticios y medicinales, en ella me desempeñe como pasante en el área de Control de calidad. Algunas de las principales actividades realizadas fueron: Controlar permanentemente la producción en proceso y los productos terminados, registrando los datos recabados en la ficha de Lotes y Vencimientos. Supervisar a los operarios tanto en sus funciones, como en el uso correcto de equipos de trabajo, registrando e informando cualquier percance al departamento encargado. Por último, también he colaborado en la redacción de la planilla de procedimientos realizados dentro del área



Figura 1. Envasado del producto Condimento para Carne

En mi experiencia como pasante puedo concluir que he aprendido bastante sobre el área Control de Calidad, el cual se encarga de asegurar un sistema de calidad efectivo, acompañando el itinerario completo del producto, desde la recepción de la materia prima hasta el almacenado del producto terminado. He podido entender varios conceptos importantes, como lo son las buenas prácticas de manufactura y la seguridad e higiene industrial, además de aplicar herramientas adquiridas dentro de la carrera en materias como Gestión de Calidad, Organización de la Producción, Organización de Sistemas y Métodos, entre otras. Cabe destacar que, al culminar la pasantía, la empresa me brindó la oportunidad de seguir trabajando con ella, contribuyendo así, con mi crecimiento profesional, por ello considero a la pasantía como una experiencia muy beneficiosa y provechosa para el estudiante.



**Edith Carolina Morínigo Báez**  
Estudiante del séptimo nivel de la carrera.

### Pasantía curricular en una industria farmacéutica.

#### Experiencia de pasantía “SCAVONE HNOS S.A. – LABORATORIOS CATEDRAL”

La práctica laboral la realicé en la Planta Industrial Scavone Hnos. S.A. de Laboratorios Catedral – Acceso Norte, la misma tuvo duración de dos meses. Conformé el departamento de Ingeniería de Procesos, realizando allí un trabajo puntual en el sector de Sólidos Orales – Acondicionamiento, que consistió en la actualización del indicador OEE, el cual mide la “Eficiencia General de los Equipos”, los datos manejados correspondían al primer trimestre del año 2020. Me asignaron máquinas: dos estuchadoras y una blistera, de las cuáles diariamente tomaba datos de velocidad real de producción, tiempo utilizado en el proceso, contabilizando la totalidad de productos buenos, rechazados y retrabajos de lotes de producción, las horas de trabajo invertido por el personal en la línea. Todos fueron necesarios para llegar a la fórmula final  $OEE = DISPONIBILIDAD * RENDIMIENTO * CALIDAD$ , estos los actualizaba en una base de datos en Excel, cargando las planillas y realizando informes diarios a ser presentados en la reunión los supervisores y jefe de mantenimiento, para de esta manera fijar nuevos objetivos de trabajo e indicaciones a registrar para la semana.

Realizar la pasantía en la empresa mencionada, me resultó sumamente provechosa, pues, puse en práctica todos los conocimientos necesarios para solucionar problemas y cumplir con el objetivo fijado, aprendí a desarrollar la capacidad de análisis, trabajar bajo presión y por sobre todo a hacerlo con ayuda del equipo para tomar las decisiones, sugerencias u observaciones correctas. Valoro la oportunidad que tuve de estar in situ en la producción diaria correspondiente al área de sólidos orales. Cabe destacar, que la industria farmacéutica se basa en estándares sumamente exigentes y eso sumó mucho a mi compromiso profesional.

Considero que la formación que recibimos a lo largo de los años es completa y sumamente variada, abarcando un abanico de materias que nos permiten involucrarnos en todos los aspectos que implica la fabricación de un bien y/o servicio.

La versatilidad que adquirimos, formación técnica y aptitudes empresariales nos destacan y abren enormes puertas para nuestra inserción al mundo laboral. Así como siempre recalco, nuestra carrera está formando grandes líderes para el mañana, proporcionándonos todas las habilidades necesarias para adecuarnos a las exigencias del mundo laboral competitivo y en constante cambio.



**Germán Penayo Rodríguez**  
Estudiante del séptimo nivel de la carrera.

### Pasantía curricular en una compañía veterinaria.

#### Pasantía Curricular en Empresa GRUPO COVEPA S.A

Me desempeñé como pasante en el área de Organización Sistemas y Métodos, donde realicé instructivos de trabajo, e instructivos de aplicativos utilizados dentro de la organización y flujogramas para los distintos procesos con los que cuenta la empresa, a su vez actualicé normas y políticas de la empresa en base a los requerimientos de los mandos medios y gerencia. Elaboré protocolos y pautas para el almacenamiento de los distintos productos que comercializa la empresa. Me interioricé con la implementación de reportes de entregas de productos para el área de Logística, para que éste sea desarrollado con la empresa desarrolladora del software que utiliza la organización.

Realizar esta pasantía fue enriquecedora, debido a que pude tratar con distintos tipos de personas, y aprender la práctica de toda la teoría estudiada en la universidad, me permitió a su vez desarrollar mi potencial analítico y crítico como futuro profesional en el área en el cual me desempeñaba, desarrollé mi visión estratégica para situaciones que requerían practicidad y encontrar soluciones a los problemas. Realizar la pasantía curricular además de dotarte de nuevos conocimientos te abre puertas a varias oportunidades, que sólo si uno sabe aprovecharlas cosecha grandes resultados.



Foto Gentileza.



# POLISOLIDARIA

Autor/a: Representación Estudiantil FP-UNA 2018 - 2020

**El proyecto POLISOLIDARIA nació mediante la idea de brindar ayuda a los compañeros estudiantes de la FP-UNA en situación de vulnerabilidad, debido al impacto económico causado por la cuarentena establecida por el Gobierno Nacional en el marco de las acciones de prevención contra la pandemia del COVID-19.**



Foto Archivo FP-UNA y Gentileza.



## PRIMERA ETAPA

Tras un análisis sobre las acciones a tomar, teniendo en cuenta la ayuda más conveniente tanto en beneficios para los compañeros, como en cuestiones logísticas para la organización, esta Representación Estudiantil decidió elaborar kits alimenticios, cuyos alimentos fueron adquiridos en locales mayoristas, mediante el dinero recaudado de los aportes económicos realizados por toda la comunidad educativa de la FP-UNA.

Es así, que en fecha 20 de abril se lanzó el periodo de donaciones, abierta a todo público, hasta la fecha 04 de mayo, y para el efecto se habilitó una cuenta del Banco Itaú para transferencias bancarias y una línea telefónica de la empresa TIGO para giros desde todas las telefonías. La fecha inicial de cierre de donaciones, se extendió posteriormente hasta el 08 de mayo. Cumplido dicho periodo, el total de dinero recaudado fue de Gs. 7.392.500 (guaraníes, siete millones trescientos noventa y dos mil quinientos). Durante el transcurso del periodo de donaciones, se publicó de manera periódica, los avances de las recaudaciones a través de una planilla electrónica. Historial de recaudaciones disponible ingresando a [tinyurl.com/Polisolidaria-Recaudaciones](http://tinyurl.com/Polisolidaria-Recaudaciones).

Además del dinero recaudado gracias a la colaboración de Estudiantes, Graduados no Docentes, Docentes, Directivos, Funcionarios y familiares de miembros de nuestra casa de estudios, se recibió la donación de 50 (cincuenta) kits alimenticios por parte de un grupo de Graduados no Docentes de diversas carreras de la FP-UNA, quienes se unieron para apoyar la causa. El contenido de dichos kits donados fue el siguiente: aceite (900cc), fideo (800G), harina (2KG), azúcar (1KG), arroz (1KG), yerba (1KG), leche larga vida (2L), sal (500G).

En fecha 27 de abril se dio inicio al periodo de postulaciones para el acceso al beneficio de los kits alimenticios. Para su efecto, se habilitó un formulario electrónico, el cual recabó informaciones de contacto, socioeconómicas y académicas. Una vez culminado el periodo de postulaciones, esta Representación se puso en contacto con los postulantes a fin de corroborar datos y coordinar el procedimiento de la entrega de los kits.

Cabe señalar que al momento de coordinar la entrega, 9 (nueve) compañeros de la Sede Central y Filiales, manifestaron la imposibilidad de acudir al Campus (punto de entrega), razón por la cual, a fin de brindar una ayuda, pese a los inconvenientes presentados, se determinó realizar un giro de dinero a los compañeros mencionados. Finalmente, el total de postulantes fueron de 49 (cuarenta y nueve), de los cuales 41 (cuarenta y uno) corresponden a la Sede Central, 7 (siete) a la Sede de la ciudad de Villarrica del Espíritu Santo y 1 (uno) a la Sede de Coronel Oviedo.

El día 08 de mayo, se procedió a la compra de los productos en el Mercado de Abasto, específicamente en los supermercados mayoristas "BOX MAYORISTA" y "SúperMAS". Para la adquisición de los productos, se tuvo en cuenta la cantidad de postulantes; la recaudación alcanzada; y, los kits alimenticios donados. Esto permitió que los kits alimenticios a adquirir mediante los aportes económicos, puedan redundar en la cantidad de ciertos alimentos básicos, incluir otros alimentos no previstos inicialmente, así como también, incluir artículos de higiene personal. Finalmente, los productos contenidos en cada kit fueron los siguientes: arroz (2KG), fideo (800G), puré de tomate (1KG), aceite (900cc), azúcar (1KG), leche larga vida (2L), jabón de tocador (3 unid.), jabón de coco (3 unid.) y papel higiénico (8 unid.). Los mencionados productos se adquirieron para un total de 50 (cincuenta) kits, cuyo gasto total fue Gs. 2.810.100 (guaraníes, dos millones ochocientos diez mil cien). Comprobantes de gastos disponibles ingresando a [tinyurl.com/Poli-Solidaria-compras1](https://tinyurl.com/Poli-Solidaria-compras1)

El armado de los kits se realizó la mañana siguiente, sábado 9 de mayo, y las entregas de los kits (Graduados y Estudiantes) los días 11 y 12 de mayo. La cantidad de kits entregados en dichas fechas fueron de 40 (cuarenta), quedando 10 (diez) kits disponibles para ser entregados en una próxima entrega.

En fecha 18 de mayo, se realizaron los giros de dinero a los compañeros postulantes que manifestaron previamente no poder acudir a la Facultad para el retiro de los kits alimenticios. El monto girado por cada beneficiario fue de Gs. 110.000 (guaraníes, ciento diez mil) más el 5% (cinco por ciento) de comisión, a fin de que reciban la ayuda íntegra al retirar el giro, que corresponde a Gs. 5.500 (guaraníes, cinco mil quinientos).

Comprobantes de giros de dinero disponibles ingresando a [tinyurl.com/Poli-Solidariagiros1](https://tinyurl.com/Poli-Solidariagiros1)



Foto Archivo FP-UNA y Gentileza.



## POLI SOLIDARIA

“A veces sentimos que lo que hacemos es tan solo una gota en el mar, pero el mar sería menos si le faltara esa gota” Madre Teresa de Calcuta.



FECHA	CONCEPTO	INGRESOS	EGRESOS
9/5/2020	RECAUDACIÓN TOTAL	7.392.500	
8/5/2020	COMPRAS (SUPER BOX S.A)		2.280.350
8/5/2020	COMPRAS (SUPERMAS S.A)		527.750
18/05/2020	GIROS TIGO		693.000
18/05/2020	GIROS CLARO		115.500
18/05/2020	GIROS PERSONAL		231.000
<b>SUMATORIA:</b>		<b>7.392.500</b>	<b>3.847.600</b>
<b>SALDO RESTANTE:</b>			<b>3.544.900</b>

Tras la culminación de la primera etapa del proyecto, el saldo restante es de Gs. 3.544.900 (guaraníes, tres millones quinientos cuarenta y cuatro mil novecientos).

## SEGUNDA ETAPA

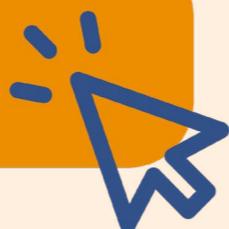
En fecha 17 de junio arrancó la segunda etapa del proyecto, para ejecutar los Gs. 3.544.900 (guaraníes, tres millones quinientos cuarenta y cuatro mil novecientos) que quedó de la primera etapa. De la misma manera, se hizo viral un formulario donde estudiantes de toda la FP-UNA tanto de Central como de Filiales podían acceder a los kits alimenticios.

En esta segunda etapa, se permitió que los compañeros que hayan accedido en la primera etapa puedan acceder nuevamente ya que entendemos que la crisis sanitaria afectó de fuerte manera muchas familias y que el alimento es lo primordial para la subsistencia de las mismas.

Fue así que el monto restante, se utilizó para la compra de alimentos que dio lugar a 34 kits y 7 giros de dinero a compañeros residentes del interior del país, todo esto en las mismas condiciones que se desarrolló para la primera etapa.

La entrega de los kits fue realizada el viernes 10 de julio en las instalaciones del bloque estudiantil con todas las medidas sanitarias pertinentes, y los giros de dinero depositados a los compañeros del interior en los días 5 y 6 de agosto.

Comprobantes disponibles  
ingresando a  
[bit.ly/Poli-Solidaria-compras2](https://bit.ly/Poli-Solidaria-compras2)



FECHA	CONCEPTO	INGRESOS	EGRESOS
17/6/2020	Saldo Restante	<b>3.544.900</b>	
3/7/2020	COMPRAS (SUPER BOX S.A)		2.134.800
3/7/2020	COMPRAS (SUPERMAS S.A)		373.050
5/8/2020	GIROS TIGO		591.716
6/8/2020	GIROS CLARO		147.929
6/8/2020	GIROS PERSONAL		295.858
<b>SUMATORIA:</b>		<b>3.544.900</b>	<b>3.543.353</b>
<b>SALDO RESTANTE:</b>			<b>1.547</b>

Nos sentimos de corazón agradecidos a todas las personas que, desde su lugar, tanto donando como colaborando en la difusión de este proyecto, hicieron posible que familias de nuestra querida casa de estudios pudieran mejorar un poco tan siquiera sus condiciones de vida en esos meses tan difíciles de encierro por cuarentena que tuvimos que pasar, a nivel país y el mundo.

Esta experiencia nos demuestra que más allá de ser una institución de formación académica, la solidaridad es algo que se debe practicar como comunidad y como hábito personal, sepamos que una pequeña ayuda que podamos dar, puede ser de suma importancia para otros que están necesitando.



# MISCELÁNEAS

## UN HONOR PARA LA FACULTAD POLITÉCNICA

# MENCIONES DE HONOR PREMIO NACIONAL DE CIENCIA 2020



Lic. María Elena Torres, Mg  
Encargada de la Oficina de Comunicación de las Ciencias  
Dirección de Investigación y Postgrado de la FP-UNA

*Un nuevo algoritmo para tratar la Fragmentación del Espectro en Redes Ópticas Elásticas (EON), la simulación computacional de moléculas circulares de ADN que están en distintas etapas de la replicación, y un modelo de análisis de la evolución de la capacidad instalada de generación en mercados eléctricos, son los temas que abordan los artículos premiados con la Mención de Honor del Premio Nacional de Ciencia 2020. Estos tres trabajos, resultado de la investigación de jóvenes investigadores, fueron elaborados en los grupos de investigación de la FP-UNA.*

### INTRODUCCIÓN

El 3 de noviembre, se conocía el ganador del Premio Nacional de Ciencia 2020 mediante el anuncio hecho por el senador Oscar Salomón, Presidente de la Cámara Alta y la senadora Blanca Ovelar, Presidenta de la Comisión de Cultura, Educación, Ciencia, Tecnología y Deportes. También se anunciaba que se otorgaron menciones de honor a 5 trabajos; tres de ellos, correspondieron a investigadores de la Facultad Politécnica de la UNA, FP-UNA: Sergio Fernández, Víctor Martínez y Daniel Ríos.

El Premio Nacional de Ciencia 2020 correspondió a la obra “Nuevo control predictivo modulado aplicado a la máquina de inducción de seis fases” de Magno Ayala, de la Facultad de Ingeniería de la UNA. Todos ellos fueron seleccionados conforme al artículo 6° de la Ley N° 1.149/97, por la cual se instituye el Premio Nacional de Ciencia, y el Reglamento Interno de la mencionada Comisión de Cultura. Los galardonados recibieron las distinciones de manos del Presidente de la República, Mario Abdo Benítez, en el Palacio de Gobierno, el 15 de diciembre.

En esta edición, el Jurado del Premio Nacional de Ciencia 2020, estuvo constituido por los siguientes miembros: Ing. Luis Fernando Meyer, Dr. Francisco Santa Cruz, Dr. Esteban Ferro, Dra. Magdalena Rivarola, y la Dra. Fátima Mereles.

## LOS GANADORES DE LA MENCIÓN DE HONOR PREMIO NACIONAL DE CIENCIA 2020

### “Algoritmo de desfragmentación de espectros en redes ópticas elásticas”

Autor principal: Sergio Fernández Martínez  
Coautores: Benjamín Barán, Diego Pinto Roa



*Sergio Fernández Martínez (26)* es Ingeniero en Informática y Máster en Ciencias de la Computación por la Facultad Politécnica de la UNA. Actualmente, se encuentra cursando el Doctorado en Ciencias de la Computación.

*Líneas de investigación: Redes Ópticas*

Este artículo fue elaborado en la Facultad Politécnica de la UNA, en el marco del Programa de Postgrado Doctorado en Ciencias de la Computación de la Facultad y del proyecto de iniciación científica PINV15-34 Redes de comunicación ópticas para altas prestaciones ante incertidumbre de tráfico dinámico, financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - Conacyt. Fue publicado en noviembre de 2019 en la Optical Switching and Networking, una revista especializada en redes ópticas y optoelectrónicas de alta velocidad.

<http://bit.ly/Algoritmodedesfragmentación>



Este año, además de la Mención de honor, también fue galardonado con el Fabio Neri Best Paper Award 2019, otorgado “al mejor trabajo científico del año” por el Optical Switching and Networking Journal de la editorial Elsevier.

Sergio Fernández, el autor principal del artículo, explicó que la investigación “es acerca de una tecnología emergente llamada Redes Ópticas Elásticas (EON por sus siglas en inglés) que, básicamente, busca un mejor aprovechamiento del espectro. A pesar de sus muchas bondades, esta tecnología trae consigo algunos problemas a resolver. Uno de ellos es la Fragmentación del Espectro. En ese contexto, en nuestra investigación estudiamos el estado del arte de los Algoritmos de Defragmentación del Espectro, y propusimos un nuevo algoritmo para tratar este problema”.

En cuanto a la importancia que reviste esta investigación comentó: “La fragmentación del espectro es, básicamente, la presencia de espacios destinados a aceptar nuevas conexiones, que quedan inutilizables debido a las restricciones que impone la tecnología EON. Si este problema no es controlado, todo el propósito de esta nueva tecnología podría perderse. Es allí donde entra nuestra investigación, donde buscamos encontrar la mejor manera de lidiar con la Fragmentación del Espectro, desde un punto de vista algorítmico, de manera a que el espectro pueda ser aprovechado de la mejor manera posible”.

Sobre los principales beneficios de los resultados de esta investigación, explicó: “En primer lugar, realizamos un estudio del estado del arte de los Algoritmos de Defragmentación del Espectro en EON y, luego, propusimos un nuevo algoritmo para tratar el problema. Implementamos todos estos algoritmos, y comparamos sus resultados para detectar cuáles y en qué circunstancias un algoritmo podría tener un mejor desempeño que otro. Estos resultados podrían servir como guía a la hora de la implementación de esta tecnología”.

A la consulta sobre cómo se sentía al recibir una mención tan importante como la que le otorgaron en el Premio Nacional de Ciencia, Sergio respondió: “Luego de un arduo trabajo, es un orgullo muy grande ser reconocido con esta mención, y sirve como motivación para seguir trabajando y apuntar a metas más grandes”.

### “Distribución del estrés torsional entre las regiones no replicadas y ya replicadas de moléculas parcialmente replicadas”

**Autor principal:** Víctor Manuel Martínez Chamorro

**Coautores:** Christian Schaerer, Paulo Hernández, Dora Krimer, Jorge Schwartzman y María José Fernández de Nestosa.



**Víctor Manuel Martínez Chamorro (33)** es Licenciado en Ciencias Físicas (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales), Máster y Doctor en Ciencias de la Computación por la FP-UNA. Ex becario de Conacyt. Es investigador del Grupo de Investigación en Bioinformática (GBi) de la FP-UNA.

**Líneas de investigación:** Ciencias Naturales, Ciencias Biológicas, Biofísica, Topología del DNA

Este artículo fue elaborado en la FP-UNA, en el marco del Programa de Postgrado en Ciencias de la Computación, como requisito para obtener el grado de Doctor en Ciencias de la Computación. Ha sido publicado, en abril de este año, en el Journal of Biomolecular Structure and Dynamics, una revista que aborda temas relacionados con bioquímica, genética y biología molecular.

<http://bit.ly/Distribuciondelestres>



Con respecto a la investigación, Víctor, explicó que: “consiste en la simulación computacional de moléculas circulares de ADN que están en distintas etapas de la replicación. Para lograr esto se modelaron moléculas mediante un modelo denominado wormlike chain que representa a la doble hélice de ADN mediante segmentos regidos impenetrables entre sí. Se encontró el estado de equilibrio termodinámico de estas

moléculas mediante el método de Metrópolis Montecarlo. Además las moléculas simuladas contaban con dos partes, una región no replicada y otra ya replicada, separadas por horquillas de replicación, a las cuales se las dotó de un mecanismo de rotación, el cual a su vez le da a las moléculas simuladas la posibilidad de intercambiar estrés torsional entre ambas regiones”.

Sobre la importancia de la investigación, comentó que: “es necesario comprender cómo estas moléculas distribuyen el estrés torsional, pues como nuestra investigación corroboró, la distribución del estrés torsional está relacionada con la forma que tienen ambas regiones de la molécula. La forma que tiene la molécula afecta e influye en la actividad de ciertas enzimas encargadas de regular la topología del ADN, las topoisomerasas. Las topoisomerasas son necesarias para regular procesos como la replicación ayudando a que, por ejemplo, el ADN se desencadene para separar las copias de material genético que cada célula hija heredará. Las topoisomerasas son el blanco de distintos fármacos anticancerígenos, los cuales buscan evitar la proliferación celular, además de ser utilizadas como agentes antibióticos”.

En cuanto a los principales beneficios de los resultados de esta investigación, dijo que: “mediante esta obra logramos desarrollar un modelo de moléculas de DNA parcialmente replicadas, el cual nos permite estudiar propiedades mecánicas importantes de moléculas que se encuentran en el proceso de replicación. Este trabajo es el primero realizado a nivel mundial de este tipo de moléculas. Por lo pronto, los resultados obtenidos proveen información sobre las propiedades conformacionales de estas moléculas en el estado de equilibrio termodinámico, gracias a lo cual se dispone de información relacionada a la forma de las moléculas replicantes. Esto ayudará a comprender cómo los distintos tipos de topoisomerasas resuelven los problemas topológicos en las moléculas que se encuentran replicando”.

Por último, Víctor Martínez, comentó que, “actualmente el Grupo de Bioinformática está trabajando en un modelo de moléculas replicantes mediante técnicas de Dinámica Molecular, lo cual permitirá no solo mejorar la resolución de los resultados permitiendo comprender las interacciones que hay entre cada nucleótido que compone la molécula de ADN, además, se podrá obtener información sobre la dinámica de estos procesos.

Estas investigaciones de simulación van acompañadas de una parte experimental, en la que se estudia directamente la acción de las topoisomerasas sobre moléculas parcialmente replicadas. Si bien el modelo wormlike chain junto con el método Metrópolis Montecarlo que se utilizaron para representar a las moléculas de ADN simuladas brindaron información importante sobre las propiedades mecánicas de las moléculas circulares durante la replicación, la implementación de técnicas de Dinámica Molecular será gran progreso en la comprensión del proceso de replicación del ADN”.



Foto Archivo FP-UNA

## “Evaluación a largo plazo de los incentivos a la capacidad mediante el modelado de la dinámica de inversión en generación en condiciones de irreversibilidad e incertidumbre”

**Autor principal:** Daniel Ríos

**Coautores:** Gerardo Blanco y Fernando Olsina



**Daniel Ríos Festner** es Ingeniero en Electricidad y Máster en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica por la FP-UNA. Ex becario de Conacyt. Candidato a Investigador PRONII Conacyt. Coordinador del Grupo de Investigación en Sistemas Energéticos (GISE) de la FP-UNA.

**Líneas de investigación:** economía de sistemas de potencia, valuación de inversiones en infraestructura eléctrica de potencia bajo incertidumbre, modelado de sistemas dinámicos, métodos estocásticos, métodos numéricos y análisis de Opciones Reales.

Este artículo fue elaborado en la FP-UNA, en el marco del Programa de Postgrado Maestría en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica. Fue publicado en febrero de 2020 en Energy Policy, una revista que aborda las implicaciones políticas del suministro y uso de energía desde sus aspectos económicos, sociales, de planificación y ambientales.

<http://bit.ly/Evaluaciónalargoplazo>



Sobre la investigación, Daniel Ríos, explicó que: “aborda la problemática de los ciclos de construcción que ha afectado a varios mercados eléctricos a nivel mundial. Estos ciclos ocurren generalmente como resultado de acciones colectivas de los inversionistas, quienes deben lidiar con condiciones de gran incertidumbre al momento de decidir la construcción de nuevos proyectos de generación. Esta incertidumbre, asociada por ejemplo a la tasa de crecimiento de la demanda, determina una situación de riesgo para el inversionista, quien generalmente procura estar seguro de recuperar su inversión antes de tomar la decisión. En ese sentido, se propone un modelo de análisis de la evolución de la capacidad instalada de generación en mercados eléctricos representando la lógica de toma de decisión colectiva de los inversionistas mediante el Análisis de Opciones Reales”.

Con respecto a la importancia que reviste, comentó: “Atendiendo a la problemática de estos ciclos de construcción, quienes administran los mercados eléctricos utilizan incentivos económicos para disminuir la incertidumbre y promover un comportamiento más estable respecto a la construcción de nuevas centrales de generación. No obstante, estos incentivos económicos generalmente son traspasados a los consumidores en términos de una tarifa más cara. Se consigue un comportamiento más estable del mercado pero a expensas de mayor costo de la energía, en otras palabras, existe una relación de compromiso entre la seguridad de suministro y el costo promedio de la energía para los consumidores”.

En cuanto a los principales beneficios de los resultados de esta investigación, dijo: “Mediante este trabajo, se presenta un modelo que, en primer término, reproduce la evolución de un mercado eléctrico típico considerando el proceso colectivo de toma de decisión de los inversionistas bajo incertidumbre. Luego, se analizan dos instrumentos de política pública que, funcionando como incentivos, incrementan la señal de inversión para los inversionistas promoviendo el ingreso oportuno de nuevas centrales de generación.

Con la aplicación de dichos incentivos, se puede comparar los escenarios de aplicación para analizar el impacto en términos de seguridad de suministro (un comportamiento más estable del sistema) versus costo de la energía para los consumidores. Finalmente, la característica más destacada del modelo de prueba desarrollado es su versatilidad pues puede servir como laboratorio de diseño de políticas públicas para calibrar los incentivos requeridos de acuerdo a la situación particular de cada mercado”.

Daniel Ríos expresó que al recibir la Mención de honor, se sintió “Muy reconfortado pues se reconoce el trabajo de la Academia paraguaya para posicionarse a nivel mundial. Además, y mirando los trabajos galardonados, se reconoce la diversidad de áreas de impacto de los colegas, todas importantes para abordar problemáticas acuciantes de nuestro país. En ese sentido, el reconocimiento es muy alentador pues refleja la intención del Estado paraguayo de crear un vínculo con los investigadores, con el fin de utilizar los resultados para incidir en políticas públicas en beneficio del país”.

Agregó, por último, que aprovecha la oportunidad para “Agradecer y felicitar a mis colegas del GISE, pues sin el ambiente de trabajo existente, la ayuda mutua y la colaboración profesional, no se pueden concretar los altos objetivos que nos proponemos. También agradecer a la FPUNA por el apoyo constante a los investigadores y por facilitar condiciones para desarrollar los trabajos de investigación, sean estos Proyectos, Programas de Maestría, etc. Éste, también es un reconocimiento dedicado a todo el gran equipo humano de nuestra querida Facultad”.



Foto Gentileza.

## GALARDONADOS DE LA FP-UNA EN EDICIONES ANTERIORES

**Premio Nacional de Ciencia 2018**

“*Virtual Machine Placement for Elastic Infrastructures in Overbooked Cloud Computing Datacenters under Uncertainty*”, traducida al español como: “Ubicación de Máquinas Virtuales para Infraestructuras Elásticas en Centros de Datos de Computación en Nube bajo Incertidumbre”, de **Fabio López Pires**, Benjamín Barán, Leonardo Benítez, Saúl Zalimben y Augusto Amarilla.

**Mención de honor. Premio Nacional de Ciencia 2018**

“*Human Papillomavirus (HPV) Genotypes in Condylomas, Intraepithelial Neoplasia, and Invasive Carcinoma of the Penis Using Laser Capture Microdissection (LCM) – PCR*”; traducida al español como: “Genotipos del virus del papiloma humano (VPH) en condilomas, neoplasias intraepiteliales y carcinomas invasivos del pene empleando la Microdissección por Captura Láser (LCM) –PCR, de **María J. Fernández- Nestosa**, Nuria Guimerá, Diego F. Sánchez, Sofía Cañete, Elsa F. Velázquez, David Jenkins, Wim Quint y Antonio Cubilla.

**Mención de honor. Premio Nacional de Ciencia 2012**

“*Diseño Multi-Objetivo de Redes Ópticas WDM, un enfoque basado en los algoritmos evolutivos*”, de **Diego Pinto Roa**, Benjamín Barán y Carlos Brizuela

**Premio Nacional de Ciencia 1996**

“*Parallel Asynchronous Team Algorithms: Convergente and performance analysis*”, de **Benjamín Barán**.

# 10 AÑOS DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN SISTEMAS ENERGÉTICOS



M.Sc. **Daniel Ríos**  
Coordinador del GISE

*En 2020 nos toca celebrar 10 años de existencia como equipo. Aprovechamos para reflexionar sobre el camino recorrido y renovar el compromiso para encarar los desafíos que se vienen en los próximos años, haciendo honor a nuestro lema: “Ciencia para el Desarrollo con Energía”.*

**UN POCO DE HISTORIA**

Lic. **Dahiana Zorrilla**  
Responsable de la Secretaría del GISE

El Grupo de Investigación en Sistemas Energéticos, GISE, nace en el año 2010 a iniciativa del Dr. Gerardo Blanco y con el apoyo del Prof. Abel Bernal, entonces Decano de la FP-UNA, el Prof. Teodoro Salas, Vicedecano, el Prof. Mariano Bordas, Director de Investigación, Postgrado y Extensión, y el Prof. Fabián Cáceres, Director de la Carrera de Ingeniería en Electricidad. Ese año, el Dr. Blanco, Doctor en Ingeniería Eléctrica recién egresado de la Universidad Nacional de San Juan, Argentina, regresó a nuestro país con una mochila cargada de sueños y proyectos, pero más que nada, con ansias de contribuir con su país. Precisamente, el GISE se concibe con la visión de contribuir con generación y consolidación de la masa crítica intelectual, necesaria para el crecimiento del sector energético nacional e internacional, complementando la formación profesional básica con prácticas vinculadas a la identificación y análisis de problemas, desarrollo de soluciones y divulgación de resultados en un ámbito científico-académico. De manera a cumplir con esta visión, las investigaciones del GISE se organizan según tres ejes transversales: Estrategia, Política y Planificación Energética; alineados detrás de la Iniciativa Paraguay 2023: UNA Visión de Desarrollo, la cual se mantiene vigente hasta la actualidad.

Como primer paso, el Dr. Blanco decidió conformar el grupo de investigación reclutando a jóvenes de la carrera de Ingeniería en Electricidad que deseaban hacer su trabajo final de grado. Así, los primeros investigadores del GISE, además del propio Dr. Blanco, fueron Estela Riveros, Javier Amatte, Félix Fernández, Manuel García, Alexander Aguilera, Sonia López, Fernando Agüero y José Barquinero. Producto del trabajo de esta primera generación, el GISE comienza a cosechar sus primeros frutos: los primeros egresados del grupo en Ingeniería en Electricidad, las primeras presentaciones en Congresos Nacionales (2012), el primer Workshop del GISE (2012), el primer premio en un Concurso Internacional (2012), y la primera publicación en una revista indexada (2013).

## CONSOLIDACIÓN DE ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN

Hoy el GISE está compuesto por catorce personas con vinculación permanente en la FP-UNA, a quienes se suman los jóvenes investigadores y colaboradores nacionales e internacionales en más de 6 países del mundo. La labor del grupo se sustenta en el desarrollo de líneas y proyectos de investigación, en línea con los ejes transversales y la Iniciativa Paraguay 2023: UNA Visión de Desarrollo. Como fruto de estas actividades, el GISE acumula 16 artículos científicos publicados en revistas indexadas y 172 presentaciones congresos nacionales e internacionales. Asimismo, al día de hoy el GISE ha promovido 14 proyectos de investigación, 4 culminados y 10 en marcha, además de 1 programa de maestría cofinanciado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de nuestro país. Estas posibilidades de financiamiento adicional complementan el apoyo de la FP-UNA, pues permiten la disponibilidad de recursos para presentación de trabajos a nivel nacional e internacional, estancias de investigación en universidades del extranjero, y la visita de expertos desde el exterior.

Como productos del GISE, también cabe destacar dos trabajos reconocidos como Contribución Técnica Destacada en el Seminario del Sector Eléctrico Paraguayo, los dos en 2014 y 2016, respectivamente; un trabajo reconocido como mejor póster en la Conferencia de Sistemas Complejos en 2018; y un trabajo con Distinción de Honor en el marco del Premio Nacional de Ciencias 2020, otorgado por el Congreso Nacional de Paraguay.

Al mismo tiempo, el GISE realiza su workshop bienal de modo a divulgar los trabajos que realiza. Este workshop cuenta con la participación de expertos nacionales e internacionales. Hasta el momento, el Workshop del GISE se desarrolló en las ediciones 2012, 2014, 2016 y 2018.

“ Buscando fortalecer su carácter multidisciplinario, en 2018 el GISE lanzó un programa de pasantías que atrajo a estudiantes y graduados de diversas disciplinas, carreras y unidades académicas



Fotos Archivo FP-UNA.



Fotos Archivo FP-UNA



## APOYO A LA FORMACIÓN DE MASA CRÍTICA

A la par, y conforme a lo establecido en su visión, se promueve la formación de la masa crítica de sector energético, comenzando con el equipo permanente del GISE mediante cursos de capacitación, seminarios, talleres, participación en paneles nacionales e internacionales, y la realización de estudios de postgrado. Además, se ofrece un constante apoyo a las “inferiores”, quienes son estudiantes que realizan sus pasantías de investigación y tesis. Cabe destacar que el GISE también alberga a estudiantes internacionales, lo cual también debe ser considerado como un hito en la historia del grupo, ya que muchos de los estudiantes que eligen realizar sus estancias de investigación provienen de casas de estudio de primer nivel.

Buscando fortalecer su carácter multidisciplinario, en 2018 el GISE lanzó un programa de pasantías que atrajo a estudiantes y graduados de diversas disciplinas, carreras y unidades académicas, tanto de la UNA como universidades privadas, quienes desarrollaron un programa incentivo de iniciación a la investigación y contribuyeron al enriquecimiento de las líneas de investigación del grupo a través de sus numerosas conocimientos específicos y la colaboración interdisciplinaria. Fruto de este programa, diez nuevos investigadores se incorporaron al GISE como miembros de la Red de Jóvenes Investigadores en Energía y Desarrollo (JIED), ampliando así la masa crítica a nivel nacional. En resumen, al día de la fecha el GISE ha participado activamente en el desarrollo de tutoría de trabajos finales de grado y postgrado tanto a nivel nacional (FP-UNA y unidades académicas de la UNA, así también universidades privadas) como internacional (destacadas universidades en el ámbito de investigación), arrojando los siguientes números:



\* Datos recopilados desde 2010 al 2020

## POSICIONAMIENTO COMO REFERENTE

En 2014, producto de un crecimiento sostenido, el GISE tuvo la oportunidad de comenzar a posicionarse como referente técnico y académico para tomadores de decisión de nuestro país. El desafío, sin dudas gigantesco, marcaría un antes y un después en la historia del grupo, pues implicaba la prestación de asistencia técnica en la elaboración de la primera (y única, hasta el momento) POLÍTICA ENERGÉTICA DE LA REPÚBLICA DEL PARAGUAY. Gracias a la experiencia acumulada, y luego de ganar un concurso donde participaron otras renombradas consultoras internacionales, el GISE inició los trabajos de asistencia técnica a la institución oficial encargada de las políticas públicas del sector energético de nuestro país, el Viceministerio de Minas y Energía (VMME), con financiamiento de Itaipú Binacional. Estos trabajos se prolongaron por casi dos años, y la Política Energética “Paraguay 2040” fue adoptada oficialmente por el Gobierno Nacional mediante el Decreto 6092/2016. De hecho, el aporte del GISE y de la FP-UNA consta en el texto de dicho Decreto.

Gracias a su rol en la formulación y adopción de la Política Energética, el GISE ha cultivado relaciones interinstitucionales y ha estrechado además vínculos con organizaciones referentes en la región y el mundo, quienes consideran al GISE como una voz calificada en los temas del sector energético. Este posicionamiento ha apuntalado la socialización del trabajo insignia del GISE, la Iniciativa Paraguay 2023: UNA Visión de Desarrollo, impulsado por el advenimiento de la Revisión del Anexo C del Tratado de Itaipú, prevista para 2023, y la causa nacional instalada en el imaginario colectivo nacional respecto a las oportunidades de desarrollo de Paraguay. En ese sentido, el GISE ha asumido el rol no sólo de difundir los trabajos científicos elaborados durante los últimos 10 años, sino también de articular a los interlocutores y facilitar el debate con miras a la construcción de consensos nacionales. En ese sentido, el GISE está involucrado en las siguientes acciones y espacios:

- Foro Energético “Paraguay 2040” – Convenio Itaipú Binacional, FP-UNA y CRECE
- Comisión Asesora Ad honórem para la Revisión del Anexo C del Tratado de Itaipú del Ministerio de Relaciones Exteriores
- Equipo Negociador para la Revisión del Anexo C del Tratado de Itaipú de la Presidencia de la República

## COMPROMISO CON LA EXCELENCIA

Históricamente, el GISE se ha caracterizado por su multidisciplinariedad, en línea con la propia identidad de la FP-UNA, naturalmente abierta al intercambio entre disciplinas para construir el futuro. Desde sus inicios con énfasis en la ingeniería eléctrica, el GISE fue incorporando con los años investigadores permanentes y asociados de diversas disciplinas, incluyendo ingenierías, como ingeniería electromecánica e ingeniería en sistemas de producción; ciencias naturales, como física, biología, y agronomía; ciencias sociales, como economía, ciencias políticas, y política energética; y comunicación, gestión de proyectos y administración. Consideramos que esta diversidad es nuestra fortaleza, y nos permite maximizar la contribución tanto académica como en políticas públicas, fomentando un entendimiento holístico de los problemas del sector. Finalmente, nos une la pasión por lo que hacemos y por la posibilidad de que, mediante nuestro trabajo, contribuyamos a la construcción del futuro de nuestro país, desde el sector energía, con seriedad, rigurosidad, y excelencia.

## ASPECTOS RESALTANTES, LOGROS ALCANZADOS. 20 AÑOS DEL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO “PROF. ALEXIS TROCHE BOGGINO”

*En este Artículo se presenta los antecedentes que llevaron a la creación del Observatorio Astronómico “Prof. Alexis Troche Boggino” y un compendio de las actividades de investigación y publicación en revistas especializadas de astronomía, así como también las principales actividades de divulgación y educación realizadas durante los 20 años de funcionamiento del Observatorio Astronómico de la Facultad Politécnica de la Universidad Nacional de Asunción*



**MSc. Fredy Doncel Invernizzi**  
Director del Departamento de Física FACEN-UNA  
Ex-encargado del Observatorio Astronómico FP-UNA



**MSc. José María Gómez**  
Profesor Asistente Departamento de Física FACEN-UNA, Máster en Astronomía y Astrofísica  
Encargado del Observatorio Astronómico FP-UNA

### INTRODUCCIÓN

Uno de los eventos astronómicos más importantes para nuestro país fue sin duda alguna el Eclipse Total de Sol que se pudo observar desde nuestro país. El 03 de noviembre de 1994, el eclipse sería visto desde el Paraguay. Este evento astronómico propiciaría la venida al Paraguay de aproximadamente 90 personas de la Universidad de Meisei Japón, quienes identificaron que el Paraguay sería uno de los lugares más prometedores para observar dicho fenómeno. En ocasión del evento se organizó en la Universidad Nacional de Asunción, lo que se denominó como El Foro del Eclipse total del Sol, organizado por el Prof. Alexis Troche Boggino. Los japoneses querían identificar el Observatorio Astronómico del país para poder observar dicho fenómeno astronómico, pero se encontraron de que el país no contaba con ninguno a excepción del observatorio particular del Señor Parini en Areguá.

Este evento sirvió como empuje como para que el Paraguay contase con el primer observatorio astronómico profesional. Se dieron entonces las tratativas (mediante las gestiones previas del Dr. John R. Percy por entonces presidente de la Comisión 46 de Educación de la Internacional Astronomical Union IAU) para que la Universidad Nacional de Asunción alojara el primer Observatorio Astronómico, que sería donado por el Gobierno de Japón a Paraguay. En 1997 se concreta la donación por parte del Gobierno de Japón del primer telescopio profesional para el país. En octubre de 1999, se inicia el programa de especialización en astronomía del físico Fredy Doncel Invernizzi en el Observatorio Astronómico de Nishi Harima, localizado en Sayo Town en la Prefectura de Hyogo en Japón, mediante la financiación por parte de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) por sus siglas en inglés. En marzo de año 2000 llega al país el Ingeniero Shibahara de la compañía GOTO Co., fabricante del telescopio quien fue el responsable de su puesta en funcionamiento.



Alexis Troche (centro) en compañía del Dr. Takeshi Noguchi (izq.) y demás miembros de la comitiva japonesa en una jornada de observación. Fotos Archivo FP-UNA.



Dr. Eijiro Hiei recibiendo el Doctorado Honoris Causa de la UNA por su contribución al proyecto del observatorio y el Prof. Abel Bernal por entonces Decano del a FP-UNA. Fotos Archivo FP-UNA.

El 06 de junio del año 2000 se inaugura en el predio de la FP-UNA encargada de la construcción del edificio, el primer observatorio profesional que lleva como denominación el nombre del Prof. Alexis Troche Boggino, en reconocimiento a la labor realizada por el mencionado educador y científico para el desarrollo de las ciencias astronómicas en el país y que formó parte del Comité 46 de Educación de la Unión Astronómica Internacional (IAU), en representación de Paraguay.

El comité local para el proyecto estuvo integrado por: Darío Zárate Arellano (Rector UNA), Prof. Abel Bernal (Decano, FP), Prof. Ing. Teodoro Salas (Vice Decano, FP), Ing. Carlos Montero (Encargado de Obras FP), Ing. Darío Brún (Director de Ciencia y Tecnología FP) y el mencionado Prof. A. Troche (Gestor del Proyecto).

La inauguración contó con la presencia del Presidente de la República del Paraguay Luis Ángel González Macchi, el entonces Rector en ejercicio de la Universidad Nacional de Asunción Prof. Dr. Raúl Battilana Nigra, (cabe destacar las gestiones previas e insistentes del Rector Berganza,), el Decano de la Facultad Politécnica Prof. Máster Abel Bernal Castillo, el Prof. Alexis Troche Boggino e invitados especiales. La inauguración fue transmitida por la televisión japonesa, que vinieron exclusivamente para el evento.

Posteriormente en el año 2002, a través de un Programa de Voluntarios Senior de la JICA, llegó al país el Prof. Takeshi Noguchi, para trabajar en el Observatorio astronómico a fin de apoyar el trabajo en el área de investigación, en la observación de estrellas variables mediante la cámara CDD y el fotómetro fotoeléctrico acoplados al telescopio reflector Cassegrain de 45cm de apertura. En el año 2005, siguiendo con el programa de cooperación de la JICA llega al país el Sr. Takashi Momiyama quien continuó realizando observaciones y estudios con estrellas variables hasta principios de marzo de 2006, que era la línea de investigación que se estaba siguiendo en el observatorio Astronómico.

En el año 2006 se incorpora al staff del observatorio, el físico Lic. José María Gómez.

## Trabajos de Publicación en revistas especializadas en Astronomía, Astrofísica y revistas científicas nacionales

El primer trabajo de investigación fue publicado en 2004 con el título de CCD photometry of KZ Hya using de 45-cm telescope in Paraguay con autoría de F. Doncel, A. Troche y Takeshi Nogushi (Publicado en *Astrophysics and Space Science*. Vol. 290, pag 399-408, Año 2004. ISSN/ISBN: 0004-640X. Holanda). En este trabajo se sugería un posible cambio en el periodo de la estrella variable KZ Hya, habiéndose estudiado 12 máximos en su curva de luz.

A esto siguió otros trabajos también importantes como el "Charon: size and constraints on the atmosphere from stellar occultation" publicado en 2006, trabajo realizado en cooperación con observatorios de diversos países del mundo (B. Sicardy; F. Doncel; T. Momiyama; A. Belluci; E. Gendron; et al. *NATURE*, v 439, pag. 52-54, Año 2006. ISSN/ISBN: 0028-0836. London.)

En 2010 se publica *Period Study and Secondary Maximum of KZ Hya* ( Fredy. Doncel; T. Momiyama. *Astrophysics and Space Science*, v. I, pag. 164-174, Año 2010. ISSN/ISBN: 0004-640X. Berlin).

Resaltamos la participación en estos artículos del astrónomo japonés Takashi Momiyama, quien se desempeñó como senior de la JICA durante su estadía de cerca de dos años en el Paraguay trabajando para el observatorio astronómico de la FP-UNA.

También es importante destacar las publicaciones en las revistas científicas locales, como en 2018 cuando se publica en la revista *Reportes Científicos de la FACEN* el trabajo titulado *Estudio Multifrecuencia de la Galaxia IZw18* (Gómez, José María and Kehrig, Carolina. *Rep. cient. FACEN*, Dic 2018, vol.9, no.2, p.88-98. ISSN 2222-145X) donde se ha utilizado la base de datos de las grandes misiones espaciales como la Misión GALEX (Galaxy Evolution Explorer), Misión WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer) y proyectos terrestres como el SDSS (Sloan Digital

Sky Survey), 2MASS (Two Micron All Sky Survey), modernas herramientas de procesamiento de imágenes y códigos de modelado de galaxias como el GRASIL (Silva, L.2009).

Este trabajo constituye un ejemplo de la utilización de la base de datos astronómicas para la realización de la investigación en astrofísica en el país a relativamente bajo costo, así como un trabajo de introducción en la era del Big Data Astronomy y la utilización de herramientas del Virtual Observatory (Observatorio virtual).

En 2019 se publica en la mencionada revista el trabajo *Predicción completa del ciclo solar 24* mediante el método combinado (Gómez, José María and Doncel, Fredy. *Rep. cient. FACEN*, Jun 2020, vol.11, no.1, p.3-9. ISSN 2222-145X) donde se materializa el esfuerzo de cuatro años de toma de datos de la actividad solar mediante el registro de manchas solares realizada con el telescopio catadióptrico MEADE DE 20,3 cm de apertura y la utilización de las técnicas actuales de predicción de la actividad solar.

Mencionamos que en 2018 se ha presentado al CONACYT el proyecto titulado *Utilización del Observatorio Virtual para la Búsqueda de enanas marrones (PINV18-992)*, este proyecto está sujeto de aprobación para la obtención de fondos para su ejecución y es una muestra del empeño realizado en la ardua tarea de mantener con vida la investigación en esta disciplina en el país.

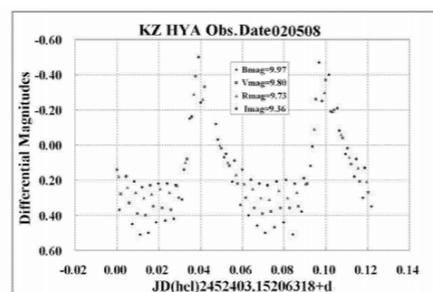
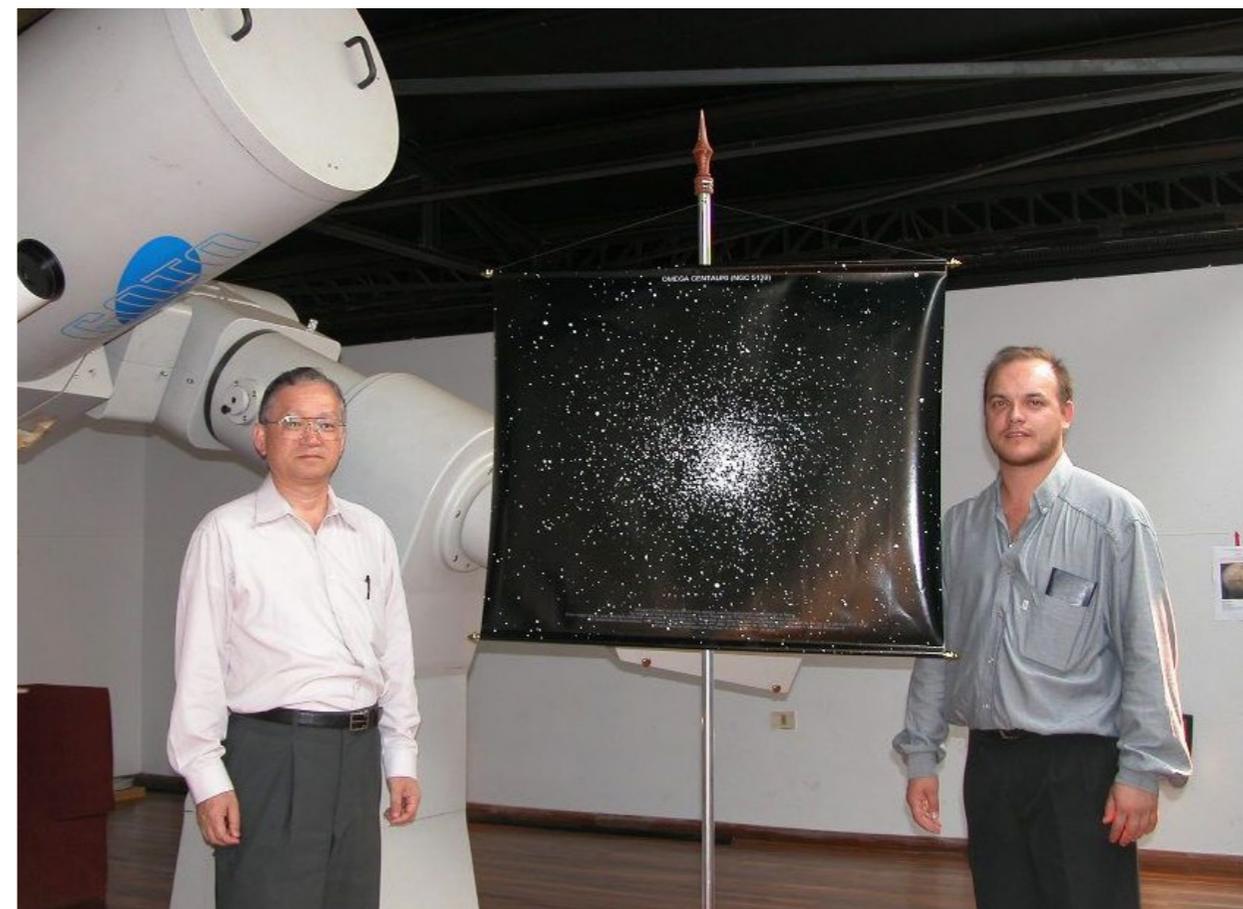


Figure 4. The observation of CCD photometry of the KZ Hya with BGR colours which were made on the night of 8 May, 2002.

Primeros resultados de la observación fotométrica de la estrella variable KZ Hya. Fuente: <http://articles.adsabs.harvard.edu/pdf/2004UNPSA..15...29D>



Takashi Momiyama y Fredy Doncel con un póster astrofotográfico en 2005. Foto Archivo FP-UNA.

## Trabajos de enseñanza en cooperación con la IAU

En 2010 se recibe la visita de los reconocidos astrónomos Dr. John Hearnshaw (Sudáfrica) actual Vice-Presidente de la Unión Astronómica Internacional (IAU) por sus siglas en inglés y del Dr. Hugo Levato (Argentina) quienes en reunión con el entonces Decano de la FP-UNA Prof. Abel Bernal firmaron un acuerdo de cooperación en el marco del proyecto Red para la Enseñanza de la Astronomía en la Escuela (NASE) por sus siglas en inglés de la Comisión 46 de Educación de la IAU.

Tales así que en el 2011 se lleva a cabo con éxito el Primer curso de Astronomía para Docentes de primaria y secundaria en co-organización con la FACEN-UNA. Este evento contó con la participación de las destacadas astrónomas y educadoras Dra. Rosa Ros de España (Presidente de NASE), Dra. Beatriz García (Vicepresidente de NASE) y Dra. Viviana Sebben, estas últimas de la República Argentina en calidad de instructoras y co-organizadoras. A este curso siguieron otros en los años sucesivos entre los que se destacan el realizado en la ciudad de Villarrica en 2016 que tuvo el honor de ser reconocido como el Mejor curso NASE 2016, este premio fue instituido por el grupo NASE-IAU y constituye un reconocimiento a la labor educativa realizada en el observatorio en el contexto de este curso de carácter internacional organizado en todo el mundo.

También merece la pena mencionar los cursos realizados en Caacupé en 2018, Encarnación 2019 (En cooperación con el MEC) y el último curso realizado en la ciudad de Fernando de la Mora en formato virtual como consecuencia de la pandemia generada por el COVID-19.



José Gómez junto con docentes durante el curso NASE realizado en la ciudad de Encarnación, Itapúa en 2019.

Foto Gentileza.



Reloj solar analemático realizado en ocasión de la inauguración de la ETyC 2017.



Reloj solar vertical ubicado en frente del observatorio desde 2019.

En este marco de trabajo se han construido dos relojes solares: Reloj Solar Analemático terminado en formato pintura para la Exposición Tecnológica y Científica ETyC 2017 y el Reloj Solar Vertical actualmente en funcionamiento en frente del observatorio con una escultura metálica en forma de dragón como ornamento. Paralelamente se han generado materiales didácticos que explican el proceso de construcción de los mencionados relojes y que están disponibles en la página web de NASE-IAU (<http://sac.csic.es/astrosecundaria/es/Presentacion.php>).

A todo esto, se suma la participación del observatorio en los proyectos internacionales IAU-UNESCO como el Día Internacional de la Luz, La tierra paralela. Estos proyectos consisten en la realización de experimentos educativos que son compartidos de manera global e intentan resaltar aspectos del estudio de la ciencia como el fenómeno de la luz, las estaciones del año y otros.

### Divulgación, atención al público y actualidad

Sin duda alguna uno de los eventos astronómicos más importantes que se dio después de la instalación del telescopio reflector Cassegrain de 45cm en el observatorio astronómico, fue la observación del acercamiento del planeta Marte a la Tierra que se dio en fecha 27 de agosto del año 2002. En aquella oportunidad pasaron por el observatorio astronómico más de 1200 personas en una sola noche de observación. El máximo acercamiento del planeta Marte se dio después de 60 años y sin duda representó un evento memorable para el observatorio Astronómico.

Estas dos décadas ininterrumpidas han servido para acercar la astronomía y sobre todo la contemplación de la naturaleza a miles de ciudadanos nacionales y extranjeros de todas las edades, formación y procedencia.

Actualmente mediante un enlace web se puede acceder a tutoriales para el uso de herramientas para el aprendizaje de la astronomía y astrofísica. Además, el público en general puede acceder mediante el mencionado enlace a toda la información

de relevancia sobre las actividades realizadas en el observatorio. Desde 2016 se tiene una estadística actualizada sobre los visitantes del observatorio.

Utilizando los medios sociales de comunicación de la institución se mantiene informado a la comunidad educativa y al público en general de la ocurrencia de fenómenos como ser eclipses, ocultaciones, conjunciones y tránsitos, como el pasado eclipse parcial de sol del 14 de diciembre, la conjunción de Júpiter y Saturno del cercano solsticio de verano.

Se han incorporado en el 2020 al staff del observatorio los profesores MSc. Norma Silguero, Lic. Reinaldo Gaona y MSc. Carlos González. Siendo la primera actividad concretada con su participación: la creación del Blog de Astronomía en donde se exponen temas de interés relacionado al área

### CONCLUSIÓN

Considerando las palabras del Prof. Alexis Troche “Profesores y estudiantes de la U.N.A y otras universidades [...] deben tener la oportunidad para ser entrenados en el uso del telescopio [...] También los maestros y estudiantes jóvenes de los niveles primario y secundarios deben tener oportunidad de recibir un entrenamiento básico en astronomía”. Agregó además “Un posible resultado de esta idea es desarrollar una red de observatorios que son útiles para la investigación sobre el Sol, Estrellas Binarias y Variables, y de los cuerpos pequeños del sistema solar a través del mundo”.

Por tanto, podemos apreciar de todo lo expuesto en este artículo que los objetivos principales de la construcción del observatorio astronómico han sido alcanzados de manera satisfactoria a lo largo de estos 20 años. A partir de ahora debe continuar el compromiso de esta dependencia en seguir impulsando el desarrollo de la astronomía en el país tanto a nivel educativo, divulgativo, cultural, así como en el plano científico.

Todo esto será posible con el compromiso permanente de autoridades y directivos de esta prestigiosa casa de estudios para poder así seguir haciendo realidad el eslogan del observatorio “Desde el cielo a la mente y desde ella hasta el infinito” de posibilitar a las personas la observación del firmamento y con ello el entendimiento cada vez mayor de la naturaleza.

### BIBLIOGRAFÍA

Troche Boggino, A.E. (1999). Memorando al Presidente de la República L.A González Macchi. Solicitud de visto bueno. Archivo del Observatorio.

Troche Boggino, A.E. (1998). Centro de Astronomía para el Paraguay. Una búsqueda de un telescopio de tamaño moderado. Paraguay: Mombe.urá del Sistema Universitario de comunicación.

Troche Boggino, A.E. (2001). Experience in Developing an Astronomy Program in Paraguay. Cambridge, U.K. Astronomy for developing countries. IAU Special Session at 24 General Assembly. Consultado el 17 de diciembre del 2020. Disponible en: <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/>

NASE IAU Web page. (2020). Consultado el 12 de diciembre del 2020. Disponible en: <http://sac.csic.es/astrosecundaria/es/Presentacion.php>

FP-UNA Web page. (2020). Consultado el 12 de diciembre del 2020. Disponible en: <https://www.pol.una.py>

UNA Web page. (2020). Consultado el 18 de diciembre del 2020. Disponible en: <https://www.una.py/la-universidad/institucional/resena-historica>.

Astrophysics Data Center.(2020). Consultado el 18 de diciembre del 2020. Disponible en: <https://ui.adsabs.harvard.edu>

# LA LEY DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA COMO INSTRUMENTO DE ACCOUNTABILITY SOCIAL DENTRO DE LAS INSTITUCIONES PÚBLICAS DEL PARAGUAY



**Christian Insfrán Chenú**

Magister en Administración  
Pública por la Universidad de  
Buenos Aires  
Ingeniero en Marketing por la  
FP-UNA  
Responsable de acceso a la  
información pública de la FP-UNA  
Docente del Departamento de  
Tecnología de Producción de la  
FACEN-UNA

## El Acceso a la Información Pública en el Paraguay

La Ley N°5282/2014: “de libre acceso ciudadano a la información pública”, sancionada y promulgada en el año 2014, fue una iniciativa del Poder ejecutivo y contó con un gran apoyo del oficialismo, así como de la oposición dentro de ambas cámaras del Congreso Nacional. Su principal fin es: “garantizar a todas las personas, el efectivo ejercicio del derecho al acceso a la información pública, a través de la implementación de las modalidades, plazos, excepciones y sanciones correspondientes, que promuevan la transparencia del Estado”, según su artículo N°1.

En materia de transparencia gubernamental, esta fue la primera ley a nivel nacional que garantiza a los ciudadanos el libre acceso a los datos del gobierno, los cuales incluyen a los distintos poderes, instituciones descentralizadas y autónomas, así como también empresas públicas, entidades binacionales y empresas con una mayoría de acciones de propiedad del estado. La Ley en cuestión define a la información pública como: “Aquella producida, obtenida, bajo control o en poder de las fuentes públicas, independientemente de su formato, soporte, fecha de creación, origen, clasificación o procesamiento, salvo que se encuentre establecida como secreta o de carácter reservado por las leyes”.

Como primera instancia para el cumplimiento del acceso a la información pública, la ley 5282/2014 establece la obligatoriedad de la difusión de los datos públicos a través de cada dependencia o institución perteneciente al estado. “La información pública estará sometida a la publicidad y las fuentes públicas están obligadas a prever la adecuada organización, sistematización, informatización y disponibilidad para que sea difundida en forma permanente, a los efectos de asegurar el más amplio y fácil acceso a los interesados”. A partir del año 2015 una gran mayoría de instituciones públicas cumplían con este requisito de la ley, esto a través de la publicación de datos genéricos (nómina de funcionarios, presupuestos anuales, contrataciones públicas) en sus respectivas páginas web.

Para la aplicación de la Ley de acceso a la información pública dentro del estado y en todos sus niveles, se establece la creación de un órgano competente por parte de las diferentes fuentes públicas. Son funciones de estos órganos: recibir las solicitudes de información pública, así como orientar y proveer de asistencia al solicitante.

## Accountability

Se podría definir al accountability como el proceso de rendir cuentas a un superior sobre las acciones realizadas con cierto presupuesto previamente asignado o entregado. Sin embargo, nuevas visiones y aproximaciones definen al accountability como el hecho de ser responsable de lo que haces y poder dar una razón satisfactoria para ello.

Con respecto al accountability vertical, el mismo implica la existencia de un agente de control social externo: principalmente el electorado. Las elecciones representan una instancia de control anclada en la sociedad, que brinda a los ciudadanos el derecho de castigar o recompensar periódicamente a los representantes electos con su voto. Sin embargo, este premio o castigo solo se realiza una vez cada cierto periodo de tiempo. En el tiempo que transcurre entre una elección y otra no existe accountability por parte de la sociedad o grupo externo al estado o gobierno.

Por otro lado, el accountability social es un mecanismo de control vertical, no electoral, de las autoridades políticas basado en las acciones de un amplio espectro de asociaciones y movimientos ciudadanos, así como en acciones mediáticas. Diversos autores afirman que las acciones de estos actores tienen por objeto monitorear el comportamiento de los funcionarios públicos, exponer y denunciar actos ilegales de los mismos, y activar la operación de agencias horizontales de control. El accountability social puede canalizarse tanto por vías institucionales como no institucionales.

Como ejemplos de accountability social se pueden citar: las acciones legales o los reclamos ante los organismos de supervisión, las movilizaciones sociales y las denuncias mediáticas, orientadas usualmente a imponer sanciones simbólicas.

El accountability social se apoya en el accionar de sectores organizados de la sociedad civil y de los medios, interesados y con capacidades para ejercer influencia sobre el sistema político y las burocracias públicas”. A partir de estos conceptos introducidos, se pueden visualizar nuevos actores (ONGs, movimientos sociales, organizaciones mediáticas) que ejercen fuerza en el control de los gobiernos, además de las ya existentes instituciones electorales y constitucionales. Una de las ventajas del accountability social frente al vertical es que el mismo puede accionarse o utilizarse en cualquier momento del ciclo electoral, sin la necesidad de elecciones y calendarios electorales como es el caso del accountability vertical.

Para el accionar de mecanismos de control por parte del accountability social, el mismo podría utilizar métodos de control ejercidos por el accountability horizontal, esto a través de la presión ejercida por los actores sociales a los funcionarios y oficiales encargados de ejercer el control desde las diferentes instituciones cuya principal función es la rendición de cuentas. En el caso del Paraguay este control horizontal es ejercido por la Contraloría General de La República.



## Aportes de la Ley N°5282/2014 “de acceso a la información pública” al accountability social

El accountability social se ha constituido y promovido como una nueva alternativa para monitorear y controlar las acciones de funcionarios públicos, tanto a los designados como a los elegidos popularmente. En efecto, se trata de “un mecanismo de control vertical, no electoral, de las autoridades políticas basado en las acciones de un amplio espectro de movimientos ciudadanos, así como también en acciones mediáticas.

### Para el correcto funcionamiento de los mecanismos de accountability social se debe identificar los siguientes elementos:



La labor de estas organizaciones puede conducir de modo ideal al establecimiento de organizaciones paralelas de “vigilancia social”, como ya está empezando a ocurrir en el Paraguay.

Los diferentes sectores que podrían ser o ya son beneficiados por la ejecución de la ley de acceso a la información pública encontrarán en el mismo una herramienta a través de la cual podrán ampliar la cantidad de datos e información para el correcto ejercicio de accountability. Por ejemplo, beneficia en gran manera a los medios de prensa tradicionales, de investigación y alternativos, los cuales informan con datos más certeros acerca de las posibles malas prácticas dentro de la administración pública. Se benefician también los grupos sociales con sus demandas específicas las cuales podrán sustentar con información fidedigna.

Una de las principales herramientas con la que cuenta la sociedad civil a través de la Ley de acceso a la información pública es la obligatoriedad que demanda la ley a todas las instituciones públicas para la publicación de datos específicamente referenciando listas de funcionarios y salarios, divulgación de planificación y ejecución presupuestaria, así como también la publicación de organigramas administrativos y normas vigentes dentro de cada institución. Con estos datos, aunque limitados, es posible realizar investigaciones acerca del funcionamiento interno de las instituciones y estos mismos podrían ser utilizados por diferentes ONGs dedicadas a la investigación en los campos de la economía y la administración pública Paraguay. Con el procesamiento de estos datos es posible identificar datos faltantes que también pueden ser solicitados invocando la ley en estudio, y de esta forma se podrían identificar prácticas fuera de la ley para su correspondiente denuncia.

Si bien la ley expresa que todos los datos generados dentro de una institución pública deben ser de libre acceso para todas las personas, en la práctica esto no sucede aun debido a la limitación administrativa y la burocracia estatal. Es importante entonces focalizar los esfuerzos por parte de la sociedad en el fortalecimiento de los sistemas y las tecnologías que podrían ayudar a que el acceso sea en realidad para todos, estableciendo como base la inclusión de todos los sectores.

Uno de los principales desafíos con respecto a la información pública para el ejercicio del accountability es el trabajo coordinado de diferentes actores que se debe desarrollar, pasando por las organizaciones sociales con sus respectivos reclamos, los diferentes medios de prensa, las organizaciones dedicadas a la investigación y el desarrollo de la gestión pública y la sociedad en general que es el centro o de donde nace el accountability social. Es de gran necesidad la difusión de toda la información producida a partir de los datos públicos por los actores y no solo la que proviene de las instituciones. Cuanto más conjuntamente se trabaje en estos ámbitos mejor y más información se producirá.

## BIBLIOGRAFÍA

Bandeira P. (2013). El fortalecimiento de las instituciones públicas en América Latina: situación actual y retos. Madrid: (CECOD).

Congreso Nacional de la República del Paraguay. Ley N° 5282/2014: de libre acceso ciudadano a la información pública y transparencia gubernamental del Paraguay. Disponible: [http://informacionpublica.paraguay.gov.py/public/ley\\_5282.pdf](http://informacionpublica.paraguay.gov.py/public/ley_5282.pdf)

Corte, L. (2014) El acceso a la información pública en el Paraguay. Poder Judicial de la República del Paraguay. Disponible: [http://www.pj.gov.py/ebook/libros\\_files/EL-Acceso-a-la-Informaci%C3%B3n-P%C3%BAblica-en-el-Paraguay.pdf](http://www.pj.gov.py/ebook/libros_files/EL-Acceso-a-la-Informaci%C3%B3n-P%C3%BAblica-en-el-Paraguay.pdf)

ODonnell, G. (2001). Accountability horizontal. La institucionalización legal de la desconfianza política.

Peruzzotti, E. (2006). La política de accountability social en América Latina. Democratización, rendición de cuentas y sociedad civil: participación ciudadana y control social, 245-264.

# Reseñas de Libros



**Marina Colmán D. Ledesma**  
Licenciada en Bibliotecología.  
Máster en Ciencias de la Educación. Jefa de la Biblioteca "Yoshiko Moriya de Freundorfer".  
Facultad Politécnica, Universidad Nacional de Asunción.

*"La historia es el testigo de los tiempos, la antorcha de la verdad, la vida de la memoria, el maestro de la vida, el mensajero de la antigüedad".*

Cicerón, Filósofo romano

Verderber, Rudolph F. Comunicación oral efectiva en la era digital / Rudolph F. Verderber, Deanna D. Sellnow D. Sellnow, Kathleen S. Verderber. 16ª ed. -- México : Cengage Learning Editoriales, 2016. -- 369 p.



Esta nueva edición del material bibliográfico enfoca un panorama estructurado acerca del papel de los medios digitales y la tecnología en la preparación, presentación de los discursos públicos en la actualidad. Ofrece además, orientaciones basadas en habilidades para hablar en público. Guía al estudiante en la creación de un discurso a través de seis procesos: la selección de temas, análisis de audiencia y la adaptación, la investigación, la organización, los apoyos para la presentación y el lenguaje y la presentación final. Incluye las partes del discurso de forma oral, escrita y los aspectos visuales de la planificación del habla, desarrollo, presentación y los procesos de evaluaciones vivenciales para presentación a distancia y digitales. Está recomendada su lectura a los estudiantes de las carreras de grado para el aprendizaje de competencias genéricas. ■

Castells, Manuel. El estado del bienestar y la sociedad de la información : el modelo finlandés / Manuel Castells, Pekka Himanen. - - Madrid : Alianza editorial, 2002. - - 215 p.



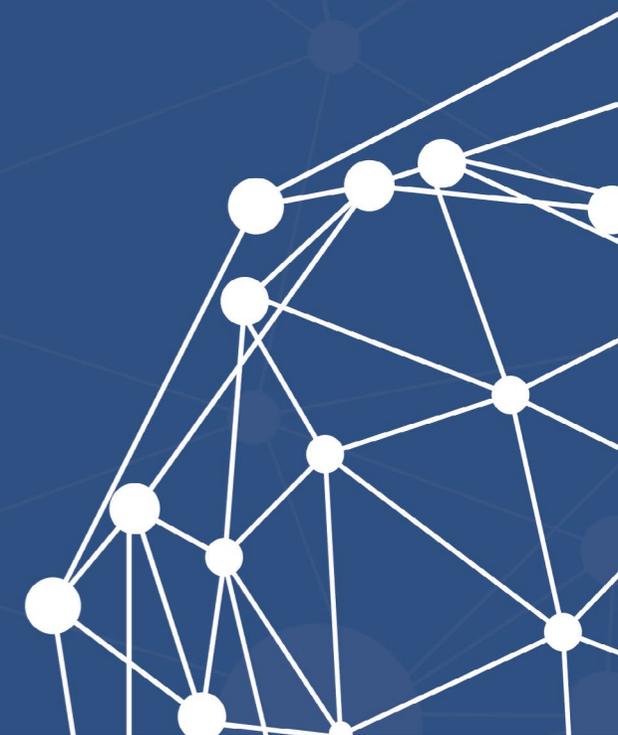
Los autores exponen a través del resultado de una investigación, cómo el Estado del bienestar desarrollado se constituye en una ayuda para la sociedad de la información, por lo que es posible una economía tecnológicamente avanzada con equidad social. En este marco, examinan el desarrollo a través del cual Finlandia se ha convertido en una de las economías más competitivas y en una de las sociedades más desarrolladas tecnológicamente. Contiene: El valle de los móviles, innovación de la innovación, el bienestar de la nación, la sociedad informacional local, el poder de la identidad y el modelo finlandés de sociedad informacional. Se recomienda su lectura a estudiantes de grado y postgrado. ■



## Paraguay, uno de los países con más papers en el CLEI 2020

País		Número
Brasil	BR	19
Paraguay	PY	16
Ecuador	EC	9
Uruguay	UY	6
Argentina	AR	5
Chile	CL	5
Colombia	CO	5
Costa Rica	CR	5
Perú	PE	4
Australia	AU	3
España	ES	3
Italia	IT	3
Francia	FR	2
Iraq	IQ	2
Canadá	CA	1
Croacia	CU	1
Gran Bretaña	GB	1
Panamá	PA	1
Venezuela	VE	1

Instituciones	Número
FP-UNA	5
FP-UNA, FIUNA	1
FP-UNA, FCM-UNA	1
FP-UNA, Fundación Visión	1
FP-UNA, UNC	1
FCQ-UNA, FP-UNA	1
UCA	6



LA OPORTUNIDAD PARA  
**CONSTRUIR  
TU FUTURO**

## **ELEGIR UNA CARRERA UNIVERSITARIA**

es una de las decisiones  
¡más importantes en la vida!



**La FP-UNA**  
TE OFRECE LAS CARRERAS DE:

### **MÁS INFORMACIÓN:**

Departamento de Pre-Grado  
021 588 7183 / 021 588 7184  
Facultad Politécnica, UNA - Campus,  
San Lorenzo, Paraguay



Facultad Politécnica. UNA  
CC 2111  
(595 21) 588 7000 - Int.: 255  
[www.pol.una.py](http://www.pol.una.py)  
San Lorenzo - Paraguay

[revista.aranduka@pol.una.py](mailto:revista.aranduka@pol.una.py)

### **LICENCIATURAS**

- Licenciatura en Ciencias Atmosféricas.
- Licenciatura en Ciencias Informáticas.
- Licenciatura en Electricidad.
- Licenciatura en Ciencias de la Información.
- Licenciatura en Gestión de la Hospitalidad.

### **INGENIERÍAS**

- Ingeniería Aeronáutica.
- Ingeniería en Ciencias de los Materiales.
- Ingeniería en Energía.
- Ingeniería en Electricidad.
- Ingeniería en Electrónica.
- Ingeniería en Informática.
- Ingeniería en Marketing.
- Ingeniería en Sistemas de Producción.