



Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado
Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado

SISTEMA DE INFORMACION DE CIENCIA Y
TECNOLOGIA (SICyT)

FORMULARIO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Código del Proyecto: ENUTNDN0006559

1. Unidad Científico-Tecnológica

- FR Neuquén - DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRONICA - FRN
- FR Neuquén - Facultad Regional del Neuquen
- FR Neuquén - GESE (GRUPO ESTUDIO SOBRE ENERGÍA) FRN
- FR Neuquén - LABORATORIO DE EVALUACIÓN DE AEROGENERADORES INTI NEUQUÉN

2. Denominación del PID

Propuesta y optimización para la medición y evaluación de la energía eólica de baja potencia inyectada en la red eléctrica de baja tensión.

3. Resumen Técnico del PID

Con la intención de promover la generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables, su autoconsumo e inyección a la red de suministro, es que se sanciona y reglamenta la ley de generación distribuida 27.424. Se estima, según diferentes elementos de análisis, como el acceder a financiamientos/créditos y los incrementos de tarifas, que más residenciales como pequeñas y medianas empresas entren al sector de los "prosumidores" es decir vuelquen sus excedentes de generación a la red eléctrica. Dado lo anterior, la reglamentación de la ley de generación distribuida indica detalles técnicos respecto a funcionalidad, y calidad de la energía deben de entregar los dispositivos conectados a la red eléctrica. Más allá que existe al respecto normativa internacional y nacional, hay diferencias sustanciales de análisis de desempeño, de los equipos de generación, según el recurso renovable aplique a su tecnología de conversión. Frente a lo anterior y dado la ubicación regional patagónica de nuestra Facultad Regional del Neuquén junto a instituciones de evaluación y control como ser el INTI Neuquén (Instituto Nacional de Tecnología Industrial), como la cooperativa eléctrica de los municipios de CutralCó y PLaza Huinul, ven la necesidad de aunar esfuerzos en vista de investigar y promover un procedimiento con herramientas de evaluación, de la generación eólica de baja potencia a ser inyectada a la red eléctrica. Por lo tanto la tarea en este proyecto se resume en las siguientes actividades: ? Realizar una encuesta detallada de los fabricantes de aerogeneradores nacionales con posibilidad de conexión a la red eléctrica, enfatizando consultas sobre estudio de desempeño preliminar respecto de la calidad de energía inyectada y los pormenores encontradas respecto a la interconexión y producción del sistema en este nuevo escenario. Se debe tener en cuenta que hace muy poco tiempo estos equipos trabajaban en forma aislada y las condiciones cambian diametralmente en este nuevo concepto de trabajo en vínculo con la red eléctrica. ? Realizar un estudio del alcance de la normativa IEC-61400-21 que guía y recomienda los diferentes pasos y alcances para la evaluación de la calidad de la energía eléctrica inyectada por los aerogeneradores, y su vinculación con otras normativas que se referencian en la misma y la relación con la IEC-61400-2 que versa sobre el diseño y seguridad de los aerogeneradores de baja potencia. A demás de su relación con lo indicado en la reglamentación de la ley de generación distribuida ? Proponer una metodología y sistema de medición "de campo" según recomienda la normativa IEC-61400-21. Para esto se cuenta con el laboratorio de evaluación de aerogeneradores del INTI (único de su característica en el país) y el laboratorio de electrónica de la Facultad Regional del Neuquén que llevara adelante el sistema y prototipo experimental para dar cumplimiento a los alcances de medición en campo indicados por la

normativa. ? Estudiar ,proponer y desarrollar el prototipo experimental de medición y registro de datos en campo que recomienda la normativa, y luego hacer lo propio con el algoritmo que contemple la red ficticia para llevar a cabo por modelado y simulación el resto de las mediciones, según diferentes condiciones de recurso eólico y de la red eléctrica, que imparte también la normativa. ? Estudiar ,proponer, y desarrollar una metodología y protocolo de medición y evaluación de las variables de calidad energética en campo, y red ficticia, según dictan las normativas internacionales y nacionales, de manera sea utilizado como referencia para fabricantes, desarrolladores, evaluadores y distribuidores de la energía eléctrica como es el caso de la cooperativa eléctrica COPELCO de la región.

4. Programa

Energía

5. Proyecto

Tipo de Proyecto: UTN (PID UTN) SIN INCORPORACION EN PROGRAMA INCENTIVOS

Tipo de Actividad: Desarrollo Experimental

Campos de Aplicación:

Rubro	Descrip. Actividad	Otra (especificada)
Seleccione..	Seleccione..	
ENERGIA (Producción)	Eólica	

Disciplinas Científicas:

Rubro	Disciplina Científica	Otras Disciplinas Científicas
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES ELECTRÓNICA Y CONTROL	Electrónica	-
INGENIERIA ELÉCTRICA	Generación	-

Palabras Clave

Eólica, Medición, Evaluación, Calidad Energía

6. Fechas de realización

Inicio	Fin	Duración	Fecha de Homologación
01/01/2020	31/12/2021	24 meses	-

7. Aprobación/ Acreditación / Homologación / Reconocimiento (para ser completado por la SCTyP - Rectorado)

7.1 Aprobación / Acreditación / Reconocimiento (para ser completado por la FR cuando se posea N° Resolución)

N° de Resolución de aprobación de la FR:

7.2 Homologación (para ser completado por la SCTyP - Rectorado)

Código SCTyP: ENUTNDN0006559

Disposición SCTyP:

Código Ministerio:

8. Estado (para ser completado por la SCTyP - Rectorado)

EN TRÁMITE

9. Aavales (presentación obligatoria de aavales)

Aval Dirección (Secretario Ciencia y Técnica y Decano) Aval INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, neuquén)
Aval COPELCO Ltda. (Coopertativa Eléctrica-Telefonía CutralCó-Plaza Huincul) C.V: Ruben Bufanio, Monte Gustavo,

10. Personal Científico Tecnológico que participa en el PID

Apellido y Nombre	Cargo	Hs/Sem	Fecha Alta	Fecha Baja	Otros Cargos
MONTE, GUSTAVO EDUARDO	CO-DIRECTOR	10	01/01/2020	31/12/2021	-
LISCOVSKY, PABLO OSCAR	INVESTIGADOR DE APOYO	1	01/01/2020	31/12/2021	-
BUFANIO, RUBÉN DOMINGO	DIRECTOR	10	01/01/2020	31/12/2021	-
SCARONE, NORBERTO CARLOS	INVESTIGADOR FORMADO	5	01/01/2020	31/12/2021	-
MARASCO, NESTOR DAMIAN	INVESTIGADOR FORMADO	10	01/01/2020	31/12/2021	-
AGNELLO, ARIEL EDGARDO	INVESTIGADOR FORMADO	5	01/01/2020	31/12/2021	-
VIDAL, ESTEBAN ELIAS WENU	BECARIO ALUMNO FAC.REG.	5	01/01/2020	31/12/2021	-
OLIVA, RAFAEL	INVESTIGADOR DE APOYO	1	01/01/2020	31/12/2021	-
SOLORZANO, LUCAS	BECARIO ALUMNO FAC.REG.	5	01/01/2020	31/12/2021	-
LAMILLA, GUILLERMO EMANUEL	BECARIO ALUMNO FAC.REG.	5	01/01/2020	31/12/2021	-
ZAPPA, ANDRES ENRIQUE	INVESTIGADOR DE APOYO	5	01/01/2020	31/12/2021	-
AMADÍO, MARIANO	INVESTIGADOR DE APOYO	5	01/01/2020	31/12/2021	-
WILD CAÑÓN, CARLOS ALBERTO	INVESTIGADOR DE APOYO	5	01/01/2020	31/12/2021	-

11. Datos de la investigación

Estado actual de concimiento del tema

El conocimiento sobre el tema radica por lo obtenido a través de la búsqueda bibliográfica y lo elaborado por medio de los trabajos de investigación y desarrollo.

Trabajos de Investigación y desarrollo:

PID UTN1899, finalizado en diciembre del 2015 y entregado su trabajo final en agosto del 2016 y aprobado satisfactoriamente, junto al PID ENUTIHA0004726TC el cual esta aún en desarrollo que trata y estudia una versión novedosa de control de potencia para aerogeneradores de baja potencia, permitieron entender en detalle los sistemas de generación eólica de baja potencia, cuyos avances se presentaron en diversas reuniones científicas, como las Jornadas Científico-Técnicas REGEDIS en el CEDER-CIEMAT de España, Congreso de Energías Renovables 2019 en Bahía Blanca, y en Wind-Power Argentina 2018. Por último se destaca por su temática, como base muy importante para este futuro estudio, lo desarrollado y adquirido a través del PIDTUN4290, finalizado en 03/2019, del cual se estudiaron los convertidores de potencia en particular los utilizados con generador sincrónico PMSG multipolo. De dicho estudio se obtuvo importante conocimiento en lo que es la estrategia de control de potencia activa y reactiva intercambiada con la red, modelando un sistema aerogenerador completo desde el punto de vista eléctrico, entregando interesantes resultados en lo que respecta a sus objetivos, como la mitigación del contenido armónico inyectado a la red eléctrica, y el control del flujo de energía para diferentes condiciones de recurso eólico y red eléctrica. Del mismo derivaron varias presentaciones, en reuniones como las citadas anteriormente, y una publicación aprobada en revista internacional con doble referato (Academic Star - USA).

El desarrollo experimental logrado en el Proyecto PCESU9-798 - Telemedición de SET (Programa de Cooperativismo y Economía Social en la 3^{ra} Convocatoria de Proyectos de Investigación y Constitución de Redes) de título: Telemedición de Variables de Calidad y Seguridad en Subestaciones Transformadoras Urbanas de la Cooperativa Eléctrica COPELCO en Cutral-Có, Provincia del Neuquén. En donde se transfirió a la cooperativa eléctrica un módulo para el monitoreo y transmisión, en tiempo real, de las variables eléctricas y mecánicas que involucran la seguridad, impacto ambiental, estado operativo y calidad de energía de una SET de intemperie definida por COPELCO. En base a la información obtenida se infieren estados operativos y elementos de juicio para realizar mantenimientos preventivos. Se plantea una estructura modular ya que este proyecto es el punto

de partida hacia una red de monitoreo y telesupervisión más ambiciosa, que integre distintas SETs y se desarrollen operaciones remotas desde un centro de control. Para este proyecto en particular el enlace de datos se realizará sobre una fibra óptica existente provista por COPELCO Ltda.

El desarrollo será dividido en los siguientes módulos:

Módulos de hardware: Comprende los transductores, acondicionadores de señal y los sistemas embebidos dedicados al procesamiento local.

Módulos de software: Incluye los algoritmos necesarios para extraer la información requerida para la inferencia del estado operativo de la SET.

Módulos de transmisión: Incluye el hardware necesario para la interconexión hacia un servidor en función del enlace elegido.

Módulos de visualización, registro y decisión: Abarca la interfase de visualización; grafico de variables, imagen térmica, registro en base de datos y la lógica de determinación de estados operativos. Se ubicarán en el lado remoto sobre un servidor accesible por red.

Investigación bibliográfica que sostiene y justifica este trabajo, a saber:

3.2.1: Orientada a comprender la magnitud del problema y establecer herramientas de solución.

Ya que se va a trabajar en baja potencia es importante conocer características de diseño, seguridad y normativa para aerogeneradores con diámetro de rotor menor a los 200m2. Aquí se utilizan dos referencias muy importantes de orden general, la [1] que trata sobre los fundamentos de la generación eólica de baja potencia y la normativa de diseño y seguridad asociada [2]. Luego la [3], [4] y [5] para analizar en detalle los desafíos de la penetración eólica en gran escala en la red eléctrica de suministro, donde se definen aspectos importantes de balance energético con conceptos sobre condiciones de intercambio de potencia activa y reactiva, operación ante fallos, y avance sobre los requerimientos de la calidad de energía suministrada por las turbinas eólicas, las condiciones de medida de los diferentes parámetros eléctricos, experiencias prácticas y de modelado. Por otro lado, una vez conocido el ambiente general del problema, se utilizará como base de consulta la referencia [6], en ella se analizan los actuales y posibles futuros códigos o requerimientos de los operadores de la red, la estructura básica y tendencia de los convertidores de potencia utilizados en la generación eólica en particular por su gran adopción la que aplica a PMSG, la sincronización con la red, el nivel de control requerido tanto en estado normal como frente a fallos, el diseño de filtrado y control de corriente según diferentes condiciones.

3.2.2: Orientada a comprender la tecnología de generación y la implicancia de las condiciones de la red dentro del estudio planteado.

La necesidad de estabilidad estacionaria y dinámica en la calidad del producto técnico de tensión, respecto a variaciones de su amplitud, forma, y frecuencia en el punto de conexión común PCC (Punto Conexión Común), conduce a ser uno de los temas de mayor importancia a tener en cuenta por los operadores de la red a la hora de evaluar la inserción de generación eólica. Es por ello de suma importancia a la hora de evaluaciones seguir las recomendaciones de la norma IEC 61400-21, [7]. También es importante la evaluación del impacto en la red, especialmente si las características de la misma en el punto de conexión (PCC) presentan condiciones particulares referidas a relaciones de corto circuito (Rcc) bajas, (menores a 10 veces), como es en muchos casos en redes de baja tensión, es por ello aquí se obtiene abundante información a través de los estudios [8].

Cuantas más logros se obtengan en los sistemas de conversión de potencia aplicados a generación eólica de baja potencia, más acercamiento en desempeño a generación "convencional" se obtendrá [9], [10], y por ende

mayores posibilidades de aumentar su proporción en energía distribuida inyectada en la matriz de una determinada región. En este sentido se encontró abundante aporte en [11] y [12], en la primera hay un amplio desarrollo conceptual y en la segunda aplicativo a la inserción de la energía eólica de baja potencia en microredes y los desafíos a salvar.

La [13] entrega a través del desarrollo de algoritmos cómo el GA (Genetic Algorithm) y aplicación de índices estadísticos, un modelo que permite dado una determinada topología de red, recurso, y serie temporal de variación de la carga, la mejor ubicación, cantidad y tipo de turbina eólica que minimice las pérdidas de potencia inyectada en la red con enfoque a la calidad de la energía.

La bibliografía [14] es un artículo de investigación que da aspectos de evaluación de estabilidad y calidad de la energía eólica de baja potencia en función de la variación del ángulo de impedancia de la red y requerimiento de reactivo.

La referencia [15] es de suma ayuda, ya que plantea un problema práctico de emisión del contenido armónico en generación eólica en topologías de redes típicas y su modelado. Mismo se tienen aportes de [16], y [17] en análisis puntuales como el modelado y control de corrientes de secuencia cero en múltiples convertidores conectados en la red y el impacto debido a la no sinusoidal inyección energética en la eficiencia de la generación eólica.

3.2.3: Orientada a comprender las normas internacionales y nacionales que rigen la integración de la generación eólica y los límites de perturbación hacia la red.

En los sistemas eléctricos, surge dado la variabilidad del recurso, potencia generada, condiciones de la propia red, y de desempeño de la turbina eólica, la necesidad de normalizar las medidas y evaluación de la calidad de suministro de energía de la generación eólica. Como resultado de esto surgió el desarrollo de la norma [7] [IEC-61400-21] (IEC, Comisión Internacional de Electrotécnica) que describe los procedimientos a seguir para evaluar la calidad de energía entregada por la generación eólica. Mejoras en el sistema de modulación, control, y filtrado en los convertidores de potencia de las turbinas eólicas, disminuye el efecto distorsivo del sistema de conversión de energía del viento. A pesar de esto los índices de la calidad eléctrica deben ser medidos y evaluados, y están presentes en las recomendaciones de la IEC-61400-21 a través de la [18], (IEC-61000-4-7); [19] IEC-61000-3-3), y [20], (IEC-IEC-61000-4-15), Y [21], (IEC-61000-3-2/12), tanto para condiciones de medida y evaluación de variaciones de tensión (flicker) y contenido armónico, cuantificando su efecto, a corto, largo plazo y en forma estadística.

Desde hace unos 20 años, debido al importante crecimiento de la penetración eólica, es que surgen los denominados códigos de red. Aunque sus normativas son particulares a cada región o país, ya que depende de la estructura particular de cada sistema o mallado de red, dan una idea del desafío de esta generación y de la continua investigación que se debe seguir desarrollando para permitir mayores niveles de suministro. Es por ello son útiles en este aspecto las referencias [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28] [29], ya que indican niveles y condiciones permitidas del suministro, en regiones de alta penetración de generación eólica.

Por último se toma detalle de las ordenanzas/anexos que dan lugar a la reglamentación de la ley de generación distribuida nacional. La cual se tomará como referencia y consulta permanente durante esta investigación.

3.2.4. Orientada a comprender la tecnología de adquisición y procesamiento de las medidas eléctricas y de recurso eólico.

Una vez elaborado el protocolo de medida de datos, según indican las normativas nombradas anteriormente, es necesario desarrollar la electrónica de adquisición, registro y gestión de dicha información, para ello son de gran utilidad las referencias del fabricante Texas Instruments, líder mundial en desarrollos electrónicos y de componentes [30], [31] y [32].

3.2.5: Hipótesis:

Es posible obtener un protocolo de medidas, registro y evaluación, con un desarrollo experimental de campo, para la generación eólica de baja potencia inyectada a la red eléctrica de baja tensión, que sirva de referencia para fabricantes, evaluadores y entes de control públicos y privados.

3.2.6: Justificación:

En la Argentina, en la actualidad, los sistemas de generación eólica de baja potencia por lo general trabajan en redes aisladas, como único sistema de suministro, cargando un banco de acumuladores, utilizado como "buffer" y respaldo de energía, y con un convertidor electrónico DC/AC alimentando a una carga de alterna, o en menor medida como complemento con otros formando un sistema híbrido de generación. Es así que mismo las normativa de evaluación, IEC-61400-12-1-H de análisis desempeño de estos aerogeneradores (diámetro de rotor <200m2), indica condiciones de ensayo contra sistemas de acumulación (baterías).

Con la ley de generación distribuida, su reglamentación, y adopción a nivel nacional, se abre una gran posibilidad de negocio para fabricantes y para los usuarios que ven en ella un mecanismo de no solo, dado los niveles tarifarios de la energía reducir su cuota de gasto por autoconsumo, sino ser prosumidor, es decir volcar excedentes a la red eléctrica obteniendo por ello un beneficio económico.

Lo anterior parece de todo punto de vista muy auspicioso como adopción, pero también genera desafíos u/o interrogantes, primero a los fabricantes que pueden observar sus equipos no tengan el mismo desempeño en este nuevo escenario respecto a cuando trabajaban en forma aislada, lo cual a toda vista es complejo de solucionar, ya que por lo general en su mayoría son solo desarrolladores del sistema electromecánico y adoptan a su sistema la electrónica de conversión hacia la red con los inconvenientes lógicos de poder lograr una buena complementariedad. Por otro lado los desafíos para los entes de evaluación, como por ejemplo en nuestra región el INTI Neuquén, con su laboratorio de evaluación de aerogeneradores de baja potencia, que observa necesario aplicar en este nuevo escenario otros mecanismos u/o procedimientos de medidas, y a partir de ellos y sus resultados ofrecer en lo posible también una adecuada respuesta o diagnóstico a los fabricantes. Por otro lado se encuentra la distribuidora de energía, en nuestra región la cooperativa COPELCO, que debe en todo momento cuidar el producto técnico de la energía, hacia los usuarios, se encuentre dentro de los niveles normados, pero se encuentra por lo novedoso del caso, con poca experiencia, o no suficiente, sobre los niveles y características de integración debe cumplir este tipo de energía, de manera que no perturbe la red en el lugar donde se adopte.

Por lo dicho es de suma importancia, la universidad en este caso representada por la Facultad Regional del Neuquén de la UTN, el INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial) del Neuquén, y la cooperativa eléctrica de la región COPELCO, unan a través de este estudio esfuerzos en lograr experiencia y nuevos conocimientos sobre el procedimiento de medida y evaluación de la eólica de baja potencia, que sirva como referencia y contribuya al desarrollo sostenido de las energías renovables y su generación distribuida.

Referencias:

- [1] David Wood, Small Wind Turbines, Analysis, Design, and application, Springer, 2011.
- [2] IEC-61400-2, Small Wind Turbine, Edition 3.0, 2013.
- [3] Thomas Ackermann, Wind Power in Power Systems, second edition, John Wiley and Sons, 2012.
- [4] Ningbo Wang, Chongqing Kang, and Dongming Ren, Large-Scale Wind Power Grid Integration, Elsevier, 2016.
- [5] Brendan Fox, Wind Power Integration, Institution of Engineering and Technology, London, 2007

- [6] Remus Teodorescu, *Grid Converters for Photovoltaic and Wind Power Systems*, IEEE, Wiley, 2011.
- [7] IEC 61400-21 (International Electrotechnical Commission), edition 2.0, (08.2008) *Wind Turbine Generator Systems, Part 21: Measurement and Assessment of Power Quality Characteristics of Grid Connected Wind Turbines*.
- [8] Ana Estanqueiro, *Assessment of Power Quality Characteristics of Wind Farm*, IEEE, 2007
- [9] Mohd Hasan Ali, *Wind Energy Systems: Solutions for Power Quality and Stabilization*, CRC Press, 2012.
- [10] Agustí Egea-Àlvarez, Mónica Aragüés-Peñalba, Oriol Gomis-Bellmunt, Joan Rull-Duran, Antoni Sudrià-Andreu, *Sensorless control of a power converter for a cluster of small wind turbines*,
- [11] Xiaoming Yuan, *Overview of problems in large-scale wind integrations*, *J. Mod. Power Syst. Clean Energy*, 2013.
- [12] J.S. Artal-Sevil, R. Dufo, J.A. Domínguez and J.L. Bernal-Agustín, *Small Wind Turbines in Smart Grids. Transformation of Electrical Machines in Permanent Magnet Synchronous Generators*, IEEE, 2018.
- [13] Lingfeng Wang, *Wind Power Systems*, Springer, 2010
- [14] J. Sahebkar Farkhani, M. Asemani, H. Shademan, M. Sadeghi Sharaf, *Sensitivity and Modeling Analysis Dynamic Behavior Small Wind Turbine Domestic Load*, IEEE, 2017.
- [15] Sokatis Stravos, *An Investigation of the emission of harmonics of wind Turbine*, IEEE, 2007
- [16] Ihor Shchur, *Impact of Nonsinusoidalness on Efficiency of Alternative Electricity Generation Systems*, IEEE, 2010
- [17] Weihao Hu, *Modeling and Control of Zero-Sequence Current in Multiple Grid Connected Converter*, IEEE, 2008
- [18] IEC 61000 4-7, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-7: Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto*, (2002)
- [19] IEC 61000-3-3, *Limitation of voltages changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply*, (2005).
- [20] IEC-61000-4-15 *Testing and measurement techniques- General guide on flicker measurements and instrumentation*, (2010).
- [21] IEC-61000-3-2: *Limits for harmonic current emissions* (2004).
- [22] BTM Consult, *World Market update, March 2008*, <http://www.btm.dk>
- [23] Order 661, *Interconnection with Wind Energy*, issued by Federal Energy Regulatory Commission (FERC) of United States, June 2005
- [24] *Transmission Code 2007, Networks and System Rules of the German Transmission System Operators*, August 2007, www.vdn-berlin.de.
- [25] *Ordinance on System Services by Wind Energy Plants. Draft, 2009*, www.erneuerbare-energien.de.
- [26] *Requirements for Offshore Grid Connections in the E.ON Netz Network*, 2008, www.eon-netz.com

[27] Resolution P.O.12.3, Response Requirements against Voltage Dips in Wind Installations. Red Eléctrica, March 2006, www.ree.es

[28] Annex of O.P. 12.2, Restricted to the Technical Requirements of Wind Power and Photovoltaic Facilities, October 2008, www.ree.es

[29] Grid Code, version 3.1, elaborated by The EirGrid, April 2008.

[30] Isolated Current and Voltage Measurement Using Fully Differential Isolation Amplifier, Texas Instrument, App Note TIDUA 058, Agosto 2015.

[31] Total Harmonic Distortion Measurement For Energy Monitoring Texas Instrument, App Note TIDUB70A, Marzo 2016.

[32] FFT-Based Algorithm for Metering Applications by: Ludek Slosarcik. NXP. Document Number: AN4255 Rev. 4, 07/2015.

Grado de Avance

El grado de avance de este proyecto se fundamenta a través de lo realizado en los siguientes trabajos:

Título: Estudio de Controles de Paso de Pala para Generador Eólico de Baja Potencia

Código: UTN1899

Programa: Energía

Director: Ing. Hugo Garbuglia

Mg. Ing. Bufanio: Investigador

Finalización:12/2015

Resumen: Lograr optimización del rotor de un generador eólico, de potencia por debajo de los 10kW, para propender a un mejor desempeño en la obtención de energía del viento.

Modificar el paso de pala, por encima de velocidad de viento nominal, de manera de incrementar las condiciones de amortiguamiento de cargas aerodinámicas y por ende disminuir la fatiga del dispositivo electroproductor.

Desarrollar, en principio, un rotor por control de potencia por pérdida aerodinámica "Stall" (por su definición en inglés) de paso fijo y luego con controles de paso de pala, para este último a través de sistema netamente mecánico con centrífugos.

Modelar luego, por medio de programa computacional, un método de control de potencia por paso de palas, haciendo énfasis a la zona de trabajo de la turbina eólica por encima de viento nominal de manera de poder comparar contra ensayos de laboratorio y campo.

Obtener conclusiones entre los prototipos planteados, tanto del punto de vista de desempeño estructural como de extracción de energía.

Título: Medición de Recurso Eólico con Fines Energéticos

Código: UTN1894

Programa: Energía

Directora: Dra. Julia Contín

Mg. Ing. Bufanio: Investigador

Finalización: 12/2015

Resumen: Se desarrollo un módulo mediante el software de libre acceso "R", que es utilizado para la caracterización del recurso eólico, incluyendo funciones estadísticas para análisis descriptivos e inferencial.

El paquete se encuentra en funcionamiento por medio de una interfaz web para realizar todo tipo de análisis de recurso eólico.

Título: Propuesta y optimización de la energía eléctrica entregada por la generación eólica PMSG (generación sincrónica a imanes permanentes)

Código: TUN4290

Programa: Energía

Director: Mg. Ing. Bufanio

Finalización 03/2019

Investigadores: Mg. Ing. Monte Gustavo, Ing. Damián Marasco, Ing. Norberto Scarone, Ing. Juan Manuel Gonzalez.

Becarios: Alumnos, Guillermo Lamilla y Walter Vidal

Resumen: En la actualidad dado aspectos técnico-económicos y en fundamental medioambientales, cobra importancia suministrar energía eléctrica, en un entorno distribuido, a través de generación eólica donde el recurso lo permita.

Con el fin anterior, dentro del proyecto PID, TUN4290, y a través de los grupos del Laboratorio de Electrónica de la UTN Facultad Regional del Neuquén y del GESE (Grupo Estudio Sobre Energía) de la UTN Facultad Regional Haedo, se modela y simula, con ?Simulink?^® de ?Matlab?^®, un aerogenerador de baja potencia, en este caso de 50kW, con tecnología de conversión de la energía eólica (WECS) para generador sincrónico a imanes permanentes (PMSG) de polos no salientes, acoplamiento directo (Gear Less), de velocidad variable y paso de pala variable. Utiliza un esquema de control para captura de máxima energía del viento (MPPT, en zona de carga parcial), que aplica al PMSG un seteo de la corriente directa estatórica a cero amperes (control ZDC). Por otra parte, emplea una tecnología de conversión (back to back) en dos niveles, con modulación vectorial, y control de potencia activa y reactiva hacia la red utilizando un VOC (control orientado al voltaje) en lazo cerrado.

El modelo en etapa de modelado e implementación experimental, entrega índices que validan la bondad de la propuesta desarrollada.

Corroborar el buen desempeño de la estrategia propuesta de MPPT a través del control ZDC, donde al aplicar variaciones de viento de entre 3 m/s y 10 m/s, por lo general de mayor ocurrencia en la mayoría de los sitios, el sistema responde capturando la máxima energía.

La estrategia de control "VOC" lado red, permite controlar satisfactoriamente la inyección de potencia y reactivo con bajo contenido armónico de corriente gracias al algoritmo de modulación SVM (space vectorial modulation) planteado, menor al 5% por encima de los 5 m/s de velocidad de viento, llegando a un 2% a viento nominal. Mismo el sistema se comporta estable frente a las variaciones "rápidas" del viento, lo que indica una buena sintonía de los controladores y el control en general. Falta probar desempeño frente a perturbaciones en la red, o fallos de esta.

La implementación en prototipo experimental, aunque en su primer etapa de desarrollo dio buenos resultados con diversas cargas desde resistivas hasta utilizar como tal un motor de inducción. Por último al momento, ya que es lo buscado con el modelado, se está con la construcción del prototipo experimental y análisis de desempeño de inyección de energía a la red.

Título: Estudio de Control de Potencia por Paso de Pala para Generador Eólico de Baja Potencia

Código: ENUTIHA0004726TC

Programa: Energía

Director: Mg. Ing. Bufanio

Finalización:12/2019

Resumen: Este trabajo parte de lo realizado en el PID1899 nombrado anteriormente y utiliza como base el diseño original de aerogenerador desarrollado por Hugo Piggott, el cual tiene amplia difusión a nivel mundial y es utilizado principalmente para generación de energía eléctrica en zonas aisladas.

Con el objetivo de incrementar la producción de energía a lo largo de la vida útil de la máquina, es que se realizó el rediseño aerodinámico de las palas buscando mejorar en los índices de desempeño respecto de la versión original, mismo se mejoró el sistema de control de paso de pala desarrollado en el PID UTN1899, el cual tiene el objetivo de realizar un control de potencia en la zona donde esta alcanza su valor máximo para minimizar el uso del sistema de control por furling.

También se realizaron, de los equipos desarrollados, pruebas en banco y túnel de viento con el fin de analizar resultados y obtener conclusiones.

Por otro lado, se incursionó en el método constructivo de impresión 3D, el cual permitió realizar una pala de gran complejidad de manera simple, repetitiva, y a un bajo costo en vista a que los desarrollos realizados puedan ser fácilmente replicables.

Gracias a los trabajos se ha solucionado el inconveniente de histéresis que presentaba el anterior sistema del PID1899, lo que permite regular de forma correcta la acción de masas y resortes, de esto se puede concluir la importancia de la baja fricción del sistema para su correcto funcionamiento. Por otra parte, del rediseño aerodinámico se pudo ajustar la performance del aerogenerador para que la misma se adapte al generador existente, lo cual y dado que los perfiles utilizados presentan una baja sensibilidad a la rugosidad, un alto C_{max} , y una suave entrada en pérdida, resulta esperable que el aerogenerador produzca una cantidad significativamente mayor de energía durante su vida útil.

La utilización de la tecnología 3D abrió una nueva gama de posibilidades para los ensayos de diversas geometrías, permitiendo realizar un sin número de réplicas a través del envío del archivo correspondiente, y la posterior impresión de la geometría en cualquier lugar del mundo sin la necesidad de grandes habilidades manuales.

PROYECTO CYTED (Convocatoria 2017), Propuesta Aprobada con Código N° P717RT0240

Mg. Ing. Ruben Bufanio, Investigador Formado por la UTN FRH y FRN en las áreas “Tecnología Eólica de Pequeña Potencia e Integración en Red Eléctrica”

Título: Red Temática REGEDIS “RED DE ENERGÍA EÓLICA PARA LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN EL ÁMBITO URBANO”

Coordinador General: Ignacio Cruz, Jefe de la Unidad de Energía Eólica, División de Energías Renovables, Departamento de Energía CIEMAT, Avda Complutense 40, 28040 MADRID, ESPAÑA.

En octubre del 2018 se realizó la primer jornada científico técnica donde por el lado de la UTN FRN-FRH, el Mg. Ing. Ruben Bufanio presentó los trabajos de título:

CONTROL DE ENERGÍA EÓLICA “WECS PMSG” ON-GRID DE BAJA POTENCIA, TUN4290

Estudio de control de paso de pala para generador eólico de baja potencia, UTI4726TC

Duración: 48 meses (4 años: 2018-2021)

- **Grupos investigadores: 23 (18 centros/5 empresas)**
- **Nº de personas que participan: 103**
- **Nº de investigadores: 72**
- **Nº de países que participan: 13 (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, El Salvador, España, México, Panamá, Perú, Portugal, Republica Dominicana y Uruguay).**

Título: DESARROLLO DE HERRAMIENTAS PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA EN EMPRESAS E INSTITUCIONES DE AREA DEL COMAHUE

Código: ENIAICF0003565TC

Programa: Energía

Director: Mg. Ing. Gustavo Monte

Investigadores: Ing. Damian Marasco, Ing. Ariel Agnelo, Mg. Ing. Ruben Bufanio

Finalización:12/2018

Resumen: Se ha desarrollado un módulo para el monitoreo y transmisión, en tiempo real, de las variables eléctricas y mecánicas que involucran la seguridad, impacto ambiental, estado operativo y calidad de energía de una SET de intemperie y transferirlo a la cooperativa COPELCO.

En base a la información obtenida se inferirán estados operativos y se obtendrán elementos de juicio para realizar mantenimientos preventivos. Se plantea una estructura modular ya que este proyecto es el punto de partida hacia una red de monitoreo y telesupervisión más ambiciosa, que integre distintas SETs y se desarrollen operaciones remotas desde un centro de control. Para

este proyecto en particular el enlace de datos se realizará sobre una fibra óptica existente provista por COPELCO Ltda.

El desarrollo será dividido en los siguientes módulos:

Módulos de hardware:

Comprende los transductores, acondicionadores de señal y los sistemas embebidos dedicados al procesamiento local.

Módulos de software:

Incluye los algoritmos necesarios para extraer la información requerida para la inferencia del estado operativo de la SET.

Módulos de transmisión:

Incluye el hardware necesario para la interconexión hacia un servidor en función del enlace elegido.

Módulos de visualización, registro y decisión.

Abarca la interfase de visualización; grafico de variables, imagen térmica, registro en base de datos y la lógica de determinación de

estados operativos. Se ubicarán en el lado remoto sobre un servidor accesible por red.

Las SETs están sometidas a grandes cambios en las condiciones de operación que generan deterioro, desgaste, impacto ambiental y perdida de la eficiencia energética por condiciones operativas inadecuadas. Disponer de información en tiempo real posibilita anticipar decisiones y ejecutarlas antes que se produzcan las fallas que afectan la calidad del servicio que generan impacto ambiental y social.

Cabe aclarar que de la idea anterior surgió un proyecto cooperativo entre la UTN y la cooperativa eléctrica COPELCO de las ciudades de CutralCo y Plaza Huinul, Código PCESU9-UTN798 - Telemedición de SET en la 3ra. Convocatoria de Proyectos de Investigación y Constituciones de Redes. Ha sido seleccionado y aprobado en diciembre del 2016 con un presupuesto de \$262.170

El equipo será transferido a la Cooperativa en el 2019, el cual se encuentra a la fecha en un 90% finalizado y tiene como objetivo la materialización práctica de lo desarrollado en el PID anterior UTN3565TC.

Lo que sigue corresponde a lo realizado por el INTI Neuquén en el polo tecnológico de la ciudad de CutralCó respecto de la medición y evaluación de curva de potencia según norma IEC, como principal, de los aerogeneradores de baja potencia de los fabricantes de nuestro país.

Resumen:

En INTI a través de su centro regional Neuquén, desarrolló en el año 2010 un relevamiento sectorial relativo al grupo de proveedores de aerogeneradores de fabricación nacional . A partir de dicho relevamiento se identificó la necesidad de implementar una metodología de medición de Curva de Potencia conforme a la norma IEC61400-12. Esto se instrumentó mediante un programa de fortalecimiento de fabricantes nacionales de aerogeneradores de baja potencia, el cual incluía la instalación del Laboratorio de Ensayos de Aerogeneradores de Baja Potencia en la ciudad de Cutral Co.

En el marco del programa de fortalecimiento se han realizado ensayos de curva de potencia conforme a norma a siete modelos de aerogeneradores, cuyos resultados son de dominio público a través de la página de INTI Neuquén . Además de estos ensayos se han realizado ensayos a otros modelos que no formaban parte del

programa de fortalecimiento de fabricantes. Asimismo se implementaron ensayos de Emisiones Sonoras conforme a IEC61400-11 y ensayos de Duración, conforme a IEC61400-2. El desarrollo de estos ensayos permitió a INTI adquirir capacidades de asesoramiento técnico en el diseño de rotores y reducción de emisiones sonoras, entre otras.

Para el desarrollo de las actividades indicadas, el INTI participó de reuniones del grupo SWAT (Small Wind Association of Testers) en los años 2012 en NREL, Estados Unidos y CIEMAT, España en 2013. Estas reuniones permitieron vincularse con técnicos de otros laboratorios y realizar ensayos de intercomparación para la puesta a punto y validación de las metodologías de ensayos. En años posteriores se continuó con la participación en el grupo SWAT bajo la modalidad a distancia. Los ensayos implementados en el laboratorio de Cutral Co, se encuentran auditados bajo la norma ISO17025 de calidad en laboratorios, del sistema de gestión de calidad de INTI.

Adicionalmente a las actividades de ensayo y asistencia técnica en el laboratorio, se desarrolló en el año 2013 un proyecto asociativo de diseño, PAD Mincyt, con el grupo de fabricantes mediante el cual se generaron una guía de divulgación y una guía para la instalación de aerogeneradores de baja potencia.

En el año 2016 se organizó el Foro Cyted “Energía Eólica de Baja Potencia en Iberoamérica” en la ciudad de Cutral Co.

Desde el año 2017 se participa en un proyecto ERANETLAC, denominado “SWTOMP” (Small Wind Turbine Optimization and Market Promotion), con técnicos de siete países. En el marco de dicho proyecto está en fase de implementación una metodología de ensayo de generadores eléctricos.

Desde el año 2018 se participa de la red Cyted REGEDIS (red de energía eólica para la generación distribuida en el ámbito urbano).

Con vistas a la continuidad de las actividades de los fabricantes, y considerando la reciente reglamentación de la ley de generación distribuida 27424, es de interés en el laboratorio de INTI adquirir capacidades de ensayo y asistencia técnica para aerogeneradores conectados a la red de distribución eléctrica. En este aspecto el laboratorio cuenta con un pilar dedicado a inyección, mediante el cual se han realizado experiencias de inyección con tres modelos de aerogenerador e inversor de red. Se han evidenciado problemas para la correcta configuración y puesta a punto de equipos, que provocan que el desempeño de los mismos no sea el considerado en el diseño de los mismos. Esto se hace necesaria una ampliación de las capacidades del laboratorio para poder dar respuesta a la demanda del sector. Asimismo se plantea la necesidad de estudiar aspectos relacionados a calidad de energía, y su evaluación conforme a IEC61400-21.

Objetivos de la investigación

Objetivo General:

Realizar una tarea de investigación con desarrollo experimental que promueva la obtención de un protocolo de medición, registro, y evaluación de calidad de energía conforme a normas para la generación eólica de baja potencia, con conexión a la red eléctrica de baja tensión, que sea utilizado como referencia para investigadores, fabricantes, evaluadores y entes de suministro y control.

Objetivos Específicos:

a) Proponer y desarrollar el protocolo de medición en campo, según recomendaciones de norma IEC 61400-21.

b) Proponer y desarrollar el sistema de red ficticia propuesto por la norma IEC-61400-21 para extender el estudio de calidad energética de los aerogeneradores de baja potencia a diversas condiciones de recurso, operación, y red eléctrica.

c) Estudiar, desarrollar y construir el prototipo electrónico de obtención y gestión de datos de la medición de las diferentes variables que impone la normativa IEC-61400-21.

Descripción de la metodología

De acuerdo a objetivo general.

Enfoque / diseño metodológico:

- 1) Situación de la generación eólica de baja potencia y planteo de la problemática de la medida y evaluación de la calidad de energía inyectada en la red de baja tensión.
- 2) Relevamiento de los fabricantes de aerogeneradores de baja potencia del país y sus inconvenientes tecnológicos en el nuevo escenario de generación distribuida con inyección a la red eléctrica de suministro.
- 3) Propuesta del protocolo de medición, registro y evaluación según recomendaciones de la normativa IEC-61400-21 y reglamentación de la ley de generación distribuida 27.424.
- 4) Propuesta de los algoritmos para la elaboración de la red eléctrica ficticia.
- 5) Modelado del sistema electrónico según puntos anteriores.
- 6) Desarrollo experimental del sistema electrónico de adquisición y registro de datos.
- 7) Desarrollo del sistema eléctrico de adquisición de variables de campo con prototipo de punto anterior.
- 8) Obtención y estudio de resultados con aerogenerador de prueba.
- 9) Evaluación de resultados contra los especificados para con su calidad energética según norma IEC.
- 10) Elaboración de manual de acceso libre, con ejemplo de ensayo de medición y evaluación de calidad energética de aerogeneradores de baja potencia conectados a la red eléctrica.

Métodos técnicas e instrumentos:

Métodos: Estudio del problema a través del acervo bibliográfico y normativo, encuesta a fabricantes, planteo de protocolos, algoritmos y sistema electrónico de adquisición de datos, evaluación de resultados.

Técnicas: Medición de variables eolo-eléctricas que se relacionen con la propuesta, modelado y simulación, desarrollo experimental.

Instrumentos: software de modelado, instrumentos de medición de variables eléctricas y de recurso eólico.

Unidades de Análisis:

- 1) Estado del arte.
- 2) Encuesta a fabricantes.

- 3) Protocolo de medición, gestión y evaluación de la calidad energética.
- 4) Desarrollo y aplicación experimental del sistema de medición y registro.
- 5) Evaluación de resultados y comparación con otros del medio nacional e internacional.

Variables e indicadores:

Distorsión armónica total, flicker, potencias, perfil de tensión, impedancia de la red eléctrica y potencia de corto circuito, velocidad media del viento.

De acuerdo a abjetivos específicos:

OBJETIVO ESPECIFICO "A"

Enfoque / diseño metodológico :

- 1) Estudio de la bibliografía obtenida y de las normativas IEC.
- 2) Propuesta del protocolo de medidas de variables eolo-eléctricas.
- 3) Evaluación de resultados a través de modelado y simulación.

Métodos técnicas e instrumentos:

- 1) Análisis de lo desarrollado por el INTI respecto de levantamiento de curva de potencia de los aerogeneradores de baja potencia y configuración de protocolo de medidas de calidad según misma idea exitosa.
- 2) Obtención de variables de calidad de energía bajo la norma IEC 61000-4-x, (x = indica la que corresponda según el nivel de tnsión o corriente).

Unidades de análisis:

- 1) Estudio y planificación de los procedimientos para llevar adelante las medidas de campo indicadas en la IEC-61400-21, conforme a instrumentos de la IEC-61400-4-x.
- 2) Modelado de la propuesta a través de diagramas en bloques.
- 3) Simulación de lo elaborado.

Variables e indicadores:

- 1) Distorsión armónica total
- 2) Flicker
- 3) Potencias

2) Perfil de tensión y corriente

3) Recurso eólico

OBJETIVO ESPECIFICO "B"

Enfoque diseño / metodológico:

- 1) Estudio de la bibliografía obtenida.
- 2) Propuesta de la estrategia de medición a través de red ficticia.
- 3) Evaluación de resultados a través de modelado y simulación.

Métodos, técnicas e instrumentos:

- 1) Ecuaciones diferenciales, Transformada rápida de Fourier, Laplace.
- 2) Diagramas de mallas y nodos.
- 3) Análisis de probabilidad de sucesos

Unidades de análisis:

- 1) Resultados de índices de variables de calidad energética
- 2) Comparativa con experiencias anteriores.

Variables e indicadores:

- 1) Distorsión Armónica
- 2) Flicker
- 3) Potencias
- 4) Recurso Eólico
- 5) Anteriores en estado transitorio o conmutación.

OBJETIVO ESPECIFICO "C"

Enfoque diseño / metodológico:

- 1) Estudio de la bibliografía obtenida.

- 2) Desarrollo y construcción de prototipo experimental de medidas eléctricas y de recurso eólico.
- 3) Análisis de desempeño en diferentes escenarios de generación y condiciones de la red eléctrica.
- 4) comparación con los trabajos y bibliografías existentes.

Métodos, técnicas e instrumentos:

- 1) Programación en C++ de los sistemas de procesamiento y registro según lo indicado en las normas IEC de referencia.
- 2) Desarrollo de placas electrónicas a través de software, ej. Eagle.
- 3) Sensado de variables a través de análogos retrospectivos.

Unidades de análisis:

1) Módulos de hardware:

Comprende los transductores, acondicionadores de señal y los sistemas embebidos dedicados al procesamiento local.

2) Módulos de software:

Incluye los algoritmos necesarios para extraer la información requerida de las variables eléctricas y de recurso eólico.

3) Módulos de transmisión:

Incluye el hardware necesario para la interconexión hacia un servidor en función del enlace elegido.

4) Módulos de visualización, registro y decisión.

Abarca la interfase de visualización; grafico de variables, registro en base de datos y la lógica de determinación de estados operativos. Se ubicarán en el lado remoto sobre un servidor accesible por red.

Variables e indicadores:

- 1) Distorsión armónica total (THD).
- 3) Flicker
- 2) Perfil de tensión y corriente (Amplitud y frecuencia).
- 3) Estabilidad del sistema (Tiempos de establecimiento).
- 4) Potencia activa y reactiva en diferentes condiciones de trabajo según normativa.
- 5) Igual a las anteriores pero en conmutación del sistema de generación.

Observaciones: Llegado a este punto se pueden sacar las conclusiones del caso, es decir si se ha cumplido con las hipótesis planteada y contribuido a brindar conocimiento en la evaluación de la calidad de energía inyectada por la generación eólica de baja potencia.

12. Contribuciones del Proyecto

Contribuciones al avance científico, tecnológico, transferencia al medio

- En la penetración de la energía eólica de baja potencia en sistemas interconectados: los requerimientos de los códigos de red, aunque diferentes de un país o región a otra, promueven una adecuación de la misma con reglas similares a la solicitada para generación convencional. Esto aumenta el desafío hacia la generación eólica, que por su intermitencia, y sistema de conversión, evidencia según experiencias y tratados bibliográficos perturbaciones que deben ser controladas y por lo tanto medidas de manera no incidan negativamente en el normal funcionamiento de la red de distribución de la energía eléctrica de baja tensión.
- En lograr conocimiento y orden en un área en pleno desarrollo en nuestro país, que es la generación distribuida con promoción del autoconsumo, por lo tanto de vital importancia para los usuarios, fabricantes, entes de evaluación y control que de esta manera poseeran una herramienta de referencia para la toma de decisiones.
- En el desarrollo de sistemas electrónicos de adquisición de medidas, registro y gestión conforme a normativas internacionales, los cuales se pueden extender a otros trabajos.
- En transferir al medio soluciones concretas que mitiguen la incertidumbre y de respuesta a dudas o escepticismo lógico de la comunidad, y diferentes actores citados anteriormente, sobre este tipo de "nueva" generación. Fundamental lo anterior para seguir avanzando hacia una generación sostenible y que reduzca la contaminación del medio ambiente.

Contribuciones a la formación de Recursos Humanos

- La energía eólica es hoy en día, en el concierto mundial, la disciplina que mayor cantidad de mano de obra está requiriendo. Aunque es de hacer notar, dicho recurso humano, deberá estar entrenado y calificado para la realización de la amplia cantidad de tareas que esta reúne, por lo tanto trabajos de este tipo contribuyen a tal necesidad de formación.
- Se puede decir que casi todas las ingenierías aplican a este tipo de generación, como la Aeronáutica, Estructuras, Eléctrica y Electrónica, Ambiental, Industrial, Civil, Mecánica etc... y además todas aquellas ligadas al análisis del recurso eólico como la Matemática, Probabilidad y Estadística, Meteorología y Sistemas. Este trabajo aplica varias de las nombradas.
- Investigaciones y desarrollos actuales en otras regiones, indican que cada vez más recurso humano estará ligado a las energías renovables y fundamentalmente a la eólica por ser de entre estas la de las principales tanto en alta como en baja potencia. En la Argentina, como lo indican las bases de datos del INTI, sigue aumentando el número de industrias que de alguna u otra manera ingresan a la cadena de valor de

esta temática energética y por consiguiente requieran de personal calificado para llevarla adelante, por lo tanto este tipo de trabajos contribuye a ello.

- Se estima a nivel mundial llegar antes del 2020 a 1TW (1000GW) de potencia instalada de energía eólica. En la Argentina hace unos pocos años comenzó a tomarse conciencia de su potencial, tanto para alta como baja potencia. Aunque se arrancó fuertemente en alta potencia con valores instalados que a final del 2109 llegarán a más de 2GW, la eólica de baja potencia tiene a través de la sanción y reglamentación de la ley de generación distribuida un futuro promisorio ya que el país cuenta con gran cantidad de regiones con excelente condición del recurso eólico, y una base de fabricantes que compite en cantidad instalada con los países más desarrollados en la tecnología. Es decir que en este campo energético, hay mucho más por hacer y contribuir a través del conocimiento y formación de más profesionales con estudios como el planteado en este trabajo.
- Los objetivos planteados contribuirán al desarrollo conjunto de diferentes actores del área energética, en sus diferentes roles, como el del conocimiento científico por parte de la universidad, la mejor evaluación y diagnóstico del INTI para con la industria, y el mejor control y gestión energético de las distribuidoras (Ej. COPELCO) u otros entes de control.
- Permite la transferencia horizontal y vertical dentro de la carrera de ingeniería electrónica, donde sus diferentes cátedras del área de ciencias básicas, del ciclo superior analógicas y digitales, se verán de una u otra forma vinculadas.
- Contribuirá notablemente a la tarea del trabajo en equipo, tanto dentro como fuera de la universidad. Aspecto hoy fundamental para el éxito de cualquier proyecto, donde la universidad se debe erigir como actor principal e interactuar con el medio en pos de resolver problemas sociales.
- Dará apoyo a la formación o mejora de los cursos referidos a las Energías Alternativas, , Medidas Electrónicas, Electronica de Potencia, Máquinas eléctricas, Sistemas de control, Técnicas Digitales, Probabilidad Aplicada... contribuyendo en su contenido y a las capacidades que se buscan hoy del egresado en ingeniería.

13. Cronograma de Actividades

Año	Actividad	Inicio	Duración	Fin
1	Encuesta a fabricantes nacionales de aerogeneradores de baja potencia	01/01/2020	2 meses	29/02/2020
1	Revisión Bibliográfica	01/01/2020	12 meses	31/12/2020
1	Estudio e interpretación de las normativas que aplican a la calidad energética inyectada por los aerogeneradores	01/03/2020	7 meses	30/09/2020
1	Estudio y planteo del protocolo, adquisición y gestión de las medidas en campo.	01/06/2020	5 meses	31/10/2020
1	Formulación del algoritmo de medida con red ficticia	01/07/2020	5 meses	30/11/2020
1	Modelado y simulación del algoritmo planteado	01/10/2020	2 meses	30/11/2020
1	Evaluación de resultados	01/11/2020	2 meses	31/12/2020
1	Difusión del método propuesto	01/11/2020	2 meses	31/12/2020
2	Desarrollo del sistema electrónico de gestión y medidas de campo.	01/01/2021	6 meses	30/06/2021
2	Revisión Bibliográfica	01/01/2021	12 meses	31/12/2021
2	Construcción e Instalación del sistema de adquisición y gestión de medidas.	01/04/2021	6 meses	30/09/2021
2	Evaluación a través de análisis de calidad energética con aerogenerador tipo.	01/08/2021	3 meses	31/10/2021
2	Difusión de los logros obtenidos	01/10/2021	3 meses	31/12/2021

14. Conexión del grupo de Trabajo con otros grupos de investigación en los últimos cinco años

Grupo Vinc.	Apellido	Nombre	Cargo	Institución	Ciudad	Objetivos	Descripción
CEDER-CIEMAT, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas	Bufanio	Ruben	INVESTIGADOR FORMADO	UTN FRN	Plaza Huincul	A través del PROYECTO CYTED (Programa Iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo, Convocatoria 2017), Propuesta Aprobada con Código N° P717RT0240. Donde uno de los objetivos es "Conocer el impacto de la generación eólica distribuida en las redes eléctricas urbanas", y la UTN FRN tomo el compromiso dentro de la red de conducir las actividades de este objetivo.	Intercambio de conocimiento con investigadores internacionales de Iberoamérica con el fin de explorar perspectivas y puntos de vista sobre la explotación de la energía eólica de pequeña potencia en aplicaciones de generación distribuida.
Laboratorio de Aerodinámica y Fluidos de la UTN FRH	Bufanio	Ruben	INVESTIGADOR FORMADO	UTN FRN	Plaza Huincul	Dentro del proyecto Tutorado TUN4290, evaluar desempeño energético de prototipos aerogeneradores de baja potencia en túnel de viento	La idea del intercambio es evaluar la electrónica de conversión desarrollada en el laboratorio de electrónica de la FRN para con los aerogeneradores de baja potencia PMSG.
Laboratorio de evaluación de aerogeneradores INTI (Neuquén)	Bufanio	Ruben	INVESTIGADOR FORMADO	UTN FRN	Plaza Huincul	A partir de la capacidad de Investigación y Tecnológica de la UTN FRN y de la infraestructura y capacidades de mediciones de INTI en el laboratorio de energía Eólica de baja potencia en la ciudad de Cutral Co, es que se establece como objeto del presente convenio la	La UTN-FRN en elaborar un programa de capacitación para técnicos de INTI, a través del recurso humano que posee en su estaf de Docentes entre los que posee Ingenieros, Magister, Investigadores, asi como también con la colaboración de egresados y alumnos de UTN FRN. Dicho programa será elaborado en la propia sede de la Facultad Regional Neuquén, sito en Pedro Rotter S/N en la ciudad de Plaza Huincul, provincia de Neuquén. El INTI por su parte destinar personal necesario para efectivizar la puesta en práctica de dicho programa y capacitación.

					ELABORACIÓN Y POSTERIOR EJECUCIÓN DE UN PROGRAMA DE INTERCAMBIO DE CAPACIDADES relativo al desarrollo de conocimiento para la temática de inyección a la red de energía eléctrica generada a partir de aerogeneradores de baja potencia.	Dentro de dichas actividades se realizarán mediciones en el Laboratorio de Energía Eólica de INTI en la ciudad de Cutral Co, datos estos que será posteriormente informados a UTN FRN, ya que los mismos resultan necesarios para efectuar los ajustes debidos en el programa de capacitación mismo, así como también, serán de utilidad para la validación de protocolos de medición y modelos matemáticos de simulación.
--	--	--	--	--	--	--

15. Presupuesto

Total Estimado del Proyecto: \$ 0,00

15.1. Recursos Humanos - Inciso 1 e Inciso 5

Primer Año

Becarios Inciso 5	Cantidad	Pesos	Origen del financiamiento
1. Becario Alumno Fac.Reg.	3	\$ 144000,00	Facultad Regional
2. Becario Alumno UTN-SAE	0	\$ 0,00	-
3. Becario Alumno UTN-SCTyP	0	\$ 0,00	-
4. Becario BINID	0	\$ 0,00	-
5. Becario Posgrado-Doctoral en el país	0	\$ 0,00	-
6. Becario Posgrado Doctoral en el extranjero	0	\$ 0,00	-
7. Becario Posgrado - Especialización	0	\$ 0,00	-
8. Becario Posgrado - Maestría en el país	0	\$ 0,00	-
9. Becario Posgrado - Maestría en el extranjero	0	\$ 0,00	-

Docentes Investigadores y Otros - Inciso 1	Cantidad	Pesos
1.Administrativo	0	\$ 0,00
2.CoDirector	1	\$ 45000,00
3.Director	1	\$ 75000,00
4.Investigador de apoyo	3	\$ 122000,00
5.Investigador Formado	3	\$ 150000,00
6.Investigador Tesista	0	\$ 0,00
7.Otras	0	\$ 0,00
8.Técnico de Apoyo	0	\$ 0,00

Totales	Inciso 5	Inciso 1	Total
Primer Año	\$ 144000,00	\$ 392000,00	\$ 536000,00

Segundo Año

Becarios Inciso 5	Cantidad	Pesos	Origen del financiamiento
1. Becario Alumno Fac.Reg.	3	\$ 144000,00	-
2. Becario Alumno UTN-SAE	0	\$ 0,00	-

3. Becario Alumno UTN-SCTyP	0	\$ 0,00-	-
4. Becario BINID	0	\$ 0,00-	-
5. Becario Posgrado-Doctoral en el país	0	\$ 0,00-	-
6. Becario Posgrado Doctoral en el extranjero	0	\$ 0,00-	-
7. Becario Posgrado - Especialización	0	\$ 0,00-	-
8. Becario Posgrado - Maestría en el país	0	\$ 0,00-	-
9. Becario Posgrado - Maestría en el extranjero	0	\$ 0,00-	-

Docentes Investigadores y Otros - Inciso 1	Cantidad	Pesos
1.Administrativo	0	\$ 0,00
2.CoDirector	1	\$ 45000,00
3.Director	1	\$ 75000,00
4.Investigador de apoyo	3	\$ 122000,00
5.Investigador Formado	3	\$ 150000,00
6.Investigador Tesista	0	\$ 0,00
7.Otras	0	\$ 0,00
8.Técnico de Apoyo	0	\$ 0,00

Totales	Inciso 5	Inciso 1	Total
Segundo Año	\$ 144000,00	\$ 392000,00	\$ 536000,00

TOTAL GENERAL	Inciso 5	Inciso 1	Total General
Todo el Proyecto	\$ 288000,00	\$ 784000,00	\$ 1072000,00

15.2 Bienes de consumo - Inciso 2

Año del Proyecto	Financiación Anual	Solicitado a
1	\$ 15.000,00	Facultad Regional
2	\$ 15.000,00	Facultad Regional
Total en Bienes de Consumo		\$ 30.000,00

15.3 Servicios no personales - Inciso 3

Año	Descripción	Monto	Solicitado a
1	Actividad primer año	\$ 10.000,00	UTN - SCTyP
1	Congresos y seminarios	\$ 15.000,00	UTN - SCTyP
2	Componentes de electrónica y elaboración de plaquetas para prototipos experimentales	\$ 20.000,00	UTN - SCTyP
2	Congresos y seminarios	\$ 15.000,00	UTN - SCTyP
Total en Servicios no personales			\$ 60.000,00

15.4 Equipos - Inciso 4.3 - Disponible y/o necesario

Año	Disp/Nec	Origen	Descripción	Modelo	Otras Espec.	Cantidad.	Monto Unitario	Solicitado a
1	Disponible	Laboratorio de electrónica de la UTN FRN	Medidor de calidad de energía	FLUKE 434	Medidor, registrados y evaluador de variables eléctricas	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional
1	Disponible	Laboratorio de electrónica de la UTN FRN	Osciloscopio Rigol	DS1102D	Instrumento digital de 4 canales	2,00	\$ 0,00	Facultad Regional
1	Necesario	Laboratorio de	Unidad de	Hakko	estacion Doble	1,00	\$	UTN - SCTyP

		electrónica de la UTN FRN	Soldado y desoldado	850	Desoldado Soldado Aire Caliente Smd 850 Htec		10.000,00		
1	Disponible	Laboratorio de electrónica de la UTN FRN	Computadora portable	HP ProBook	Portable Core I5	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional	
2	Disponible	Laboratorio de electrónica de la UTN FRN	Medidor de calidad de energía	FLUKE 434	Medidor, registrados y evaluador de variables eléctricas	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional	
2	Disponible	Laboratorio de electrónica de la UTN FRN	Computadora portable	HP ProBook	Portable Core I5	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional	
2	Disponible	Laboratorio de electrónica de la UTN FRN	Osciloscopio Rigol	DS110D	Instrumento dogital 4 canales	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional	
2	Disponible	Laboratorio de evaluación de aerogeneradores INTI (CutralCó)	Aerogeneradores de baja potencia	Eolocal	Aerogenerador de 1.2 kW de potencia, paso fijo	1,00	\$ 0,00	Organismos públicos nacionales (CONICET, Agencia, INTI, CONEA, etc.)	
Total en Equipos							\$ 10.000,00		

15.5 Bibliografía de colección - Inciso 4.5 - Disponible y/o necesario

Año	Disp/Nec	Origen	Descripción	Modelo	Otras Espc.	Cantidad	Monto Unitario	Solicitado a	
1	Necesario	Ingles	Noramativa IEC-61400-21	Ed. 2008	Measurement And Assessment Of Power Quality Characteristics Of Grid Connected Wind Turbines	1,00	\$ 15.000,00	Facultad Regional	
1	Necesario	Ingles	IEC 61000-4-15	Ed. 2012	Técnicas de ensayo y de medida. Medidor de flicker. Especificaciones funcionales y de diseño	1,00	\$ 5.000,00	Facultad Regional	
1	Necesario	Ingles	Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3-12: Límites para las corrientes armónicas producidas	IEC-61000-3-12	-	1,00	\$ 5.000,00	Facultad Regional	
1	Necesario	Ingles	IEC-61400-3-11	-	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-11: Limits - Limitation of voltage changes, voltage flu	1,00	\$ 5.000,00	Facultad Regional	
2	Necesario	Ingles	Normativa IEC-61000-4-7	Ed. 2004	Medidas armónicos e interarmónicos	1,00	\$ 5.000,00	Facultad Regional	
2	Necesario	Ingles	Noramativa IEC-61000-3-2	Ed. 2014	Límites emisión armónicos	1,00	\$ 5.000,00	Facultad Regional	
2	Necesario	Ingles	Noramativa IEC-61000-3-3	ED. 2012	Limitación de las variaciones de tensión, fluctuaciones de tensión y flicker en las redes públicas d	1,00	\$ 5.000,00	Facultad Regional	
Total en Bibliografía							\$ 45.000,00		

15.6 Software - Disponible y/o necesario

Año	Disp/Nec	Origen	Descripción	Modelo	Otras Espc.	Cantidad	Monto Unitario	Solicitado a
1	Disponible	UTN FRN	Modelado y Simulación	LTspice	Libre Ed.2017	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional
2	Disponible	UTN FRN	Modelado y Simulación	LTspice	Libre Ed.2017	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional
2	Disponible	UTN FRN	Programación micros	ARM	-	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional

2	Disponible	UTN FRN	programación micros	ARM	-	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional
Total en Software							\$ 0,00	

16. Co-Financiamiento

Año	RR.HH.	Bienes de Consumo	Equipamiento	Servicios no personales	Bibliografía	Software	Total
1	\$536.000,00	\$15.000,00	\$10.000,00	\$25.000,00	\$30.000,00	\$0,00	\$616.000,00
2	\$536.000,00	\$15.000,00	\$0,00	\$35.000,00	\$15.000,00	\$0,00	\$601.000,00
Total del Proyecto	\$1.072.000,00	\$30.000,00	\$10.000,00	\$60.000,00	\$45.000,00	\$0,00	\$1.217.000,00

Financiamiento de la Universidad

Universidad Tecnológica Nacional - SCyT	\$ 70.000,00
Facultad Regional	\$ 1.147.000,00

Financiamiento de Terceros

Organismos públicos nacionales (CONICET, Agencia, INTI, CONEA, etc.)	\$ 0,00
Organismos / Empresas Internacionales / Extranjeros	\$ 0,00
Entidades privadas nacionales (Empresas, Fundaciones, etc.)	\$ 0,00
Otros	\$ 0,00
Total	\$ 1.217.000,00

Avales de aprobación, Financiamiento y Otros

	Orden	Nombre de archivo	Tamaño
Descargar	1	CV2019_04_Ruben_Bufanio.pdf	452879
Descargar	2	curriculumAriel_Academico_2019.pdf	174532
Descargar	3	curriculumGustavoMonte2018dic18.pdf	164533
Descargar	4	CURRICULUMVITAECarlosWildCañon.pdf	218144
Descargar	5	CURRICULUMVITAEGuillermoLamilla.pdf	86035
Descargar	6	Curriculumvitae.pdf	110700
Descargar	7	CurriculumVitae-LucasMaximilianoSolorzano.pdf	210157
Descargar	8	CVAmadioMariano.pdf	244411
Descargar	9	CV_AndresZappa_04_2019.pdf	107437
Descargar	10	CV_Completo_MARASCO_DAMIANNESTOR2.pdf	116179
Descargar	11	NOTANº1-218-19-pdf.pdf	222033
Descargar	12	CVSCARONENorberto.pdf	284892
Descargar	13	AVALPIDINTI.pdf	345644
Descargar	14	avalbufanio29650.pdf	394993
Descargar	15	CV_Liscovsky_Pablo.pdf	78306
Descargar	16	ROliva18-03-2018_CurriculumVitae.pdf	666135
Descargar	17	resolucionpidbufanio.pdf	478279

Currículums (Currículums de los integrantes cargados en el sistema)

Imprimir

Exportar a PDF