

DATOS GENERALES DE LA SOLUCIÓN

DATOS GENERALES DE LA SOLUCIÓN

Título

Cuantificación de incertidumbre e identificación de eventos extremos en escenarios de producción renovable generados.

Duración de la propuesta: 12 Meses

Departamentos donde se desarrollará: Montevideo

Presupuesto

Cargo al proyecto	Otros aportes	Total
UYU 575.000,00	UYU 520.000,00	UYU 1.095.000,00

RESUMEN PUBLICABLE

La generación de electricidad mediante fuentes renovables es la alternativa de producción que el país ha privilegiado en su actual matriz energética. El cambio climático podría poner en peligro la estrategia energética del país, ya que podrían darse condiciones donde una o más fuentes primarias escaseen y también induciendo intermitencias mayores a las deseadas en la producción de electricidad. Este proyecto propone cuantificar las incertidumbre en la generación de energía renovable en el contexto de los escenarios de cambio climático. En última instancia se pretende generar herramientas estadísticas que permitan calibrar las probabilidades de observar eventos extremos en la generación de energía a partir de fuentes renovables, así como describir su duración en intensidad esperada.

ÁREAS

Sector/Núcleo de problemas y oportunidades: Energía

Áreas tecnológicas a priorizar: Otra

Especifique el área: Métodos estadísticos para ciencia de datos

DESAFÍO

Nombre del desafío: Generación de escenarios de generación renovable para la simulación de la operación en Uruguay: impacto del cambio climático de los recursos meteorológicos asociados

ORGANIZACIONES INVOLUCRADAS

Institución proponente: Universidad de la República / Área Social y Artística / Instituto de Estadística, Facultad de Ciencias Económicas y de Administración

Sector: Sector Educación Superior/Público

Departamento: Montevideo

País: Uruguay

Ciudad: Montevideo

Dirección: Gonzalo Ramirez 1926

Teléfono: 24118839

Email: ignacio.alvarez@fcea.edu.uy

Web: www.fcea.udelar.edu.uy

RECURSOS HUMANOS

Responsable técnico-científico: Ignacio ALVAREZ CASTRO

Documento: Cédula de Identidad 28131388

Organización: Universidad de la República / Área Social y Artística / IESTA

Sector Organización: Sector Educación Superior/Público

País Organización: Uruguay

Dedicación al proyecto (horas semanales): 10 **Meses de participación en el proyecto:** 12

Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto: responsable

Investigador: Jairo Cugliari

Documento: Cédula de Identidad 29532864

Organización: Universidad Luminere, Lyon 2

País Organización: Francia

Dedicación al proyecto (horas semanales): 5 **Meses de participación en el proyecto:** 12

Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto: Participación en todas las etapas del proyecto: planificación, búsqueda y selección de los modelos, manejo de los datos climáticos y de generación, implementación de modelos estadísticos y métodos para extremos. Tutoría del trabajo del estudiante de informática.

Investigador: Leonardo Fabian MORENO ROMERO

Documento: Cédula de Identidad 29167081

Organización: Universidad de la República / Área Social y Artística / IESTA, FCEA, Udelar

Sector Organización: Sector Educación Superior/Público

País Organización: Uruguay

Dedicación al proyecto (horas semanales): 5 **Meses de participación en el proyecto:** 12

Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto: Participación en los aspectos estadísticos de la estimación de extremos multivariantes e inferencia conforme.

Responsable económico y financiero: Ignacio ALVAREZ CASTRO

Documento: Cédula de Identidad 28131388

Organización: Universidad de la República / Facultad de Ciencias Económicas y de Administración / IESTA

Sector Organización: Sector Educación Superior/Público

País Organización: Uruguay

Dedicación al proyecto (horas semanales): 5 **Meses de participación en el proyecto:** 12

Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto: Aparte de las tareas de responsable científico, realizar el monitoreo de los aspectos financieros del mismo.

Responsable por la ejecución: Ignacio ALVAREZ CASTRO

Documento: Cédula de Identidad 28131388

Teléfono: 092107576

Email: ignacio.alvarez@fcea.edu.uy

Organización: Universidad de la República / Facultad de Ciencias Económicas y de Administración / IESTA

Sector Organización: Sector Educación Superior/Público

País Organización: Uruguay

Dedicación al proyecto (horas semanales): 5 **Meses de participación en el proyecto:** 12

Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto: Monitorear la ejecución de las actividades y gastos de dinero del proyecto.

Investigador a contratar

Perfil: Estudiante avanzado o recientemente recibido de Licenciatura en Estadística

Dedicación al proyecto (horas semanales): 20 **Meses de participación en el proyecto:** 12

Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto: Manejo de datos climáticos e implementación de modelos estadísticos.

Investigador a contratar

Perfil: Estudiante avanzado de informática

Dedicación al proyecto (horas semanales): 35

Meses de participación en el proyecto: 4

Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto: Implementar los aspectos de ingeniería de datos del proyecto. Manejo, preparación de los datos climáticos proyectados, los datos históricos de generación y recursos primarios.

CONTENIDO TÉCNICO

Antecedentes de los proponentes de la solución:

El Instituto de Estadística (IESTA) de la Facultad de Ciencias Económicas y Administración se encarga de la formación de Licenciado en Estadística, y se ocupa tanto de la investigación en estadística tanto para problemas académicos como aplicados.

El equipo de trabajo tiene formación estadística pero con especialización en la aplicación de métodos estadísticos en problemas relevantes para este proyecto. En particular han sido responsables de proyectos financiados por ANII en predicción de consumo eléctrico y modelos para entender impacto de cambio climático en olas de temperatura extrema.

En primer término el proyecto ANII-FSE 10886 “Modelos de previsión de demanda de corto plazo” (2014) en el que se propusieron un conjunto de modelos de predicción puntual adaptados a las necesidades del Despacho de Cargas de UTE, en particular se utiliza una resolución temporal horaria. Los modelos fueron implementados en la biblioteca enercast del software estadístico R (<https://github.com/cugliari/enercast>). Por otro lado, el proyecto ANII-FSDA 144032 “Modelado de temperaturas extremas en Uruguay”, donde se implementaron métodos para imputar valores faltantes en las series históricas de temperatura diaria, y la utilización de las series con trayectorias simuladas para la identificación y caracterización de olas de temperatura extremas. Los productos resultado del proyecto se pueden encontrar disponibles y abiertos (https://github.com/nachalca/statClima_FSDA)

Jairo Cugliari es Dr en Estadística y profesor de la universidad Lumière Lyon 2, Francia. Desde el trabajo en su tesis doctoral, su principal área de especialización es la modelización y predicción de demanda de energía eléctrica. Ha publicado varios artículos académicos sobre el tema (Antoniadis et al, 2013, 2014, 2015, Cugliari y Poggi, 2018), trabajó en el grupo de previsión de corto plazo de Electricité de France (EDF), fué responsable científico del proyecto

ANII-FSE 10886 de especial interés para este proyecto (ver arriba) y participó en los proyectos ANII FSDA 144032 y FSE 10764 (modelos para aportes de agua en las 3 represas del sistema uruguayo) . Recientemente, ha trabajado en la predicción de generación eléctrica a partir de recursos renovables (Nagbe et al, 2017).

Ignacio Alvarez-Castro es Dr en estadística y profesor adjunto del Instituto de Estadística (IESTA) de FCEA, UdelAR. Su área de especialización es estadística Bayesiana, ha participado en múltiples investigaciones aplicadas en diversas disciplinas, como experto en estadística aplicada. Fue responsable científico del proyecto ANII FSDA 144032 de especial interés para este proyecto (ver arriba).

Leonardo Moreno es Dr en estadística y profesor adjunto del Instituto de Estadística (IESTA) de FCEA, UdelAR. Su área de especialización es estadística no paramétrica y estadística de extremos, ha participado también en múltiples investigaciones aplicadas en diversas disciplinas. Su maestría fue realizada sobre la modelización de campos espaciales extremos mediante la utilización de los procesos máx-estables. También ha dirigido diversas tesis de estudiantes en esta última temática.

Descripción de la Propuesta de solución:

La generación de electricidad mediante fuentes renovables es la alternativa de producción que el país ha privilegiado en su actual matriz energética. Las fuentes renovables usadas en el país inducen producciones intermitentes, en función de la disponibilidad del recurso primario. Es necesario un conocimiento profundo de las fuentes generadoras para poder anticipar la disponibilidad del recurso. Con ello se logra un mejor nivel de optimización del mix productivo, lo que conduce a una disminución de los costos productivos, una mejor planificación de los programas de mantenimientos, reduciendo los momentos de indisponibilidad.

El cambio climático podría poner en peligro la estrategia energética del país, ya que podrían darse condiciones donde una o más fuentes primarias escaseen, induciendo intermitencias mayores a las deseadas en la producción de electricidad. Al mismo tiempo, también podría ocurrir que los recursos primarios puedan generar situaciones de sobredisponibilidad. A modo de ejemplo, en la descripción del desafío se menciona el aumento en la frecuencia de sequías de gran magnitud en Uruguay y la región, esto tiene un impacto negativo directo sobre la producción de energía hidráulica pero también puede traer condiciones donde la generación eólica y/o solar se beneficien. Es relevante poder cuantificar el impacto y la incertidumbre de este tipo de eventos sobre el global de energía de fuentes

renovables.

Este proyecto propone cuantificar las incertidumbres en la generación de energía renovable en el contexto de los escenarios de cambio climático sugeridos en CIMP6 (Coupled Model intercomparison Project). En última instancia se buscan eventos extremos en la generación de energía a partir de fuentes renovables, y disponibilizar herramientas estadísticas que permitan calibrar las probabilidades de observar dichos eventos, así como describir su duración en intensidad esperada.

En base a datos históricos de generación de energías por fuentes renovables (solar, eólica, hidráulica) y de recursos primarios (viento, lluvia, radiación, temperatura) se debe calibrar un modelo estadístico para pasar de los recursos primarios a la generación global por fuentes renovables. Luego, utilizando las trayectorias simuladas de recursos primarios provistas por CIMP6 bajo diferentes escenarios de cambio climático, se pueden obtener trayectorias simuladas de generación de electricidad. Finalmente, se pueden estimar extremogramas y curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) para caracterizar los eventos extremos en las series de generación futura.

Objetivos y Metodología de trabajo:

Como se mencionó anteriormente, el objetivo general de la propuesta es cuantificar la incertidumbre sobre eventos extremos en la generación de energía a partir de fuentes renovables. Para esto es necesario dar algunos pasos intermedios, que dan lugar a objetivos específicos del proyecto.

En primer lugar, se deben obtener datos históricos de generación de energía y recursos primarios para establecer un modelo predictivo de la generación de cada fuente. La literatura científica e industrial es abundante en este tema, teniendo hoy un conocimiento profundo de los fundamentos que explican la disponibilidad del recurso. Proponemos utilizar métodos basados en modelos físicos existentes, por ejemplo las opciones asociadas al proyecto PRONOS (<https://pronos.adme.com.uy/>) así como una aproximación de tipo aprendizaje automático (e.g. aplicando h2o en forma semiautomática (Ledell y Poirier (2020)) para construir el modelo predictivo. Para este paso intermedio, los datos históricos de generación serán pedidos a UTE.

Un segundo aspecto, es adaptar las series proyectadas de recursos primarios a las necesidades para obtener series de última generación. Es necesario contar con herramientas acordes para manipular estos datos y aplicar metodologías de

downscaling estadístico. Nos proponemos utilizar la biblioteca climateR (Iturbide, et al. (2019)) que consiste en un conjunto de paquetes de R diseñados para el acceso y post-procesamiento de datos climáticos incluyendo corrección de sesgo y downscaling, entre otras cosas (<https://github.com/SantanderMetGroup/climate4R>). En el caso del downscaling es posible explorar otras metodologías que utilizan por ejemplo resultados recientes en multiresolución.

Por último, la aplicación del modelo predictivo a las series proyectadas de recursos primarios nos permite obtener trayectorias futuras de generación. El conjunto de trayectorias de producción puede permitir evaluar la incertidumbre de la predicción, en particular estimando la ley predictiva subyacente (objetivo inferencial). Nos proponemos caracterizar estos eventos extremos con curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) la cuales son muy utilizadas en varias aplicaciones de ingeniería (Ouali y Cannon, (2018)) y pueden ser estimadas con distintos métodos estadísticos (Huard, Mailhot, & Duchesne, (2010); Ouali y Cannon, (2018)). Estas herramientas deben ser adaptadas al caso multivariado, como en Davis, Mikosch & Cribben, (2011) para el caso del extremograma. También es posible en este contexto la modelización del fenómeno mediante cópulas (Patton (2013)), y en particular cópulas extremas.

PRESUPUESTO

Rubro	Cargo al proyecto	Otros aportes	Total
Adecuación edilicia	0	0	0
Equipamiento laboratorio	0	0	0
Otros equipos	0	0	0
Material bibliográfico	0	0	0
Materiales e insumos	0	0	0
Software y licencias	0	0	0
Personal técnico	250.000	520.000	770.000
Consultores	0	0	0
Capacitación	0	0	0
Servicios	0	0	0
Viáticos y estadías	80.000	0	80.000
Protección propiedad intelectual	0	0	0

Otros costos	0	0	0
Imprevistos	0	0	0
Gastos de administración	35.000	0	35.000
Pasajes	210.000	0	210.000
Total UYU	575.000	520.000	1.095.000

Otras fuentes de financiamiento con las que cuenta este proyecto: El trabajo de los investigadores es aportado por sus instituciones: FCEA y Lyon 2. Adicionalmente, el pasante de informática también es financiado con fondos de Lyon 2.

DOCUMENTOS ADJUNTOS

Carta aval (aval)

CV (cv-alvarez)

CV (cv-moreno)

CV (cv-cugliari)

Exportador de : FSE_S_2022_1