

Experiencia en instalación y adaptación de sistema de monitoreo para instalaciones fotovoltaicas

Experience in the installation and adaptation of a monitoring system for photovoltaic installations

Presentación: 13 y 14 de septiembre de 2023

Mateo A. Cignetti

CIDEME UTN Facultad Regional San Francisco
mateocig18@gmail.com

Esteban Ceré

CIDEME UTN Facultad Regional San Francisco
esteban.cere@gmail.com

Mauricio Lazo

CIDEME UTN Facultad Regional San Francisco
lazomauri@gmail.com

Gerardo D. Szwarc

CIDEME UTN Facultad Regional San Francisco
gszwarc@facultad.sanfrancisco.utn.edu.ar

Diego M. Ferreyra

CIDEME UTN Facultad Regional San Francisco
dferreyra@sanfrancisco.utn.edu.ar

Resumen

En 2015, en la UTN Facultad Regional San Francisco se implementó una instalación solar fotovoltaica de 2,8 kW en formato de generación distribuida. En 2022, se incorporó un sistema de monitoreo para instalaciones fotovoltaicas, que debió ser adaptado a la instalación ya existente. Este sistema permite medir diferentes variables que afectan el funcionamiento, como radiación, temperatura del módulo, temperatura ambiente y velocidad del viento; y monitorear la energía generada por la instalación. Las mediciones se procesan y transfieren a la nube, permitiendo la accesibilidad a los mismos desde un dispositivo con conexión a internet, mediante usuario y contraseña. Durante la instalación se debieron realizar pruebas de funcionamiento sobre banco y corroborar las formas de conexión, para posteriormente definir correctamente los lugares y elementos necesarios en la disposición final de los equipos. La interacción entre docentes, graduados y alumnos jugó un papel fundamental para el desarrollo de la instalación y la transferencia de conocimientos.

Palabras claves: fotovoltaica, generación distribuida, monitoreo, sensores.

Abstract

In 2015 a 2,8 KW photovoltaic solar installation with distributed generation was implemented in the San Francisco UTN Regional Faculty. In 2022, a monitoring system for photovoltaic installations was installed, which had to be adapted to the existing installation. This system allows for the measurement of different variables that affect operation, such as radiation, module temperature, ambient temperature and wind speed; and monitoring the energy generated by the installation. The measurements are processed and transferred to the cloud, allowing access to this data from any internet-connected device, through user and password. During the installation, bench tests had to be performed to corroborate operation and connection modes, to subsequently define the

correct spots and necessary elements for the final arrangement of the equipment. The interaction between professors, graduates and students played a fundamental role in the installation development and the transfer of knowledge.

Keywords: photovoltaic, distributed generation, monitoring, sensors.

Introducción

Desde 2015, en la UTN Facultad Regional San Francisco se encuentra emplazada una instalación solar fotovoltaica piloto de 2,8 kW de potencia. La misma cuenta con doce paneles solares fotovoltaicos de la marca Brandoni® (Brandoni, 2012) que ocupan una superficie aproximada de 20 m² y un inversor de 2,8 kW de la marca AEG® (AEG, 2012). Además, una de las principales características que presenta esta instalación es que desde sus inicios fue realizada por alumnos en conjunto con docentes y graduados. (Ferreyra et ál., 2017) (Ferreyra et ál., 2018).

A lo largo de los años, a la instalación se le fueron anexando diferentes elementos que permiten avanzar con la investigación de temas referentes a la generación de energía (Szwarc et ál., 2020). La última incorporación corresponde a un sistema de monitoreo de instalaciones fotovoltaicas adaptado, dentro del cual se encuentra un sensor de insolación (Fig. 1^a), uno de velocidad del viento (Fig. 1^b) y dos de temperatura (uno para la medición de temperatura de superficie del módulo fotovoltaico (Fig. 1^c) y otro, para la medición de la temperatura ambiente (Fig. 1^d). Se incluye también un dispositivo para el conteo de la energía generada por la instalación solar fotovoltaica (Smart Meter).



Figura 1a: Sensor de insolación



Figura 1b: Medidor de velocidad de viento

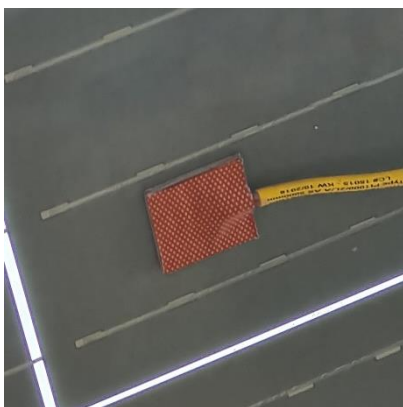


Figura 1c: Sensor de temperatura del módulo fotovoltaico



Figura 1d: Sensor de temperatura ambiente

El nuevo sistema permite medir diferentes variables que afectan el funcionamiento de la instalación. La más relevante es la radiación solar dado que influye en mayor medida en la generación de energía. Por otro lado, la temperatura también influirá en el funcionamiento del panel solar, generando una disminución tanto de la potencia como de la tensión y un aumento de la corriente (Brandoni, 2012). En este punto, si bien los valores de temperatura que se deben considerar son aquellos respecto a la del panel, la temperatura ambiente juega un papel importante debido a que es la mínima que tendrá el módulo. Al poder cuantificar estas variables, y junto a las características provistas por el fabricante en la hoja de datos de los paneles solares, se podría estimar la energía que se estaría generando bajo determinadas condiciones, limitadas por los valores medidos.

En cuanto a la velocidad del viento es una de las variables de menor importancia ya que, si bien el flujo de aire alrededor de los paneles contribuye a la disipación del calor generado, el impacto que presenta para esta aplicación solar es menor. En otras aplicaciones tal como la energía solar térmica, la disipación de calor por viento implica la pérdida de energía térmica del fluido que se haya calentado, y en consecuencia una disminución de la eficiencia del sistema. (Duffie, J. et. al. 2013: 163-165).

Desarrollo

Los datos medidos por los sensores mencionados y el contador de energía son procesados y transferidos a la nube mediante los equipos electrónicos de la marca Fronius® que se detallan a continuación.

- Datamanager Box 2.0: este dispositivo permite enviar los datos de las mediciones al portal online de Fronius mediante conexión LAN o WLAN.
- Sensor Box: En este equipo se conectan los sensores y permite transmitir los datos al Datamanager (Fronius, 2011b). Debido a la longitud de los conductores de los sensores se decidió instalar el equipo en un gabinete apto para exteriores, cerca del lugar donde se realizará el emplazamiento. Esto permitió que no se deba realizar empalmes o extensiones de cables que puedan introducir errores en las mediciones.

Cabe destacar que si bien un inversor de la marca Fronius permitiría acceder a funciones avanzadas del sistema (Fronius, 2011a), en la instalación sobre la cual se ha implementado no se cuenta con dicho dispositivo. Por este motivo, sólo se podrá recolectar y enviar datos de los sensores instalados a la nube, accediendo a los mismos mediante el portal web de Fronius.

El primer desafío a superar en la instalación de los dispositivos, fue que los mismos no disponían de una fuente de alimentación para su uso, dado que están diseñados para utilizarse en una red “Fronius Solar Net” con equipos de la misma marca. En dicha red, el inversor se encarga de alimentar a los equipos conectados en una red anillo. Siguiendo las indicaciones del manual de uso de ambos dispositivos, se optó por utilizar dos adaptadores AC a DC de 220 V a 12 V de salida, con capacidad de suministrar hasta 2 A (Fronius, 2019a) (Fronius, 2019b). Para la ficha hembra que se conecta a los dispositivos, se reciclaron fichas de panel frontal de E/S de un ordenador viejo.

Para la interconexión en anillo entre el Datamanager y el Sensor Box se utilizó un cable Ethernet FTP CAT 5, confeccionados según la norma TIA/EIA-568B (Telecommunication Industry Association; 2001), y las clavijas finales Fronius Solar Net para cerrar dicho anillo. En la Fig. 2 se muestra el esquema de conexión entre los sensores, el Sensor Box, Datamanager y el Smart meter.

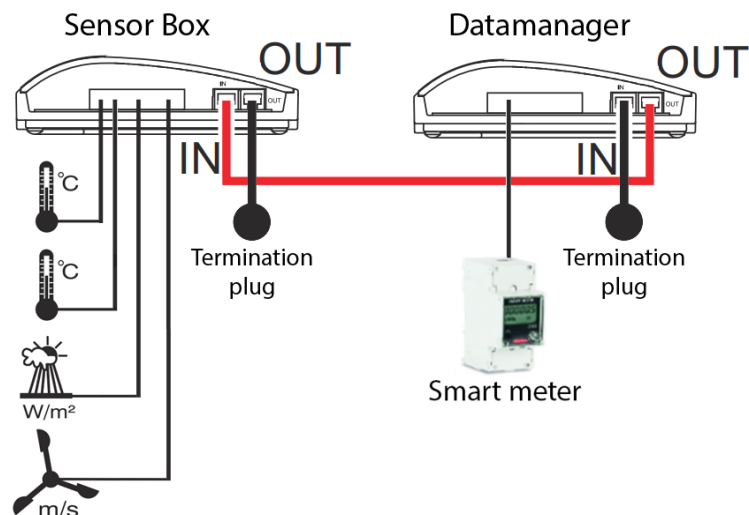


Figura 2: Diagrama de conexión entre los equipos instalados. Elaboración propia con datos de Fronius, 2019^a

Previo a la instalación definitiva de los equipos mencionados se realizaron pruebas funcionales sobre banco, es decir, se alimentaron y conectaron los dispositivos sobre una mesa sin instalarlos en un gabinete, con la finalidad de corroborar el funcionamiento e intercomunicación de los mismos. En dichas pruebas, inicialmente se comprobó la polaridad de la entrada de alimentación del Sensor Box y el Datamanager, ya que al no disponer de la fuente original y su correspondiente conector, se corría el riesgo de conectar de forma incorrecta el adaptador AC a DC y dañar los dispositivos. Para ello, se inspeccionaron y midieron las placas electrónicas de ambos equipos encontrando la polaridad correcta. Seguidamente se conectaron el Datamanager y el Sensor Box

con dos cables de red, formando el anillo de interconexión que detalla el fabricante, sin embargo en la disposición final se utilizó un único cable y las clavijas finales que provee el fabricante para cerrar el anillo, simplificando la instalación.

En las pruebas sobre banco también se comprobó que el Sensor Box puede ser alimentado desde el Data Manager a través del cable de red, sin embargo como detallaremos más adelante, no se utilizó de esta manera debido a que estaba previsto un circuito de alimentación en el tablero que contiene al Sensor Box, aprovechando de este modo la conexión disponible y quedando ambos equipos conectados con sus propias fuentes. De esta manera se garantiza que al fallar un suministro de energía, el sistema permanecerá alimentado y se evitará la pérdida de datos. La última prueba consistió en realizar el conexionado de la totalidad de los sensores al Sensor Box y, la conexión del mismo con el Data Manager utilizando el cable de red que luego se dispondría en la instalación final. Posteriormente se configuraron y probaron todos los sensores en el Sensor Box.

Para la configuración del Sensor box, se utilizó el programa Solar.Service, activando los canales *Temperature 1* para el sensor de temperatura de los paneles, *Temperature 2* para el sensor de temperatura ambiente, *Digital 2* para el sensor de velocidad de viento e *Insolation* para el sensor de irradiación. Los canales de *Temperature 1* y *Temperature 2* se configuraron en grados Celsius. Para el canal *Digital 2*, se seleccionó el factor de calibración de 1,45 a fin de obtener una medición en km/h (Fronius, 2019b), mientras que para el canal *Insolation* uno de 78,26 según indicaba el sensor de insolación en su placa.

El Datamanager fue conectado a una red WiFi y configurado para la sincronización con la nube Solar.Web, con una frecuencia de datos de 5 minutos.

Para la instalación de los dispositivos, uno de los desafíos fue la ubicación de los gabinetes y el cableado correspondiente, ya que la sala de operaciones de la instalación fotovoltaica se encuentra a una distancia considerable de los paneles solares. Además, fue necesario realizar el cableado por una sala contigua, asegurando mediante cajas estancas que las perforaciones de las paredes exteriores no comprometerán el interior de las salas, evitando el pasaje de humedad, polvillo e incluso insectos.

Para la incorporación de los nuevos equipos fueron necesarios dos gabinetes, uno apto para exteriores en la zona de los paneles que contiene el Sensor Box (Fig. 3^a), y otro en la sala de operaciones resguardando el Datamanager y el Smart Meter (Fig. 3^b). La ubicación seleccionada es tal que permite tener fácil acceso para posibles tareas de mantenimiento, a la vez que son visibles para el público que visita la instalación (AEA 90364-7-712, 2015).

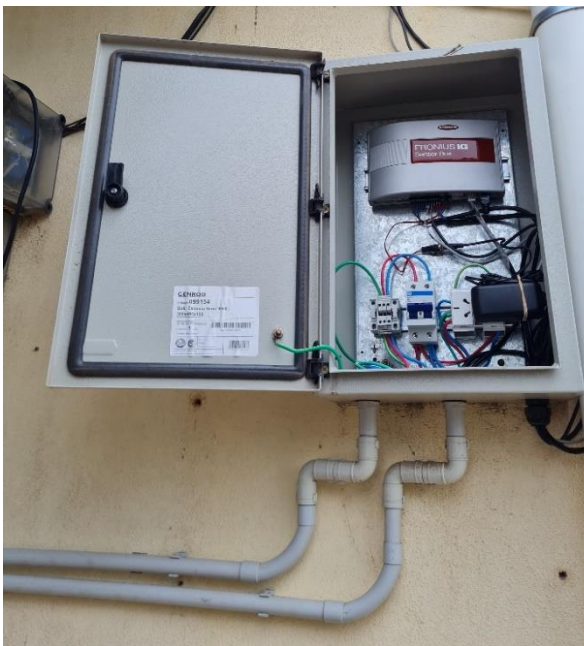


Figura 3a: Tablero para Sensor Box



Figura 3b: Tablero para Datamanager

Para la ubicación del gabinete exterior, se debió prestar especial atención al posicionamiento de los sensores, dado que la longitud de los conductores constituyó el principal limitante de las posibles ubicaciones del mismo. Además de los equipos mencionados, ambos gabinetes contienen una llave termomagnética, tomacorrientes para la instalación de las fuentes de alimentación, así como entradas y salidas separadas para los cables de alimentación de tensión y transferencia de datos. Otro punto importante que se debió considerar durante la instalación de este equipo es que se encuentra a la intemperie, en uno de los techos más elevados del edificio

principal de la universidad, por lo cual se debió tener cuidado en cuanto a la cantidad de gente trabajando en simultáneo, las inclemencias climáticas (viento, lluvia, frío, calor, etc.) y la utilización de los elementos de protección personal (EPP) necesarios. Esto permitió a los alumnos tomar conciencia sobre la importancia de considerar la zona dónde se realizan las tareas de instalación de equipos, así como de la utilización de los EPP necesarios.

Respecto al cableado entre los dos gabinetes, se optó por realizar un cableado separado entre datos (con cable Ethernet FTP CAT 5 de una longitud aproximada de 13,5 m) y alimentación eléctrica (con 3 cables: fase, neutro y tierra de 2,5 mm²). De este modo, se logra evitar interferencias y pérdida de información en la transferencia de datos. La sección del conductor de alimentación fue seleccionada en función de la distancia que debía recorrer dicho conductor, de modo que se garantice que la caída de tensión por efecto Joule no afecte significativamente al funcionamiento de los equipos. En todo momento los cables se han mantenido protegidos tanto de posibles golpes como de inclemencias climáticas por cablecanal, caño corrugado y caño apto para exterior. Cada uno fue utilizado en diferentes tramos dependiendo del lugar y las condiciones que presenta cada zona.

Para la conexión entre el Smart Meter y el Datamanager, se utilizó el bloque de terminal del Datamanager, un par trenzado de un cable Ethernet FTP CAT 5 y la resistencia de terminación incluida con el mismo, siguiendo el diagrama de conexión del fabricante, tal como se muestra en la Fig. 4 (Fronius, 2020).

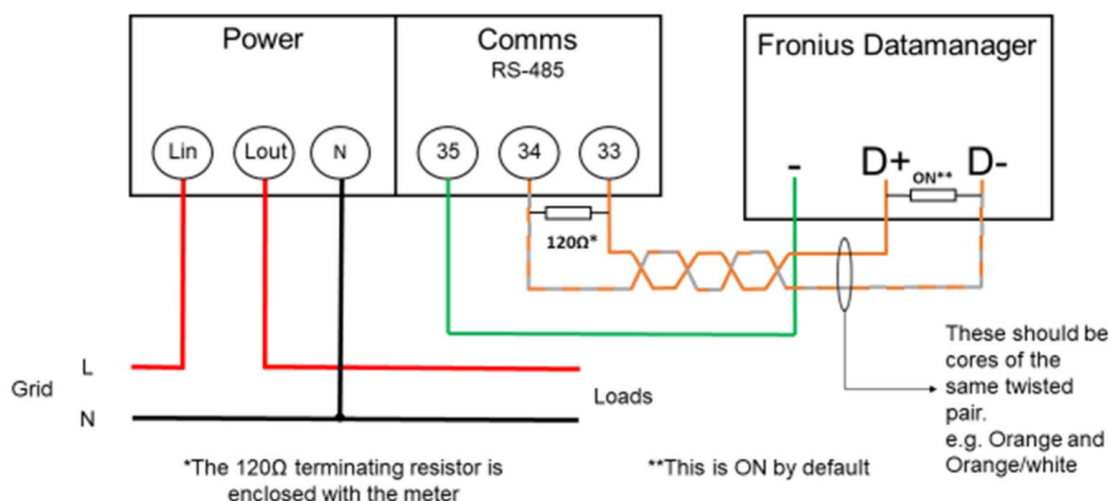


Figura 4: Detalle de conexión de Fronius Smart Meter 63A-1(Fronius, 2020)

Es importante destacar que la insolación solar fotovoltaica y los elementos que se anexionaron con el tiempo, fueron instalados principalmente por alumnos en conjunto con docentes y graduados. La interacción entre estos tres grupos se considera fundamental para favorecer el aprendizaje de los alumnos, a la vez que se favorece el trabajo multidisciplinario. La interacción con graduados ha permitido dar rápida respuesta a problemas que surgieron durante la instalación sin la necesidad de realizar una exhaustiva investigación al respecto, generando de esta forma una transferencia de conocimientos hacia los alumnos que ha permitido un crecimiento fundamental en los mismos, así como también queda demostrado el interés del medio socio productivo en este tipo de instalaciones.

El trabajo en conjunto entre alumnos de las carreras de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Electrónica, ambas dictadas en la UTN Facultad Regional San Francisco, ha permitido una transferencia de conocimiento muy amplia, donde ambos grupos al trabajar en conjunto pudieron profundizar en temas ajenos a su carrera.

Por último, el aporte de los docentes pertenecientes a la Universidad fue de vital importancia, dado que han contribuido con conocimiento teórico y práctico en la realización del proyecto y cada una de sus etapas.

Conclusiones

La instalación de los equipos mencionados ha demandado un análisis y selección de las formas de conexión y características a tener en cuenta. Uno de los problemas que se debió resolver es la longitud de los cables de los sensores, los cuales limitaron el espacio dónde se podía instalar el tablero exterior que contiene al Sensor Box. La disposición final se seleccionó de modo tal que no se requiera prolongar los cables de los sensores, a fin de evitar introducir errores en las mediciones. Las pruebas sobre banco dieron lugar a la corroboración del funcionamiento de los equipos y a la solución de dificultades antes de realizar la instalación definitiva, tal como la configuración del Datamanager. Por otro lado, debido a los obstáculos que se encontraban entre el lugar de la instalación y la sala de control, se debió tener especial cuidado en las perforaciones y protecciones utilizadas en

las paredes de modo que se evite el pasaje de humedad, insectos y tierra al interior del edificio, así como también garantizar que tanto el cableado de alimentación de tensión como el de transferencia de datos, se encuentren protegidos y separados en todo momento, evitando posibles daños e interferencias en la señal. La interacción entre alumnos, docentes y graduados ha generado una transferencia de conocimientos fundamental en el crecimiento de los alumnos, y permitió dar respuesta a múltiples variables en el proceso de instalación.

Referencias

- AEA 90364-7-712. (2015). *"Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles. Parte 7: Reglas particulares para las instalaciones en lugares y locales especiales. Sección 712: Sistema de suministro de energía mediante paneles solares fotovoltaicos"*. Argentina.
- AEG Power Solutions GmbH. (2012). *"Protect PV 2000 & 2800 On-Grid Solar Inverter. Operating Instructions"*, Warstein-Belecke (Germany).
- Brandoni. (2012). "Módulo FV BRP6360064-XXX".
- Duffie, J., Beckmann, W. (2013): 163-165. *"Solar Engineering of Thermal Processes"*, Fourth Edition, Wiley Interscience, New York.
- Ferreira, D. M.; Sarmiento, A. C.; Szwarc, G. D.; Rocchia, N. J. (2018). *"Experiencia en la implementación, operación y divulgación de una instalación solar fotovoltaica piloto en Argentina"*, "Tecnología y Ciencia", Año 16, Nro. 31, pp. 163-172, ISSN 1666-6917, Rectorado UTN.
- Ferreira D. M., Sarmiento A. C., Rocchia N. J., Szwarc G. D. (2017), *"Impacto de una instalación solar fotovoltaica piloto con conexión a red en el interior de Argentina"*, Actas del Segundo Congreso de Investigación y Transferencia Tecnológica en Ingeniería Eléctrica (II CITTIE), Buenos Aires (Argentina), ISSN 2591-3913, vol. 1, nro. 1, pp. 1-10.
- Fronius. (2011a). *Fronius Datamanager Box 2.0*. Datasheet.
https://www.fronius.com/~/downloads/Solar%20Energy/Datasheets/SE_DS_Fronius_Datamanager_2_0_EN.pdf
- Fronius. (2011b). *Fronius Sensor Box / Card*. Datasheet.
https://www.fronius.com/~/downloads/Solar%20Energy/Datasheets/SE_DS_Fronius_Sensor_Card_Box_EN.pdf
- Fronius. (2019a). *Fronius Datamanager Box 2.0*. Operating instructions.
<https://www.fronius.com/~/downloads/Solar%20Energy/Operating%20Instructions/42,0426,0191,EA.pdf>
- Fronius. (2019b). *"How to setup Fronius Sensor Box / Card. Quick Guide"*.
https://www.fronius.com/~/downloads/Solar%20Energy/Quick%20Guides/SE_QG_How_to_setup_Fronius_Sensors_EN.pdf
- Fronius. (2020). *"How to install a Fronius Smart Meter 63A-1 and 63A-3"*
https://www.fronius.com/~/downloads/Solar%20Energy/Quick%20Guides/SE_QG_How_To_Install_A_Fronius_Smart_Meter_EN.pdf
- Szwarc, Gerardo D., Rocchia Nicolás J., Ferreira Diego M. (2020) *"Validación de las mediciones de energía del inversor de una instalación solar fotovoltaica conectada a red"*. Jornadas de Ciencia y Tecnología 2020 "50 aniversario" de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco. ISBN: 978-950-42-0201-1. pp 35-35. <https://ria.utn.edu.ar/handle/20.500.12272/7039>
- Telecommunication Industry Association (2001). *"Estándares de Cableado para Edificios Comerciales"* (Norma número 568B). <https://tiaonline.org/>