

DESARROLLO DEL SISTEMA PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE UNIDADES DE CORRIENTE IMPRESA DE LITORAL GAS

Ing. Luciano Maraviglia, Supervisor de Protección Catódica de Litoral Gas.

luciano.maraviglia@litoralgas.com.ar

SINOPSIS

En el marco de las restricciones operativas impuestas durante la pandemia del año 2020, la empresa se vio imposibilitada de recurrir a contratistas externos para llevar adelante el relevamiento de potenciales On-Off en la ciudad de Rosario.

Como estrategia de mitigación se decidió encarar el desarrollo interno de interruptores satelitales propios denominados SwiMa. Esta decisión implicó asumir un riesgo técnico considerado razonable, aceptando la posibilidad de que los nuevos equipos presentaran un nivel de robustez inferior al de soluciones comerciales consolidadas. Sin embargo, los resultados obtenidos en campo superaron ampliamente las expectativas, ya que los dispositivos demostraron una tasa de fallos inferior a la de equipos comerciales comparables, y una notable facilidad de instalación y puesta en marcha.

El excelente desempeño observado en campañas sucesivas, estimularon la ampliación progresiva del alcance original, hasta obtener una unidad de tele medición y control de Unidades de Protección Catódica por Corriente Impresa (UPCCI), denominada UpMast, plenamente integrada a SCADA de LG (Litoral Gas).

El primer prototipo funcional de UpMast se instaló en 2021. Desde entonces, el sistema evolucionó mediante un proceso de mejoras iterativas, que incluyó la adopción de microcontroladores de 32 bits, la migración de comunicaciones de 2G a 4G, mejoras en la interface de usuario, pasando del uso de pantallas LCD, a servidores web interactivos y con herramientas de diagnóstico, la estandarización de componentes SMD, mejoras del diseño de la PCB enfocadas a mejorar la producción a escala, y una reducción de volumen de aproximadamente el 50 %.

El desarrollo ha demostrado su importancia en la prevención de la corrosión ya que con apenas el 10% de los rectificadores integrados al SCADA, se logró una reducción sustancial en los tiempos de inactividad no programada de las UPCCIs. En ausencia de monitoreo remoto, los controles se realizan cada 2 meses mediante recorridos en campo, lo que estadísticamente implica que, en promedio, cada falla permanece sin detectar durante 30 días.

Desde la integración de las UPCCIs al sistema SCADA se detectaron de manera inmediata 10 incidentes, lo que equivale a una reducción acumulada de aproximadamente 300 días de equipos fuera de servicio, mitigando significativamente el riesgo de corrosión en la infraestructura protegida.

A enero de 2026, 22 unidades UpMast se encuentran integradas al SCADA reportando datos en tiempo real, con un plan de expansión que prevé alcanzar la totalidad de los rectificadores del sistema hacia finales del 2030, lo que representa un total de 220 equipos.

INTRODUCCIÓN

Las restricciones operativas existentes durante la pandemia de 2020, enfrentaron a la compañía al riesgo concreto de incumplir el calendario de relevamientos de potenciales On-Off en la ciudad de Rosario.

Hasta ese momento, la estrategia habitual consistía en recurrir a empresas contratistas especializadas, que le permitían a la compañía duplicar temporalmente la dotación de personal especializado y la disponibilidad de interruptores satelitales comerciales.

En el contexto excepcional de la pandemia, esta alternativa dejó de ser viable; asimismo, los plazos de adquisición y las partidas presupuestarias disponibles resultaban incompatibles con la compra de nuevo equipamiento en el volumen requerido.

Frente a este escenario, con recursos y tiempos que superaron toda previsión imaginable, se evaluaron soluciones no convencionales, tomándose la decisión de desarrollar internamente interruptores satelitales propios, denominados SwiMa, concebidos deliberadamente como un equipo mínimo viable.

El objetivo fue reducir al máximo la complejidad del desarrollo, limitando su funcionalidad exclusivamente a la ejecución de un único ciclo fijo de operación: 4 segundos en estado On y 1 segundo en estado Off. El proyecto se abordó asumiendo como tolerable y en cierto modo razonable, que los equipos resultantes pudieran presentar un nivel de robustez inferior al de los dispositivos comerciales disponibles en el mercado.

Contrariamente a las expectativas iniciales, la experiencia en campo demostró que los equipos resultaron ser extremadamente robustos. Adicionalmente, la simplicidad funcional del dispositivo aceleró significativamente las tareas de instalación en campo, reduciendo simultáneamente los errores de operación y sincronización, permitiendo una operación prácticamente inmediata: conectar el equipo, encenderlo y continuar con el siguiente.

El resultado del proyecto fue tan positivo que la empresa decidió capitalizar la experiencia adquirida y evolucionar el desarrollo, incorporándole nuevas capacidades como: nuevos ciclos de trabajo compatibles con estudios CIS y DCVG, incorporar mediciones analógicas y transmisión de datos mediante red celular 2G hacia el sistema SCADA de LG. Esta evolución dio origen al proyecto UpMast.

Entre 2021 y 2024 se instalaron siete unidades UpMast en condiciones reales de operación, con el objetivo de validar su desempeño a largo plazo en escenarios exigentes, incluyendo exposición a tormentas, altas temperaturas, abundante polvo y condiciones ambientales adversas.

La experiencia acumulada confirmó no solo la confiabilidad del sistema, sino también su adecuada adaptación a los requerimientos operativos del campo.

Actualmente, el proyecto se encuentra en su versión UpMast V3 la cual incorpora mejoras significativas frente a los modelos iniciales, como: menor tamaño, operación sobre redes 4G, interfaz de usuario basada en servidor web, uso de componentes estandarizados y fabricación de placas pensada para la producción a media escala.

Desde la integración de las UPCCIs al SCADA de la compañía, se logró una reducción aproximada de 300 días acumulados de equipos fuera de servicio, incrementando significativamente la confiabilidad del sistema de protección catódica y minimizando la exposición de la infraestructura al riesgo de corrosión.

DESARROLLO

1.1 - Origen

La primera generación de dispositivos fue concebida como una solución mínimamente funcional, orientada exclusivamente a resolver una necesidad operativa concreta: disponer, en un plazo muy reducido, de diez interruptores sincronizables para campañas de relevamiento de protección catódica, plazo incompatible con los mecanismos habituales de adquisición de equipamiento comercial.

Estos primeros equipos, denominados SwiMa, fueron fabricados de manera artesanal, priorizando deliberadamente:

- La simplicidad del circuito electrónico y del firmware
- La disponibilidad local de componentes
- La facilidad de montaje y reparación
- La reducción de dependencias externas

El diseño se limitó estrictamente a la función de interruptor sincronizable con un único ciclo de trabajo (4 s On / 1 s Off), sin interfaz de usuario, ni capacidades de medición o comunicación remota.

1.2 - SwiMa Arquitectura

El núcleo funcional del interruptor SwiMa es un módulo comercial de navegación GNSS, (vulgarmente conocido como GPS), encargado de resolver el problema más crítico del sistema: la obtención de una referencia temporal común, precisa y confiable para todos los equipos, incluso cuando estos se encuentran separados cientos de kilómetros entre sí.

Esta sincronización temporal permite ejecutar ciclos de conmutación simultáneos en los interruptores involucrados en un relevamiento. Un microcontrolador de 8 bits se encarga de interpretar la información temporal provista por el módulo GNSS y gobernar la apertura y cierre del interruptor de potencia, habilitando o no la inyección de corriente impresa.

El diseño se orientó deliberadamente hacia la simplicidad extrema, focalizándose resolver de manera confiable una única tarea, descartándose explícitamente su uso para otros estudios, como CIS o DCVG, dado que estas tareas no representan un desafío para la compañía.

Las Figuras 1-1 a 1-6 ilustran distintos aspectos de esta primera etapa, incluyendo la arquitectura general, el módulo GNSS utilizado, el proceso de fabricación artesanal y ejemplos de sincronismo real en rectificadores de un mismo sistema.

1.3 - Desempeño

Durante la campaña de relevamiento de 2020 se utilizaron simultáneamente diez interruptores SwiMa y diez equipos comerciales. Al finalizar el relevamiento se registraron fallas en tres dispositivos comerciales, mientras que ninguno de los equipos desarrollados presentó anomalías.

El desempeño de los interruptores propios superó con creces las expectativas ya que todos tomaron sincronismo confiable y estable en menos de 15 minutos, y ninguno sufrió daños.

Además, su uso en campo demostró que contar con un único ciclo de trabajo, y no poseer una interfase de usuario interactiva, lejos de ser un problema, se convirtió en la principal ventaja del interruptor propio, ya que los tiempos de instalación se redujeron notablemente y se eliminó por completo la posibilidad de cometer errores humanos, simplificando notablemente el trabajo del personal, que se redujo al mínimo posible, conectarlos, enchufarlos, e inmediatamente ir a instalar el siguiente interruptor.

En la campaña de On-Off de 2021 se observaron desempeños similares, en esta oportunidad se emplearon interruptores adicionales, totalizando quince equipos propios y diez comerciales.

Nuevamente, se produjeron fallas en tres equipos comerciales, no presentándose anomalías en el equipamiento propio.

Las fallas detectadas en los dispositivos comerciales incluyeron: pérdida de sincronismo, fusibles abiertos, y transistores de potencia en cortocircuito.

Otra de las grandes ventajas inesperadas del proyecto, fue que el tiempo de la gestión de la reparación del equipamiento comercial superó con creces al necesario para fabricar artesanalmente interruptores propios completos.

Estos resultados demostraron que un desarrollo interno, aun con recursos acotados, podía alcanzar niveles de confiabilidad comparables, o incluso superiores, a los de soluciones comerciales.

Figura 1-1: Módulo principal del Interruptor SwiMa

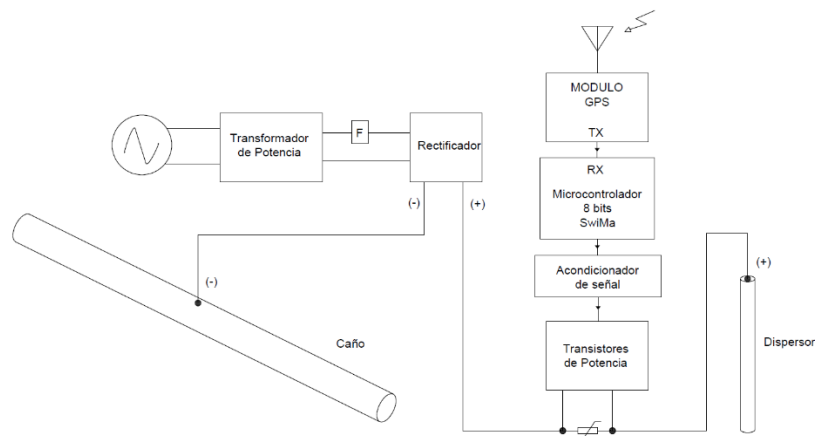


Figura 1-2: Módulo GPS Comercial



Figura 1-3: Fabricación artesanal de los primeros equipos

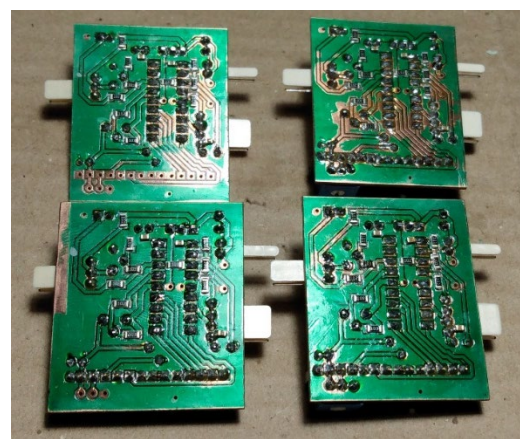


Figura 1-4: Módulo principal del Interruptor SwiMa

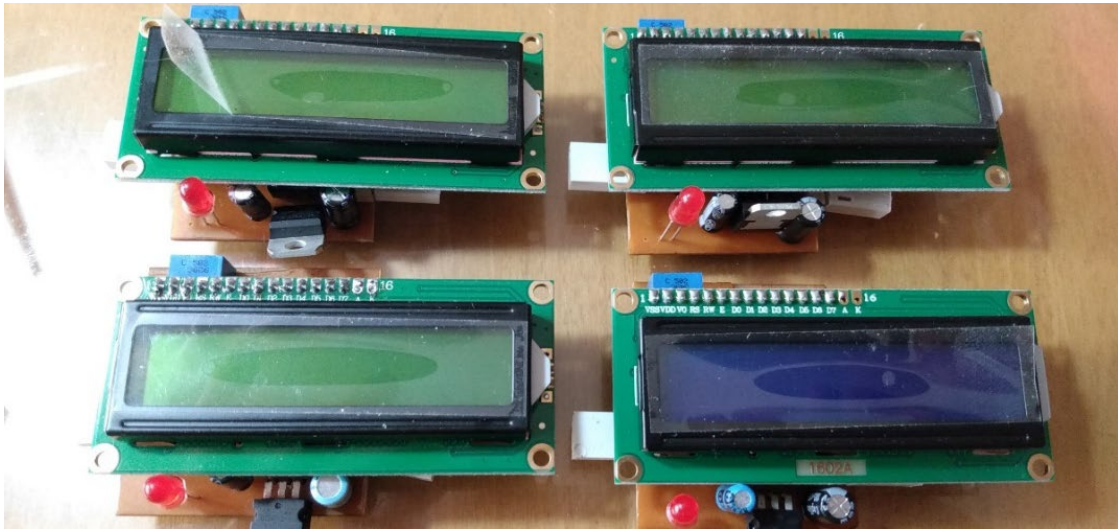


Figura 1-5: Oscilograma del sincronismo en dos rectificadores del mismo sistema

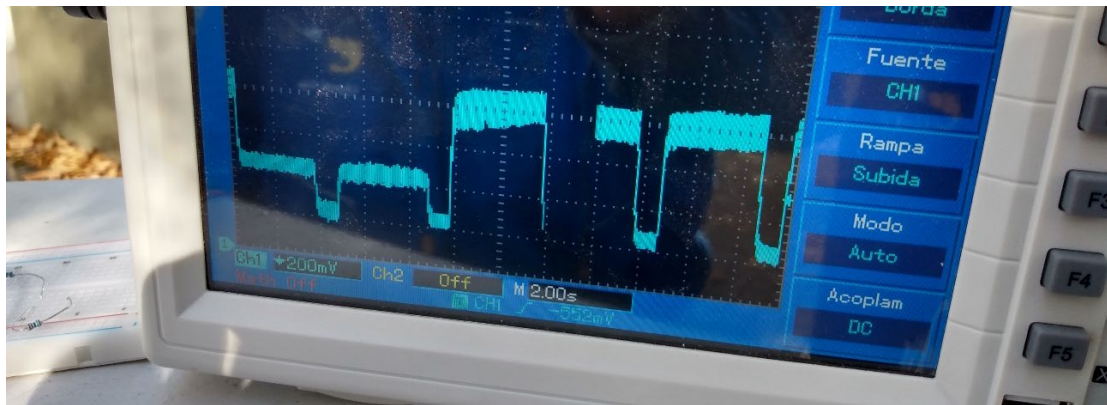


Figura 1-6: Primeros interruptores completos



2.1 - Ampliación funcional

El desempeño demostrado por los equipos SwiMa allanó el camino para la evolución natural del sistema, dando origen al proyecto UpMast, con el objetivo de incorporar nuevas capacidades de ciclado, medición de variables, comunicación remota, memoria no volátil, y tele comando.

Análisis comparativo de los pros y contras de avanzar hacia el desarrollo propio de equipamiento con capacidad de integrarse al SCADA vs la adquisición de soluciones comerciales.

2.2 - Ventajas del proyecto

- Eliminación de la dependencia de proveedores externos y de situaciones de cautividad tecnológica.
- Mayor capacidad de adaptación ante cambios tecnológicos u operativos, manteniendo retrocompatibilidad.
- Eliminación de la obsolescencia programada mediante actualizaciones progresivas.
- Reducción significativa de costos de adquisición y mantenimiento.
- Incremento del know-how interno del personal técnico.
- Fortalecimiento de la cooperación interdepartamental
- Facilidad de migración entre tecnologías de comunicación (2G, 3G, 4G).

2.3 - Desventajas y riesgos asociados del proyecto

- Riesgo de no alcanzar los objetivos, mitigable mediante alcances funcionales escalados.
- Posible menor confiabilidad frente a equipos comerciales, mitigable mediante rediseño iterativo.
- Dependencia del conocimiento del desarrollador, mitigable mediante documentación y transferencia interna.
- Mayor carga inicial de trabajo sobre recursos internos, mitigable flexibilizando plazos en función de la disponibilidad de los recursos.

El análisis de las ventajas y desventajas, sumado a los resultados alentadores obtenidos en la primera etapa, condujo a la decisión casi natural de avanzar hacia una segunda fase del proyecto.

2.4 - UpMast V1 - Integración con SCADA

En esta etapa se le incorporaron al equipo las siguientes funciones:

- Opciones de ciclado compatibles con relevamientos On-Off, CIS y DCVG
- Medición de variables analógicas
- Registro no volátil de datos
- Comunicación bidireccional con el SCADA mediante red celular 2G

- Tele comando

2.5 Arquitectura de UpMast V1

Dada la robustez demostrada en campo por el equipamiento ya desarrollado, se decidió mantener su arquitectura funcional intacta, y utilizar un microcontrolador adicional para gestionar las nuevas capacidades.

El hecho de que los dispersores de corriente suelen estar alejados del caño a proteger, hace que si se presenta cualquier tipo de descargas de corriente cercanas en el suelo, como rayos, o fallos de aislación a tierra en líneas de media o alta tensión aparezcan diferencias de potencial muy altas (superiores a los 1000 voltios) entre los bornes de medición.

Teniendo esto en cuenta, se prestó particular atención a los posibles modos de mejorar la resistencia de los equipos ante la presencia esporádica de descargas de alta tensión y corta duración.

La estrategia de diseño que se eligió para maximizar la supervivencia del equipo a largo plazo se basó en los siguientes pilares:

- Aislación galvánica individual para cada par de bornes de medición
- Protección de los transistores de potencia mediante un contactor que los puentea durante el modo On
- Protecciones contra sobre tensión incorporando varistores y diodos TVS en cada circuito de medición, potencia y alimentación

Como en el caso anterior, una vez finalizado el diseño, la fabricación se realizó de manera 100 % artesanal.

El primer prototipo se integró al SCADA de la compañía a mediados de 2021, habilitando el monitoreo y ejecución remota de relevamientos On, On-Off, CIS, DCVG y potenciales naturales sin necesidad de trasladar personal con interruptores portátiles al rectificador.

Las pruebas de campo efectuadas sobre el prototipo durante más de un año, demostraron que el diseño era lo suficientemente robusto como para avanzar hacia la fabricación industrial de nuevas unidades.

La ausencia de experiencia previa en el diseño de equipamiento electrónico orientado a fabricación en serie convirtió a esta etapa en el principal cuello de botella del proyecto.

El diseño de esta versión evidenció decisiones inadecuadas desde el punto de vista de la industrialización, lo que impactó de manera directa en los plazos del proceso de fabricación.

Las principales características del prototipo de UpMast que atentaron contra u escalado eficiente fueron:

- Ubicación de componentes en ambas caras de la PCB, decisión que complicó innecesariamente el proceso de montaje y control de calidad.
- Uso excesivo de componentes de agujero pasante, lo que impidió la automatización de su montaje.

- Uso de transformadores de aislación galvánica personalizados, lo que introdujo dependencias logísticas difíciles de gestionar.
- Subestimación del impacto de la disponibilidad de componentes, lo que generó problemas en la obtención de las cantidades requeridas.
- Gestión inadecuada del control de calidad de componentes, lo que generó problemas con la gran cantidad de componentes falsificados presentes en el mercado local.

Estas falencias pusieron en evidencia la necesidad de incorporar mejoras en el desarrollo.

Las Figuras 2-1 a 2-4 muestran distintos aspectos de esta segunda etapa de desarrollo, incluyendo diagrama en bloques, aspecto de la primera placa artesanal y de versión para fabricación tercerizada, gráficas de algunas de las variables reportadas al SCADA de la compañía.

Figura 2-1 Diagrama en bloques del sistema

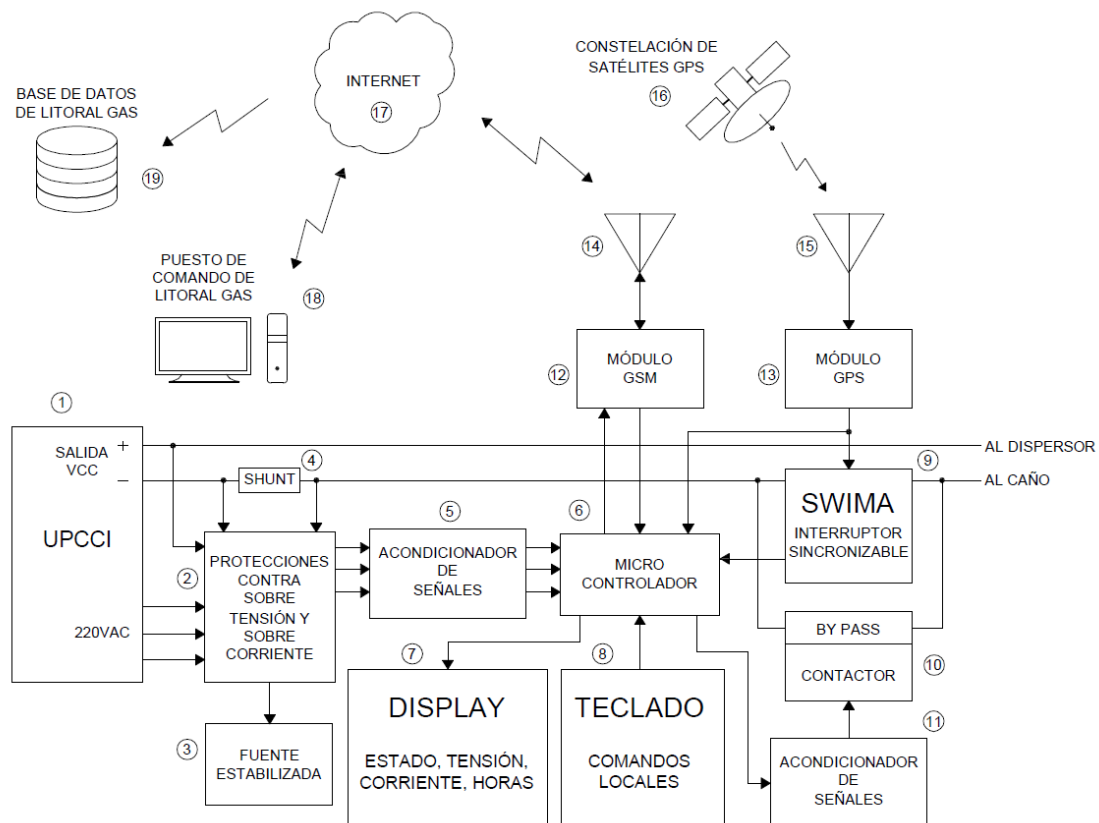


Figura 2-2 Principales variables reportadas al SCADA

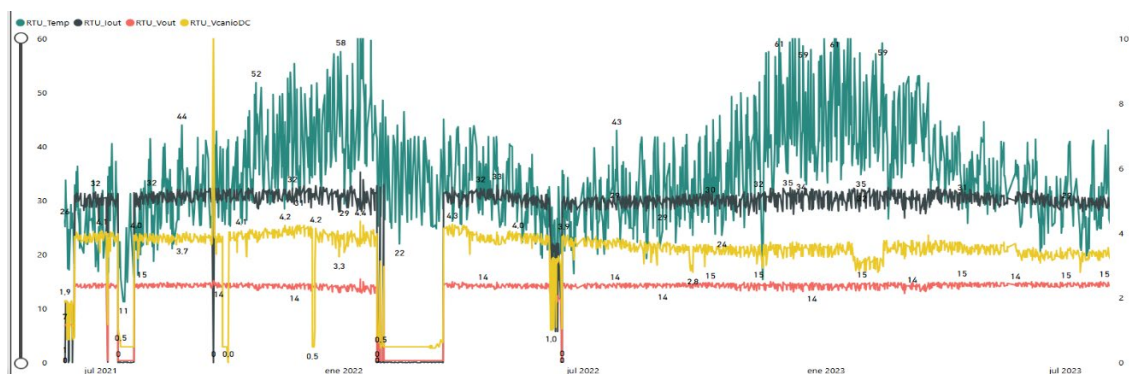


Figura 2-3 Primer UpMast Funcional, de fabricación 100 % Artesanal vista superior



Figura 2-4 Primer UpMast Funcional, de fabricación 100 % Artesanal vista inferior

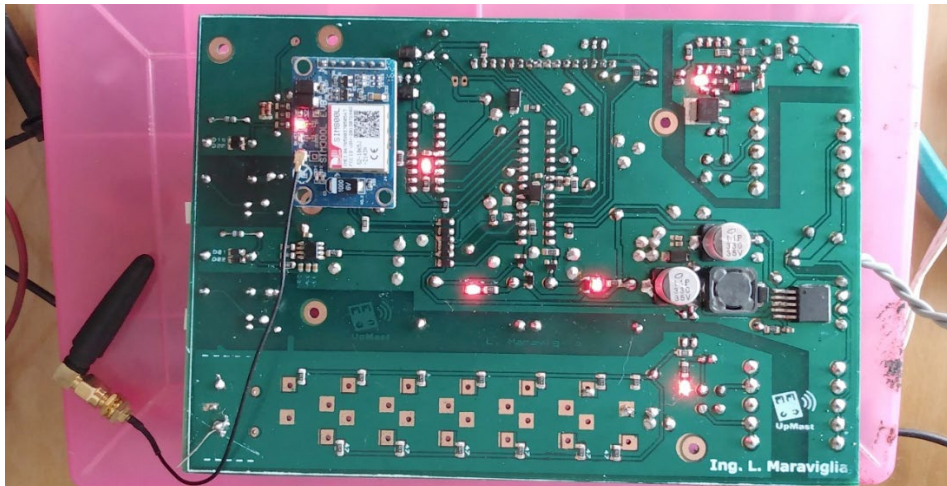
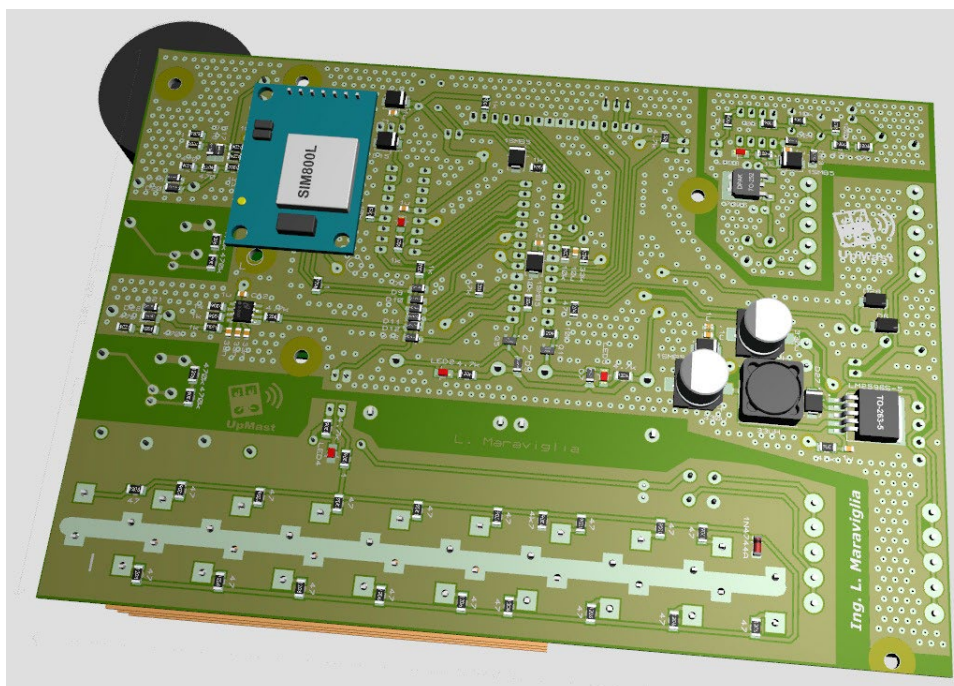


Figura 2-5 Primera versión destinada a tercerizar su fabricación



3.1 - UpMast V2 - Fabricación a escala como objetivo

Con el objetivo de resolver las dificultades detectadas en el intento de escalar la fabricación de las versiones anteriores, se llevó a cabo una revisión integral del diseño, adoptando la plataforma de diseño de PCBs EasyEDA como herramienta central del proceso.

La elección de esta plataforma respondió a su capacidad para integrar, en un único entorno, las etapas de diseño, selección de componentes, fabricación y ensamblaje, lo que permitió incorporar desde el inicio criterios de diseño para manufactura y abastecimiento.

Las principales ventajas que contempladas fueron:

- Plataforma abierta, colaborativa y de uso gratuito.
- Acceso en línea desde cualquier equipo con conexión a Internet.
- Respaldo automático y continuo de todas las etapas del proyecto.
- Facilidad para compartir diseños con terceros.
- Amplia biblioteca de componentes modernos y actualizados.
- Disponibilidad inmediata de precios por componente.
- Información de stock en tiempo real.
- Gestión directa de la fabricación de PCBs desde la plataforma.
- Integración del suministro y montaje de componentes electrónicos.
- Reducción significativa de la logística asociada a la fabricación.
- Registro automático de transacciones, facilitando la trazabilidad.
- Tiempos de fabricación e importación competitivos.
- Eliminación de la necesidad de gestionar trámites de importación.
- Costos de fabricación altamente competitivos.
- Garantía de legitimidad de los componentes, aspecto crítico en la actualidad.
- Interacción mínima con el proveedor, reduciendo la carga administrativa.

Al momento de redactar este trabajo se logró la integración de 22 equipos al SCADA, quedando validadas la robustez del diseño y del proceso de fabricación adoptado.

El impacto del proyecto en la confiabilidad general del sistema de protección catódica ha sido significativo. En ausencia de monitoreo remoto, los controles rutinarios se realizan cada 2 meses, lo que estadísticamente implica que cada falla permanece un promedio de 30 días sin ser detectada.

Por el contrario, desde la integración de las UPCCIs al SCADA se detectaron de manera inmediata 10 incidentes críticos: 1 rotura de cable catódico por obra de terceros, 1 fusible de salida abierto, 5 actuaciones de protecciones térmicas de entrada (generalmente durante tormentas eléctricas), 2

servicios eléctricos vandalizados y 1 sustracción total de un rectificador. Esta capacidad de detección temprana representa una reducción acumulada de aproximadamente 300 días de equipos fuera de servicio, mitigando significativamente el riesgo de corrosión en la infraestructura de gasoductos protegida.

Figura 3-1 y 3-2 Equipos UpMast V2 listos para ser instalados

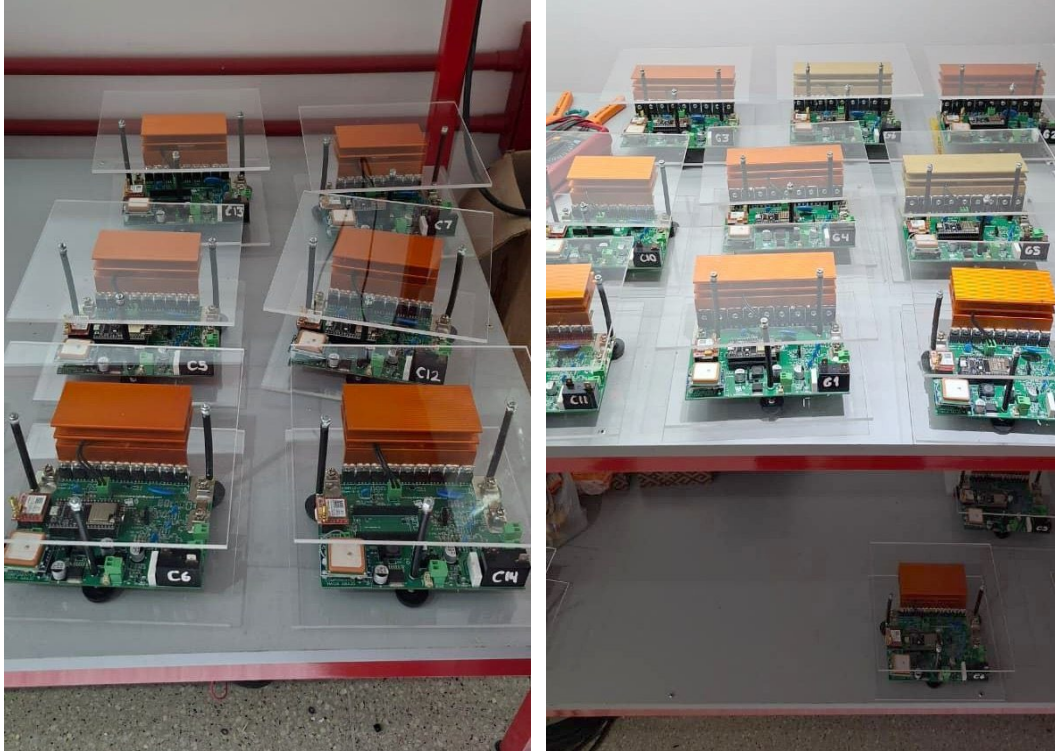


Figura 3-3 Ejemplo de instalación en campo



Figura 3-4 Ventanas de monitoreo del SCADA



4.1 - UpMast V3 - Migración a redes 4G, mejoras en la interfaz de usuario y reducción del tamaño

Una vez resueltos los inconvenientes asociados a la fabricación a escala y validado el desempeño de la versión UpMast V2, el proyecto alcanzó un nivel de madurez suficiente como para revisar

sus alcances originales e identificar nuevas oportunidades de optimización apalancadas en la evolución reciente de las tecnologías disponibles.

En particular, la aparición de microcontroladores más compactos, la disponibilidad masiva de módulos 4G, y la irrupción de plataformas de IA como herramientas de asistencia avanzada para el desarrollo de software, impulsaron de manera natural la integración de varias mejoras, entre ellas, las más relevantes fueron:

- Migración del sistema de comunicaciones a redes 4G.
- Reducción del tamaño.
- Desarrollo de una interfaz de usuario más intuitiva.
- La integración de herramientas de diagnóstico.
- Mejora en la mantenibilidad futura del sistema.

Al momento de redactar este trabajo, la versión UpMast V3 se encuentra en una fase muy avanzada de validación en campo, con resultados preliminares sobresalientes.

El objetivo para el año 2026 es la fabricación de 70 unidades UpMast V3, y la instalación en campo de 50.

La meta de mediano plazo contempla la integración de la totalidad de los rectificadores de la compañía al sistema SCADA hacia el año 2030, lo que representa un total de 220 unidades.

Figura 4-1 UpMast V3 en el entorno EasyEDA

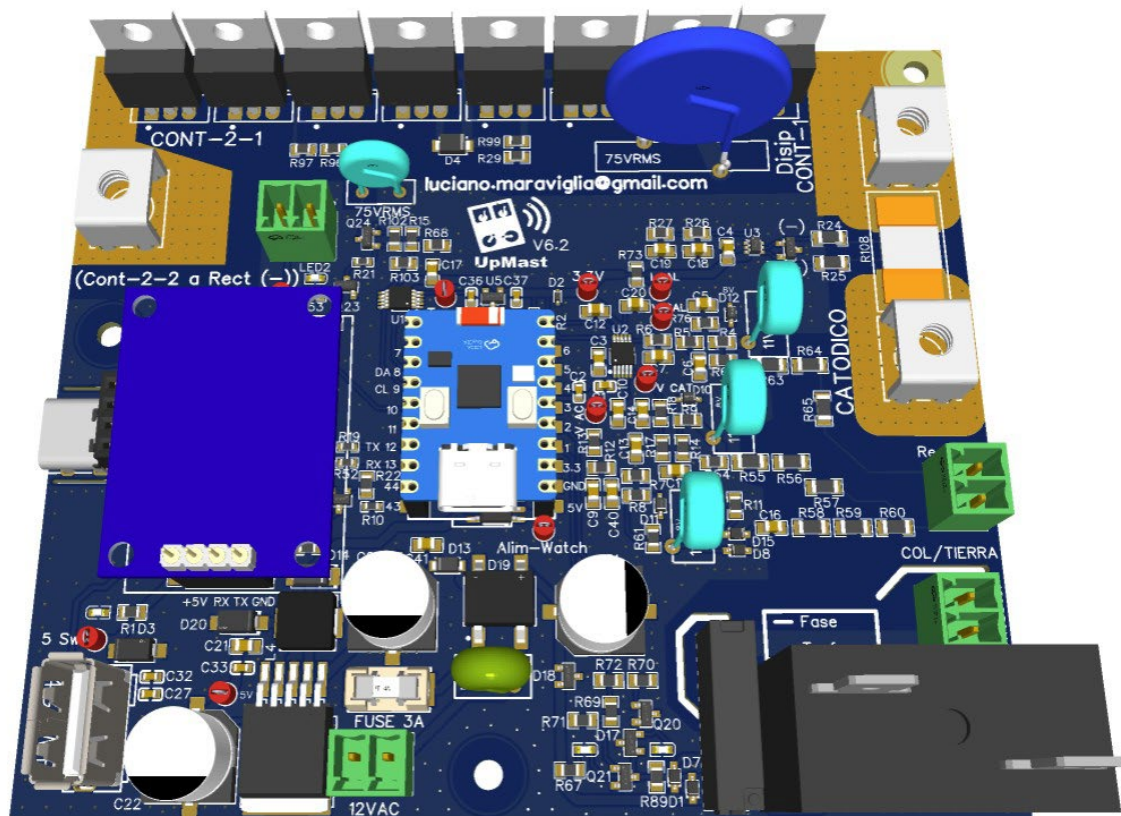


Figura 4-2 Interfase de Usuario Web



The image shows a screenshot of a web interface titled "UpMast V3". It displays a list of system parameters and their current values. The values are color-coded: green for most readings, red for time-related values, and blue for status indicators.

UpMast V3	
V Sal V:	4.2
I Sal A:	1.1
Pot Sal W:	4.5
Pot Catódico V:	4.15
V Col AC V:	0.1
Temp °C:	31.7
Fus Term V:	4.2
GPS estado:	4
Intentos:	0
Hor Lab Ext:	1
Horas Corridas:	0:54:20
Hora GPS:	18:8:30
Horómetro:	82:54:20
Upcci:	11
Puerto:	
Off_set mV:	0
Status:	On
Comunicación en:	341
Señal WiFi	35

5.1 - Lecciones aprendidas

La experiencia acumulada a lo largo de las distintas etapas del proyecto permitió identificar una serie de aprendizajes clave:

La adopción temprana de plataformas integradas de diseño y fabricación, como EasyEDA, habría permitido reducir los plazos de desarrollo en al menos un año.

La estrategia de comenzar con requerimientos funcionales mínimos y escalar progresivamente resultó determinante para el éxito del proyecto.

El uso de plataformas abiertas, como ESP32, aceleró significativamente el desarrollo gracias a la disponibilidad de librerías maduras y bien documentadas.

La incorporación de herramientas basadas en inteligencia artificial permitió reducir tiempos de desarrollo y mejorar la calidad del diseño electrónico y del firmware.

El desarrollo de la conectividad 4G presentó menos inconvenientes técnicos que la implementación previa de 2G, principalmente debido a menores restricciones eléctricas y una mejor integración de los módulos disponibles.

CONCLUSIONES

El impacto del desarrollo en la prevención de la corrosión ha demostrado ser muy significativo, ya que con sólo el 10% de los rectificadores integrados al SCADA, se logró una reducción acumulada aproximada de 300 días de equipos fuera de servicio, mitigando significativamente el riesgo de corrosión del sistema.

El proyecto UpMast no solo cumplió los objetivos originalmente planteados, sino que los superó ampliamente.

La experiencia demostró que proyectos de innovación técnica pueden llevarse adelante sin afectar el desempeño operativo.

El propio éxito de las primeras etapas impulsó la evolución continua del mismo, dando lugar a un dispositivo plenamente integrado a las operaciones de la compañía.

La calidad y confiabilidad alcanzadas resultaron comparables a las de cualquier solución comercial equivalente, con la ventaja adicional poder evolucionar de manera continua y progresiva, sin caer posibles casos de obsolescencia programada.

La relación costo beneficio resultó ser extremadamente favorable, ya que con una inversión mínima de recursos se obtuvieron ahorros sustanciales en equipamiento, sin comprometer en nada la confiabilidad o el desempeño.

El proyecto fortaleció de manera significativa la sinergia entre departamentos de la compañía, fortaleciendo la cultura interna del uso eficiente de los recursos.

La evolución del proyecto, desde un dispositivo básico hasta un sistema plenamente integrado, escalable y alineado con las tecnologías de comunicación actuales y futuras, demuestra la solidez y madurez del desarrollo alcanzado, y respalda su viabilidad, sostenibilidad técnica y operativa en el largo plazo.

DICCIONARIO

UPCCI: Unidad de Protección Catódica por Corriente Impresa

SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión Control y Adquisición de Datos)

PCB: Printed Circuit Board (Placa de Circuito Impreso)

SMD: Surface Mount Device (Dispositivo de Montaje Superficial)

LCD: Liquid Crystal Display (Pantalla de Cristal Líquido)

2G: Tecnología de comunicaciones celulares de 2da generación

4G: Tecnología de comunicaciones celulares de 4ta generación

CIS: Close Interval Survey (Inspección de intervalos cercanos)

DCVG: Direct Current Voltage Gradient (Gradiente de Voltaje de Corriente Continua)

GNSS: Global Navigation Satellite System (Sistema global de navegación por satélite)

GPS: Es el GNSS específicamente del gobierno de los Estados Unidos de Norte América

BIBLIOGRAFÍA

EasyEDA: Tutorial de la plataforma de desarrollo y fabricación de PCBs
<https://docs.easyeda.com/en/Introduction/Introduction-to-EasyEDA/>

Arduino: Tutorial sobre el uso del IDE de desarrollo
<https://docs.arduino.cc/software/ide-v2/tutorials/getting-started-ide-v2>

Texas Instruments: Signal and Power Isolation Considerations
for Compact Efficient Analog Input Modules
<https://www.ti.com/lit/wp/slla529/slla529.pdf>

Texas Instruments: Selección de sensores de corriente basados en Shunts
<https://www.ti.com/lit/an/slyt762/slyt762.pdf>

SimCom: Datasheet del módulo de comunicaciones 2G SIM800L
https://simcom.ee/documents/SIM800L/SIM800L%28MT6261%29_Hardware%20Design_V1.01.pdf

Microchip: Datasheet del microcontrolador PIC16f886
<https://ww1.microchip.com/downloads/aemDocuments/documents/OTH/ProductDocuments/Datasheets/40001291H.pdf>

Espressif: Datasheet del microcontrolador ESP32-S3
https://documentation.espressif.com/esp32-s3_datasheet_en.html

CURRÍCULUM

Ing. Luciano Maraviglia

Ingeniero graduado de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario, y Técnico Superior en Electrónica Digital por el ISET 57.

Desde 2014 se desempeña como Supervisor de Protección Catódica en Litoral Gas, empresa distribuidora de gas natural, liderando proyectos de desarrollo tecnológico y gestión de sistemas de protección anticorrosiva.

Previamente, ejerció como Supervisor de Instrumental en el Frigorífico Swift (2013-2014), a cargo del mantenimiento de equipamiento electrónico de planta; Jefe de Proyectos en CHIAZA Servicios Industriales (2010-2013), empresa especializada en instalación de equipamiento industrial; y Proyectista y Técnico de Campo en CONEXYS (2007-2010), dedicada a la implementación de sistemas electrónicos para la industria.

Cuenta con más de 17 años de experiencia en ingeniería aplicada, con especialización en sistemas de instrumentación, control y protección catódica.

Contacto: luciano.maraviglia@litoralgas.com.ar, luciano.maraviglia@gmail.com