

TELEMEDICIÓN Y TELECONTROL DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN CATÓDICA POR CORRIENTE IMPRESA

Edgardo Coos, Camuzzi Gas Pampeana/Del Sur S.A., Edgardo.Coos@camuzzigas.com.ar

Sinopsis

Los requerimientos regulatorios y normativos imponen desafíos para verificar la eficacia de la operación de los sistemas de protección catódica. Uno de los aspectos principales para establecer la eficacia de un sistema de protección catódica se refiere al control y verificación de los elementos de protección catódica en forma periódica, en particular los equipos de corriente impresa.

Estas tareas pueden presentar dificultades cuando estos equipos se encuentran en lugares muy distantes entre sí, de difícil acceso o alejados de las bases de mantenimiento que tienen las empresas que operan cañerías enterradas, a lo que se suma que muchas veces estas inspecciones deben realizarse en momentos del año donde las condiciones del tiempo pueden dificultar e incluso impedir la ejecución normal de estas tareas.

En esta problemática descrita consideramos importante estudiar una alternativa a la “visita al equipo” tradicional, que minimice las dificultades descritas utilizando técnicas de control y comunicación con la tecnología disponible actualmente. Para ello, se analizarán: los parámetros necesarios que pueden telemedirse y telecontrolarse, tanto desde el punto de vista de la protección catódica como de la seguridad operacional de los equipos, los distintos métodos de comunicación disponibles, los protocolos de comunicación que pueden utilizarse como en la forma física de establecer la comunicación.

También se describirá la solución elegida y utilizada en el sistema implementado (SCADA) en los Gtos. a Villegas y a América.

Finalmente, se concluirá analizando las ventajas y desventajas que posee esta implementación.

Introducción

Cuando se diseña un sistema de protección catódica por corriente impresa se toma en cuenta el tamaño de la estructura a proteger, el revestimiento que posee, la ubicación y otros varios factores. Una vez que se puso en marcha el sistema, es fundamental verificar el funcionamiento del mismo, para que cumpla correctamente con la función para la que fue diseñado.

En la Práctica Estándar SP0169 de NACE (National Association of Corrosion Engineers), en el inciso 10.4.1 se recomienda que los equipos de protección catódica se revisen cada dos meses, pudiendo adecuarse este intervalo de tiempo.

Según la Sección 465 de la norma N.A.G.-100 del ENARGAS (Ente Nacional Regulador del Gas) de la República Argentina, los equipos de protección catódica por corriente impresa deben inspeccionarse para verificar su funcionamiento seis veces al año (con un intervalo máximo de 2,5 meses entre inspecciones).

Actualmente, las dos distribuidoras (Camuzzi Gas Pampeana y Camuzzi Gas Del Sur) poseen más de 900 rectificadores, protegiendo a aproximadamente 24.800 km de cañería de acero (entre gasoductos, ramales y redes de distribución) y, en algunos casos, los equipos se encuentran a más de 100 km de la base de operaciones. Por lo tanto, para cumplir el requisito de revisar estos equipos, se debe acceder hasta cada uno y verificar su funcionamiento, lo que implica que un operador de la Distribuidora debe llegar hasta cada equipo, verificar su funcionamiento y regresar a la base, con el consiguiente gasto de vehículo y tiempo para realizar este trabajo. A esto hay que sumarle la dificultad que aparece en los períodos invernales, en donde el tiempo dificulta aún más estas actividades.

Estos inconvenientes llevaron a buscar alguna solución basada en la tecnología disponible de control y comunicaciones. A continuación, se describirá la solución adoptada y como se puede ampliar para verificar la eficiencia del sistema de protección catódica.

Desarrollo

Características de los equipos Rectificadores utilizados

Primero se describirá brevemente los equipos rectificadores utilizados en Camuzzi y a los cuales se refieren los parámetros indicados en las secciones siguientes.

El rectificador tiene un diseño modular, cuyo diagrama puede observarse en la **Figura 1**.

El equipo, posee un transformador de potencia de 220 V de entrada y tantas salidas /derivaciones de a pasos de 5 V hasta llegar al valor nominal de salida, cuenta con un selector de forma radial para seleccionar la tensión de salida máxima en modo automático y como único ajuste en modo manual.

La unidad rectificadora es monofásica de onda completa, mediante un puente rectificador basados en dos módulos tiristor-diodo, con refrigeración natural por convección.

Para el funcionamiento automático (en ambos modos de operación: *potencial constante*, donde la corriente inyectada varía para mantener el potencial deseado en el punto de inyección y *corriente constante*, mantiene la corriente deseada independientemente del potencial en el punto de inyección), el equipo posee un arranque suave, iniciando su funcionamiento en corriente cero y avanzado lentamente hasta el valor prefijado, evitando de esta forma sobrecargas en la etapa rectificadora en el momento del encendido. De igual manera, el circuito de arranque suave actúa durante los cambios de modo (Corriente a Potencial constante y viceversa). El Arranque suave no se aplica cuando el equipo está operando con el ON/OFF y debe asegurar el correcto funcionamiento para periodos menores a 1 s.

Por último, el equipo rectificador cuenta con un temporizador/interruptor satelital de la corriente de salida para realizar las mediciones de potenciales On y Off, consistente en una unidad temporizadora autosincronizable con el reloj del sistema GPS, lo que asegura un corrimiento mínimo posible entre diferentes unidades operando en simultáneo. El interruptor satelital es independiente y autónomo de la placa de control y actúa directamente sobre el disparo o cebado de los tiristores y será capaz de operar en presencia o no de la placa de control.

Parámetros a medir

A continuación, se analizarán que parámetros debemos medir para verificar la eficiencia de la protección catódica.

Para los equipos por corriente impresa hay tres parámetros principales que se deben medir:

1. La corriente de salida, ya que es una indicación directa del estado del revestimiento de la cañería enterrada.
2. El potencial en la zona de inyección de corriente, para evitar que la cañería esté subprotegida (lo que podría llevar a la corrosión de la cañería) o sobreprotegida (lo que podría ocasionar el despegue catódico del revestimiento).
3. Tensión de salida del equipo que, junto con la corriente de salida y aplicando la ley de Ohm, podemos calcular la resistencia de carga a la salida del equipo, lo que nos da una noción aproximada de la resistencia de puesta a tierra del dispensor y que es una indicación de la vida útil del mismo.

Hay otros parámetros que pueden ser medidos o leídos, que requieren que el rectificador tenga mayor capacidad de hardware:

4. Horómetro, que mide la cantidad de horas que se encuentra prendido el rectificador y es útil para comprobar cuando debe ser el próximo mantenimiento preventivo del equipo.
5. Dado que el equipo es automático, podemos verificar el modo de control en que se encuentra el equipo: potencial constante (el equipo rectificador varía la inyección de corriente para mantener un nivel de potencial fijado), corriente constante (el rectificador inyecta siempre la misma corriente fijada previamente, independiente del potencial medido) o manual.
6. Código de identificación del equipo o similar.

7. Marca y modelo, n° de serie, que junto con el anterior también sirve para mantener el registro de mantenimiento del mismo.
8. Temperatura del bloque rectificador del equipo de protección catódica. Este parámetro es opcional, pero resulta práctico para verificar el funcionamiento del mismo.

Parámetros a controlar

Hasta ahora se vieron los parámetros del equipo que se pueden telemedir, lo cual representa un avance con la situación descripta al principio, pero dado que también se requiere telecontrolar el equipo desde la base de operaciones, analizaremos qué parámetros consideramos telecontrolar:

1. Modo de operación del equipo: *potencial constante*, o *corriente constante*.
2. Potencial deseado: para cuando el modo operación es el de *potencial constante*.
3. Corriente deseado: para cuando el modo de operación es el de *corriente constante*.
4. Alarmas: poder establecer los niveles en los que se disparan las alarmas.

Como se indicó antes, los rectificadores poseen un módulo ciclador para interrumpir la corriente cíclicamente y poder realizar las mediciones de potenciales On y Off en las cañerías, requeridas por la reglamentación vigente. En estos rectificadores, este módulo toma el reloj de la señal GPS para realizar el ciclado, y esto permite que varios rectificadores estén sincronizados. En la **Figura 2** se muestra el diagrama del sistema de ciclado. Por lo tanto, otros parámetros que se pueden controlar están relacionados con el módulo temporizador y son:

5. Fecha y hora de inicio de ciclado.
6. Fecha y hora de fin de ciclado.
7. Período de On, en segundos (o milisegundos).
8. Período de Off, en segundos (o milisegundos).

Comunicación

Una vez establecidos cuales parámetros se pueden medir y/o controlar a distancia se establecerá la forma en que se va a comunicar un sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition en inglés, Control Supervisor y Adquisición de Datos, en castellano).

Se seleccionó utilizar la interface RS-485, por ser un estándar de comunicaciones ampliamente difundido. El protocolo seleccionado es el MODBUS RTU, ya que es un protocolo extensamente utilizado en sistemas de control.

En la **Figura 3** se muestra el esquema de la comunicación.

Como se observa en esta Figura, la transmisión no está incluida en el rectificador y debe utilizarse un elemento adicional. En el caso que se muestra, se utilizó es un dispositivo para monitoreo y control con comunicación celular y lógica programable. El modelo elegido no tiene entradas adicionales, simplemente toma la señal RS-485 y la transmite por la red celular. En caso de ser necesario, hay modelos con entradas y salidas analógicas y digitales adicionales.

Los datos transmitidos en la red celular entran en Internet y se cargan en el servidor, que puede poseer una base de datos y un programa servidor para Internet. El usuario se conecta con su computadora, la cual posee el programa HMI (human machine interface en inglés, interface humano máquina en castellano) que muestra los datos en pantallas diseñadas para tal fin, tomando la información de la base de datos.

Para utilizar el protocolo MODBUS RTU, el rectificador actúa como esclavo siendo el maestro la PC del usuario que está monitoreando ese rectificador. Para poder comunicarse, este protocolo requiere que se indique los parámetros a leer/escribir a través de una dirección del dispositivo y el dato que se pretende leer/escribir. Para ello se ha armado un “mapa” con las direcciones de cada parámetro que se puede leer, el tamaño de cada uno y, en algunos casos, los valores esperados. En la **Figura 4** se muestra un ejemplo de este “mapa”.

Implementación en Camuzzi

A continuación, se muestran los rectificadores instalados en el gasoducto de alimentación a Gral. Villegas y en el gasoducto de alimentación a América, en el cual se implementó por primera vez la telemedición y telecontrol de rectificadores para ambas Distribuidoras. En cada uno de estos gasoductos se instalaron dos rectificadores que se puede teledir y telecontrolar.

En la **Figura 5** se puede ver el rectificador con el dispositivo para monitoreo y control implementado en Camuzzi. En la **Figura 5A** se muestra la parte frontal del rectificador, donde se pueden ver los módulos de medición y control (a la izquierda) y el módulo de ciclado (en la parte central). En la parte central derecha se puede ver la salida RS-485. En la parte inferior hay un selector de tensión de salida para el caso en que el módulo de control falle y se puede utilizar en modo manual. En la **Figura 5B** se muestra la parte lateral del rectificador, que tiene la protección del mismo (arriba a la derecha la protección a la entrada del rectificador y en la parte central a la izquierda los fusibles de la salida del rectificador). Arriba a la izquierda se puede ver el dispositivo para monitoreo y control con comunicación celular y lógica programable. En la **Figura 5C** se puede ver con más detalle la conexión de este módulo a la salida RS-485 del rectificador.

SCADA e Interface HMI

Hasta ahora todo el análisis se centró en la parte de la telemedición y telecontrol de rectificadores. Falta analizar cómo se van a visualizar y controlar los parámetros del rectificador.

El SCADA permite leer y escribir los parámetros de un rectificador. La interface HMI es la que se encarga de mostrar esos datos obtenidos en la pantalla de una computadora. Hay programas que hacen sólo una de estas funciones y otros hacen las dos juntas, en Camuzzi se optó por uno de estos últimos.

Con el SCADA programado para leer los parámetros, se diseñaron las pantallas de la interface HMI. Hay una pantalla de inicio, en donde se listan todos los rectificadores que pertenecen al usuario (o que está habilitado a operar), ver **Figura 6**. Para cada rectificador se muestra un ID del equipo, nombre del equipo, el caño en el que se encuentra instalado, la progresiva, la tensión (en volts) y la corriente (en amperes) de salida, el potencial (en milivolts) de la cañería, los valores nominales de tensión y corriente del equipo, las alarmas y si el equipo está siendo ciclado en On y Off para la toma de potenciales.

Cuando se hace doble clic sobre un rectificador, se abre la ventana (**Figura 7**) con los datos de ese equipo en particular; en la parte superior se indica el ID del equipo. En la ventana se pueden ver en qué modo está configurado el equipo (potencial constante, P-cte o corriente constante, C-cte), si hay comunicación (CM), la tensión y corriente de salida, el potencial On y Off, el horómetro (indica la cantidad de horas de funcionamiento del equipo) y si recibe señal de GPS. En la parte media de la ventana, se muestran los datos de la señal GPS (latitud, longitud, fecha y hora). También se puede ver si el equipo está ciclando en On y Off o no (Ensayo General, habilitado o deshabilitado). En la parte inferior de la ventana hay tres botones: “Cerrar”, que cierra esta ventana y se vuelve a la pantalla de inicio, “Seteos”, para establecer las variables del rectificador y “Detalles”, que abre la ventana para ver más detalles del funcionamiento del rectificador.

En la **Figura 8** se muestra la ventana “Detalle de Equipo”, con el ID que identifica al rectificador. Podemos ver las alarmas que posee el sistema (máxima y mínima corriente, máximo y mínimo potencial, si la puerta del rectificador está abierta, si hay alarma por elevada temperatura del rectificador, tensión y corriente de salida, potenciales, la temperatura del bloque de potencia del rectificador y la cantidad de horas que está en funcionamiento el equipo). También tiene dos botones, “Cerrar” para cerrar esta ventana y “Seteos”.

En la **Figura 9** podemos ver la ventana “Seteos”, donde se pueden establecer los valores de los parámetros del rectificador. En la parte “Seteo Operación” se fija el valor deseado de corriente de salida o potencial, según sea el modo de control seleccionado (Modo Control). En “Seteo Ensayo” se determinan los valores para realizar el ciclado para medir potenciales On y Off. Se indican los tiempos de On y Off (Ciclo On y Ciclo Off, en segundos) y si se inicia el ciclo en On o en Off. También puede establecerse un retardo en el sincronismo. Luego se fija la fecha y hora de inicio y la fecha y hora de finalización del ciclado. La zona horaria puede ajustarse si hay cambio en la hora oficial (hasta ahora la zona horaria es GMT -3). Por último, en “Seteo Alarmas” se pueden fijar los valores máximos y mínimos de las alarmas de corriente y potencial. Con el botón “Cerrar” se cierra esta ventana.

Análisis técnico de la implementación

Una vez puesto en marcha el sistema completo de telemedición y telecontrol de rectificadores, y habiendo verificado que funciona correctamente (con esto queremos decir que se establece la comunicación y que se pueden leer los parámetros elegidos, no que tengan los valores adecuados para proteger catódicamente la cañería), queda analizar si se justifica el esfuerzo realizado.

En principio, podemos afirmar que sí, ya que podemos ver que cumplimos la premisa que presentamos al principio de este trabajo: en forma remota logramos verificar el funcionamiento de un equipo de protección catódica. Además, podemos realizar esta verificación la cantidad de veces que se requiera, sin tener los problemas que se plantean al efectuarlas en forma directa hasta el lugar de emplazamiento.

Por otro lado, se pueden realizar estudios que serían más complicados de realizar si no tuviéramos el sistema de telemedición. Por ejemplo, podemos hacer un relevamiento de la corriente inyectada y los potenciales en el punto de inyección tomando una muestra por segundo durante todo un día. Si no tuviéramos la telemedición, habría que ir hasta el lugar para instalar un registrador y después volver para recogerlo y posteriormente bajar la información. Con la telemedición, simplemente se pone a ciclar el rectificador en forma remota y se leen los datos o se guardan en el dispositivo transmisor y se transmiten todas las mediciones una vez finalizado el ensayo.

Otro punto a tener en cuenta es que, una vez implementado el sistema, se pueden agregar rectificadores sin mayor inconveniente, tan sólo el mayor costo de la comunicación.

En el caso de las redes, cuando se deben realizar los relevamientos On y Off exigidos por la normativa del ente regulador, esta implementación permite al operador la sincronización de todos los rectificadores de una red desde la oficina. Actualmente, se deben sincronizar uno por uno, accediendo personalmente a cada rectificador para el proceso de ciclado On-Off.

Se puede ampliar el sistema agregando puntos de medición telemedidos (aunque esto exige una pequeña programación y un costo de comunicación adicionales) en aquellas ubicaciones donde está más comprometida la protección catódica y, de esta manera, se puede hacer una correlación entre el valor de corriente inyectada y los potenciales críticos en forma simultánea y poder analizar el rendimiento del sistema de protección catódica en forma más explícita.

Pero este sistema tiene sus desventajas. En primer lugar, el aumento de la electrónica lo hace más sensible en lugares donde hay gran cantidad de descargas eléctricas atmosféricas. En segundo lugar, no se pueden descartar totalmente las visitas a los rectificadores. Este sistema no puede transmitir el estado en que se encuentran las instalaciones (estado de la pintura, vandalismo, rotura de cajas de medición, etc.). Por lo tanto, por lo menos una vez por año se deben inspeccionar físicamente los rectificadores para verificar estos puntos.

Análisis económico de la implementación

A continuación, analizaremos el impacto económico de esta implementación. Para ello vamos a separarlo en dos partes: por un lado, el software SCADA/HMI y su programación; por otro lado, el hardware y comunicación del rectificador.

Comenzaremos entonces con el costo del software SCADA/HMI y toda la programación involucrada (esto significa la programación de las pantallas mostradas anteriormente), que sirve para los cuatro rectificadores de los gasoductos indicados y para todos los rectificadores que tengan la opción de telemedición y telecontrol. Para el caso de Camuzzi, se utilizó el programa iFix y el costo del programa más programación es el que se indica a continuación (los valores están en dólares americanos):

	Costo
Software iFix	12.500
Programación	9.500
Total	22.000

Acá encontramos la primera desventaja. El costo de este punto es independiente de la cantidad de rectificadores a conectar en nuestro sistema. Por lo tanto, el costo de implementación por rectificador será más bajo cuanto más rectificadores asociemos al sistema de telecomando y telemedición.

Vamos a analizar con el costo de la implementación en cada rectificador. En este caso, el costo calculado es mensual, en dólares americanos.

	Costo Total	Costo mensual
Dispositivo de monitoreo y control con comunicación celular y lógica programable		
Costo total	900	
Amortización en 36 meses		25,00
Línea celular		15,00
Total		40,00

No se ha tomado en cuenta el costo del rectificador, ya que se considera que la instalación del mismo es necesaria más allá del sistema de control elegido. Por otro lado, prácticamente no hay variación en el costo del rectificador la implementación de un sistema de telecontrol y telemedición como el aquí indicado.

Para ver la conveniencia entre este sistema y el viaje de un operario hasta el rectificador analizaremos el costo de realizar un viaje cada dos meses a un rectificador que se encuentra a 100 km de la base (en dólares americanos, para la conversión de pesos a dólares se tomó un cambio \$1.000 por dólar):

	Costo por Viaje
Costo de combustible	
12 l/100 km – 0,87 dólares por litro	20,95
Otros costos asociados (aceite, mantenimiento)	20,00
Amortización de la camioneta (a 5 años, costo diario)	38,88
Total	79,84

Para la amortización se consideró una camioneta Ford Ranger XLT.

De estos resultados podemos afirmar que mantener un sistema de telemedición y telecontrol de rectificador es menos costoso que realizar un viaje cada dos meses para verificar el estado del rectificador. Como puede observarse en el análisis de los costos no se tuvo en cuenta el costo del operario para la empresa, esto se debe a que en ambos casos el operario es necesario para realizar la tarea (verificar el estado del rectificador).

Hay un punto que es imposible de cuantificar claramente y es la seguridad del operario al realizar un viaje de estas características, más considerando las inclemencias del tiempo contra la realización de la operación desde su escritorio.

Conclusiones

En primer lugar, este sistema de telemedición y telecontrol de equipos permite un mejor control y operación del sistema de protección catódica, haciendo más seguro y eficiente dicho sistema, que en definitiva es

fundamental para garantizar la operación y vida útil de los activos conformados por cañerías enterradas de acero. La telemedición y telecontrol de los equipos de protección catódica permite ahorrar viajes y recursos, permitiendo a los operarios administrar mejor su tiempo. Este sistema permite que se realicen estudios que involucran varios rectificadores en forma simple, permitiendo correlacionar los datos con mediciones de potencial en forma más expeditiva. Tiene un gran costo de implementación por rectificador, para bajas cantidades de equipos de protección catódica. Por último, no se evitan totalmente los viajes a los equipos, ya que es necesario inspeccionar el estado físico de los mismos.

Figuras

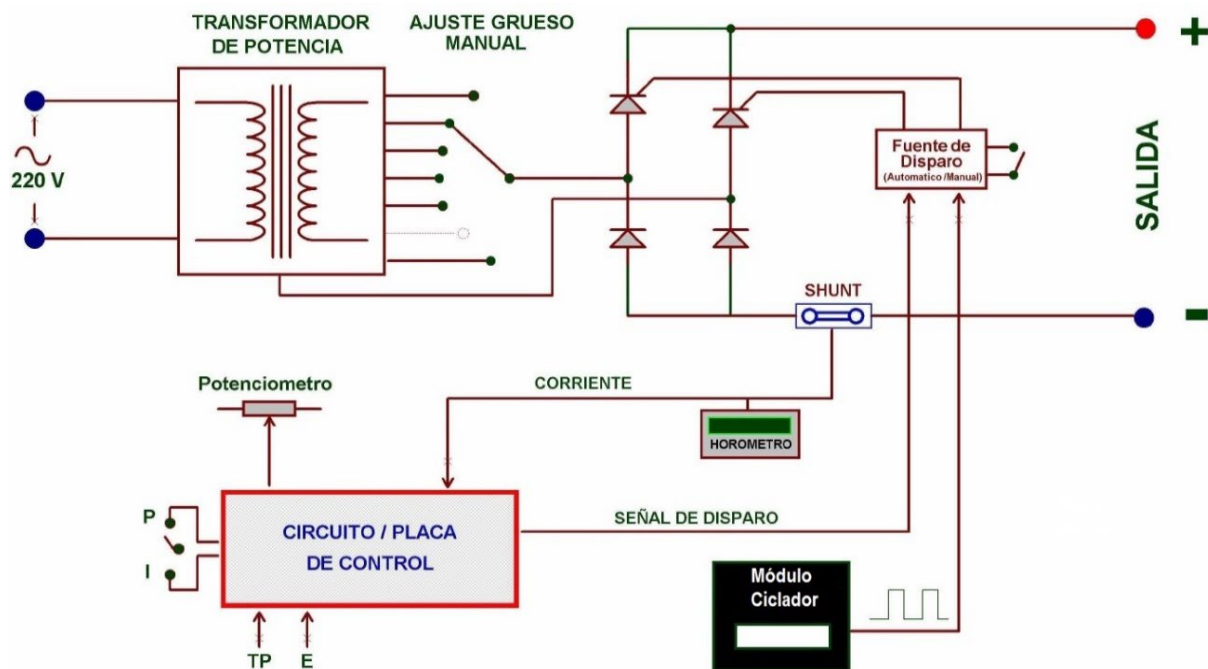


Figura 1- Diagrama de los rectificadores utilizados en Camuzzi

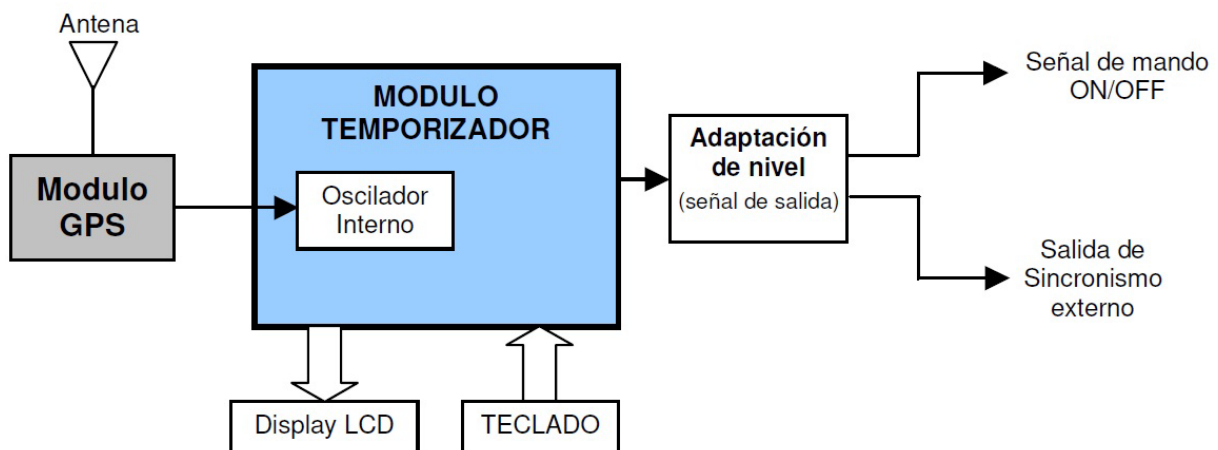


Figura 2- Diagrama del módulo ciclador

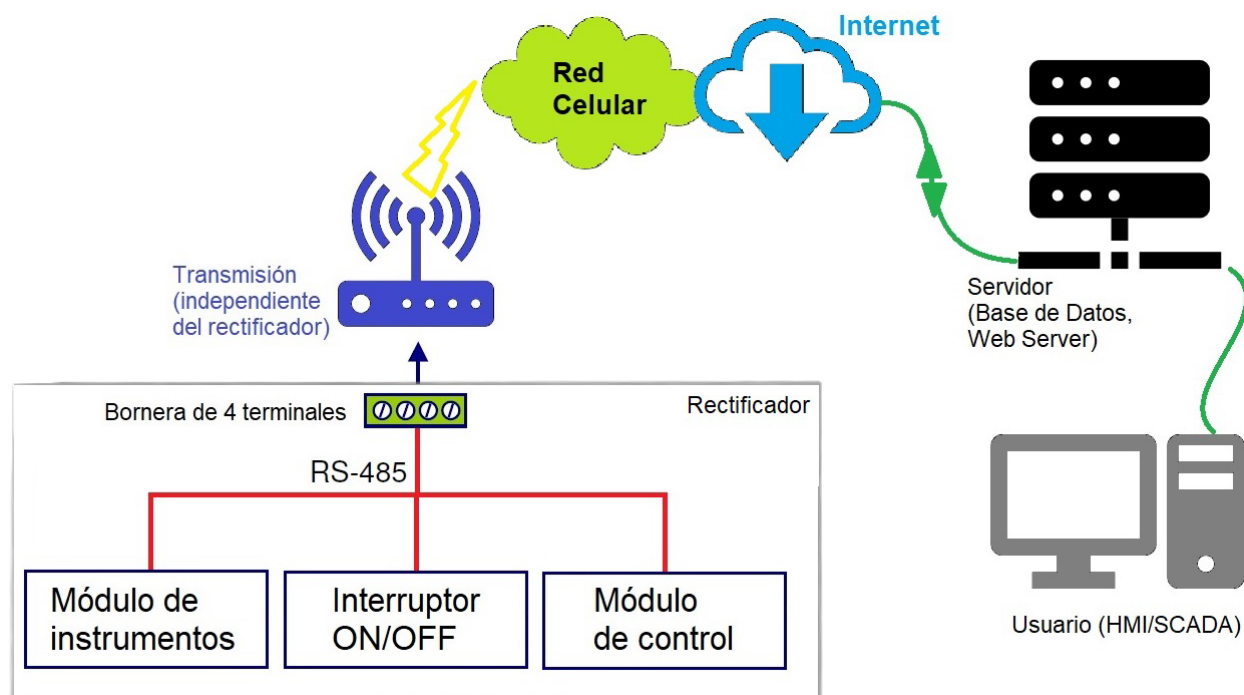


Figura 3- Diagrama de la comunicación

DIR HEX	DIR EXTERNA	LONG (WORDS)	DIR	CONTENIDO	RANGO	OBS
0000	40001	1	R/W	ID/MODBUS	0-255	Dirección dispositivo ModBus
0002	40003	4	R	MODELO	ICS332	Un carácter ASCII cada 8 bits Modelo = ICS332
0006	40007	1	R/W	Nro serie	0 -65535	Número de serie del equipo
0007	40008	1	R	Estado	0 - 63	Estado módulo: 0 = Encendido 1 = Buscando satélites 2 = Datos sincronizados 3 = Módulo habilitado 4 = Módulo en espera
0009	40010	1	R/W	Encendido	0 - 1	0 = Encender 1 = Apagar
000A	40011	1	R/W	Iniciar Ensayo	0 - 1	0 = Detener 1 = Activar
0028	40041	6	R	Coordenada Longitud	xxxxxxxxxxxx	Un carácter ASCII cada 8 bits XXXXX.XXXX + E/W, como cadena de texto.
002E	40047	6	R	Coordenada Latitud	YYYY.YYYY	Un carácter ASCII cada 8 bits YYYY.YYYY + N/S, como cadena de texto.
003B	40060	1	R	Año GPS	00 - 99	Año GPS
003C	40061	1	R	Mes GPS	1 - 12	Mes GPS
003D	40062	1	R	Día GPS	1 - 31	Día GPS

DIR HEX	DIR EXTERNA	LONG (WORDS)	DIR	CONTENIDO	RANGO	OBS
003E	40063	1	R	Hora GPS	0 - 23	Hora actual
003F	40064	1	R	Minutos GPS	0 - 59	Minutos actual
0040	40065	1	R	Seg. GPS	0 - 59	Segundos actual
0041	40066	1	R/W	T ON	0 - 999	Segundos ciclo ON x 10
0042	40067	1	R/W	T OFF	0 - 999	Segundos ciclo OFF x 10
0043	40068	1	R/W	Año inicio	0 - 99	Año inicio ensayo
0044	40069	1	R/W	Mes inicio	1 - 12	Mes inicio ensayo
0045	40070	1	R/W	Día inicio	0 - 31	Día inicio ensayo
0046	40071	1	R/W	Año fin	0 - 99	Año fin ensayo
0047	40072	1	R/W	Mes fin	0 - 12	Mes fin ensayo
0048	40073	1	R/W	Día fin	1 - 31	Día fin ensayo
0049	40074	1	R/W	Hora inicio	0 - 23	Hora inicio ensayo
004A	40075	1	R/W	Minutos inicio	0 - 59	Minutos inicio ensayo
004B	40076	1	R/W	Hora fin	0 - 23	Hora fin ensayo
004C	40077	1	R/W	Minutos fin	0 - 59	Minutos fin ensayo
004D	40078	1	R/W	Zona horaria	-12 a +12	Entero con signo 16 bits

Figura 4- “Mapa” de parámetros del protocolo MODBUS RTU



Figura 5A- Vista frontal del rectificador



Figura 5B- Vista lateral del rectificador

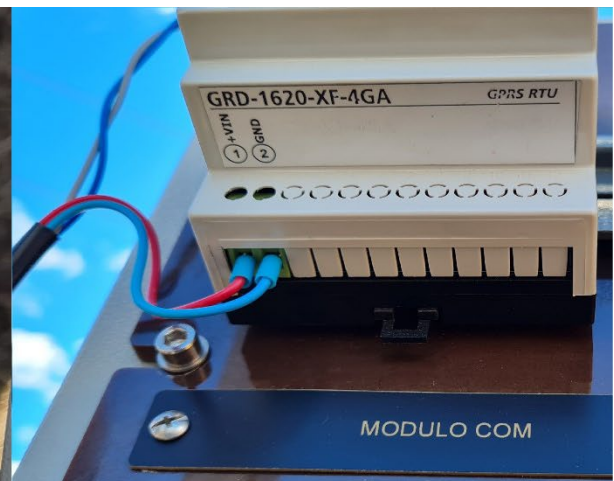
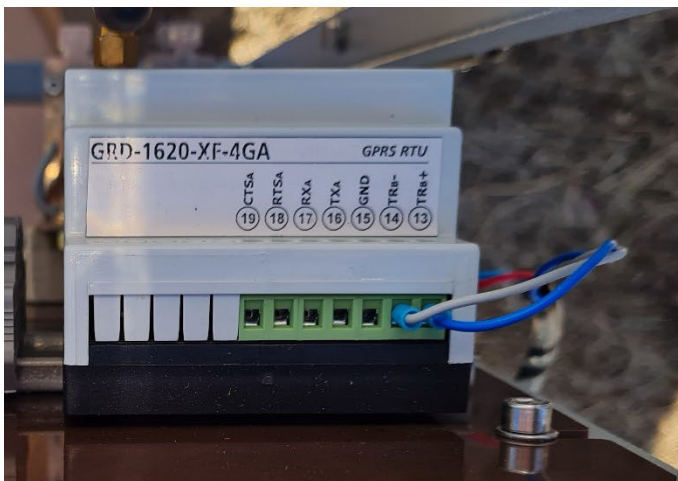


Figura 5C- Conexiones del transmisor

LISTADO DE EQUIPOS									
Unidad Negocio		Centro Operación		Ductos		Localidad			
Seleccionar		Seleccionar		Seleccionar		Pehuajó			
						Aplicar Filtro Limpiar / TODO Unifilares Mapa			
ID Equipo	Nombre	Ductos		Ubicación		Voltaje (V)	Corriente (Amp)	Potencial (mV)	Valores Nominales
PEH001	Banderañá	Gasoducto de Alimentación General Villegas		PK 19+200		1,84	0,10	-1384	40 V- 20 A
PEH002	ERP-1 General Ville...	Gasoducto de Alimentación General Villegas		PK 50+456		2,12	0,20	-1544	40 V- 20 A
PEH003	Sin dato	Gasoducto Alimentación América		xxx+xxx				0	40 V- 20 A
PEH004	Sin dato	Gasoducto Alimentación América		xxx+xxx				0	40 V- 20 A
NQN001	Yac. Oil Stone	069-001 Gasoducto Alimentación Zapala		PK 38+000				1	40 V- 20 A
NQN002	Zapala	069-001 Gasoducto Alimentación Zapala		PK 70+100				1	40 V- 20 A
RESERVA	Sin dato	Sin dato		xxx+xxx				0	40 V- 20 A
RESERVA	Sin dato	Sin dato		xxx+xxx				0	40 V- 20 A
RESERVA	Sin dato	Sin dato		xxx+xxx				0	40 V- 20 A
RESERVA	Sin dato	Sin dato		xxx+xxx				0	40 V- 20 A
RESERVA	Sin dato	Sin dato		xxx+xxx				0	40 V- 20 A
RESERVA	Sin dato	Sin dato		xxx+xxx				0	40 V- 20 A

Figura 6- Pantalla de inicio

EQUIPOSINLOGO.grf

PEH001

SAL1 MOD: P-cte ☒ **I-cte** **CM: GOOD**

SAL 1,85 V 0,10 A

Pot On: -1391 mV **Pot Off:** 0mV

Hora: 658 h **GPS:** *

DATOS GPS

LAT:-35,02770

LONG:-63,36883

FECHA: 19/10/2023

HORA: 17: 4 : 3

ENSAYO GENERAL: Deshabilitado

SETEOS **DETALLES** **CERRAR**

Figura 7- Datos del rectificador

PC_DETAILS.grf

DETALLE DE EQUIPO PEH001

ALARMA MIN I 1,00 ☒

ALARMA MAX I 80,00 ☐

ALARMA MIN POT -840 ☐

ALARMA MÁX POT -3500 ☐

ALARMA CANAL POT ☐

ALARMA PUERTA ABIERTA ☐

ACTIVACIÓN SALIDA ☒

HABILITACIÓN ALARMA MEDICIÓN ☐

HABILITACIÓN ALARMA TEMPERATURA ☐

TENSIÓN SALIDA 1,85 V

CORRIENTE SALIDA 0,10 A

POTENCIAL ON -1391 mV

POTENCIAL OFF 0 mV

TEMPERATURA POTENCIA 22 °C

HORAS 658 h

SETEOS **CERRAR**

Figura 8- Ventana de Detalles del rectificador

PC_SETEOS.GRF

PEH001

SETEO OPERACION

SET POTENCIAL ON mV

SET CORRIENTE 0,10 A

SETEO ENSAYO

MODULO CONTROL Corr CTE

ENSAYO GENERAL Deshabilitad

CICLO ON 8,0

CICLO OFF 2,0

CICLO INICIO Ciclo OFF

RETARDO SINCRONISMO 0

HORA INICIO 7: 0

HORA FIN 17: 0

FECHA INICIO 11/10/23

FECHA FIN 11/10/23

ZONA HORARIA -3

SETEO ALARMAS

SET ALARMA MIN CORRIENTE 1,00 A

SET ALARMA MAX CORRIENTE 80,00 A

SET ALARMA MIN. P ON -840 mV

SET ALARMA MÁX. P ON -3500 mV

CERRAR

Figura 9- Ventana de Seteos del rectificador

Bibliografía

- **SP0169-2013**, Práctica Estándar – Control de la Corrosión Externa en Sistemas de Tuberías Metálicas Enterradas o Sumergidas. NACE.
- **N.A.G.-100**, Normas Argentinas Mínimas de Seguridad para el Transporte y Distribución de Gas Natural y Otros Gases por Cañerías, ENARGAS

Autor

Edgardo Pedro Coos es Ingeniero Electrónico egresado del ITBA (Instituto Tecnológico de Buenos Aires). Trabaja como asistente de integridad en las distribuidoras de gas Camuzzi Gas Pampeana y Camuzzi Gas del Sur. Participa en el Comité de Integridad del Instituto Argentino del Gas y Petróleo.