



## **MANUAL DE USO**

# **ANALIZADOR DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

**PQM-701**

**PQM-701Z**

**PQM-701Zr**



**SONEL S.A.  
ul. Wokulskiego 11  
58-100 Świdnica**

Versión 2.01 11.12.2013



# ÍNDICE

|          |                                                               |           |
|----------|---------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Información general</b>                                    | <b>5</b>  |
| 1.1      | Seguridad                                                     | 5         |
| 1.2      | Característica general                                        | 6         |
| 1.3      | Analizador PQM-701Z                                           | 7         |
| 1.4      | Analizador PQM-701Zr                                          | 8         |
| 1.5      | Alimentación del analizador                                   | 9         |
| 1.6      | Estanqueidad y funcionamiento en condiciones exteriores       | 9         |
| 1.7      | Parámetros medidos                                            | 10        |
| 1.8      | Conformidad con las normas                                    | 12        |
| 1.9      | Montaje en el carril DIN                                      | 14        |
| <b>2</b> | <b>Funcionamiento del analizador</b>                          | <b>15</b> |
| 2.1      | Encendido y apagado                                           | 15        |
| 2.2      | Conexión con PC y transmisión de datos                        | 17        |
| 2.2.1    | Puerto serie RS-232 (sólo PQM-701Zr)                          | 18        |
| 2.3      | Realización de mediciones                                     | 18        |
| 2.3.1    | Puntos de medición                                            | 18        |
| 2.3.2    | Activación y detención de registro                            | 19        |
| 2.3.3    | Tiempos de registro aproximados                               | 19        |
| 2.4      | Bloqueo de botones                                            | 20        |
| 2.5      | Modo de espera                                                | 21        |
| 2.6      | Indicación de una conexión errónea                            | 21        |
| 2.7      | Función de apagado automático                                 | 22        |
| <b>3</b> | <b>Sistemas de medición</b>                                   | <b>23</b> |
| <b>4</b> | <b>Servicio del puerto serie (sólo PQM-701Zr)</b>             | <b>28</b> |
| 4.1      | Ajuste de parámetros de transmisión en serie                  | 28        |
| 4.2      | Comunicación directa RS-232                                   | 28        |
| 4.3      | Comunicación con el analizador a través de módem GSM          | 30        |
| <b>5</b> | <b>Fórmulas de cálculo</b>                                    | <b>32</b> |
| 5.1      | Red monofásica                                                | 32        |
| 5.2      | Red bifásica                                                  | 35        |
| 5.3      | Red trifásica tipo estrella con N                             | 36        |
| 5.4      | Red trifásica tipo estrella y triángulo sin N                 | 38        |
| 5.5      | Métodos para promediar los parámetros                         | 40        |
| <b>6</b> | <b>Datos técnicos</b>                                         | <b>41</b> |
| 6.1      | Entradas                                                      | 41        |
| 6.2      | Parámetros medidos: precisión, resolución y rango             | 42        |
| 6.3      | Detección de eventos: valores eficaces de tensión y corriente | 44        |
| 6.4      | Detección de eventos: otros parámetros                        | 45        |
| 6.5      | Registro                                                      | 46        |
| 6.6      | Alimentación y calentador                                     | 47        |
| 6.7      | Redes compatibles                                             | 47        |

|          |                                                                                |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 6.8      | <i>Pinzas de corriente compatibles</i> .....                                   | 47        |
| 6.9      | <i>Comunicación</i> .....                                                      | 48        |
| 6.10     | <i>Condiciones ambientales y otros datos técnicos</i> .....                    | 48        |
| 6.11     | <i>Seguridad y compatibilidad electromagnética</i> .....                       | 48        |
| 6.12     | <i>Estándares</i> .....                                                        | 49        |
| <b>7</b> | <b><i>Estimación de incertidumbre de medición de potencia y energía</i></b> .. | <b>49</b> |
| <b>8</b> | <b><i>Equipamiento</i></b> .....                                               | <b>52</b> |
| 8.1      | <i>Equipamiento estándar</i> .....                                             | 52        |
| 8.2      | <i>Equipamiento adicional</i> .....                                            | 53        |
| 8.2.1    | <i>Pinza C-4</i> .....                                                         | 53        |
| 8.2.2    | <i>Pinza C-5</i> .....                                                         | 55        |
| 8.2.3    | <i>Pinza C-6</i> .....                                                         | 57        |
| 8.2.4    | <i>Pinza C-7</i> .....                                                         | 58        |
| 8.2.5    | <i>Pinza F-1, F-2, F-3</i> .....                                               | 59        |
| <b>9</b> | <b><i>Más información</i></b> .....                                            | <b>61</b> |
| 9.1      | <i>Limpieza y mantenimiento</i> .....                                          | 61        |
| 9.2      | <i>Almacenamiento</i> .....                                                    | 61        |
| 9.3      | <i>Desmontaje y utilización</i> .....                                          | 61        |
| 9.4      | <i>Fabricante</i> .....                                                        | 61        |
| 9.5      | <i>Servicios de laboratorio</i> .....                                          | 62        |

# 1 Información general

## 1.1 Seguridad



**El dispositivo PQM-701 está diseñado para medir, registrar y analizar los parámetros de alimentación. Para asegurar el servicio seguro y la exactitud de los resultados obtenidos se deben seguir las siguientes recomendaciones:**

- Antes de empezar la utilización del analizador es necesario familiarizarse detalladamente con el presente manual y cumplir con las normas de seguridad y las recomendaciones del fabricante.
- Un uso del analizador distinto del especificado en este manual puede dañar el dispositivo y ser fuente de grave peligro para el usuario.
- Los dispositivos PQM-701 pueden ser utilizados solamente por el personal cualificado que esté facultado para realizar trabajos con las instalaciones eléctricas. El uso del dispositivo por personas no autorizadas puede causar su deterioro y ser fuente de grave peligro para el usuario.
- Se prohíbe utilizar el dispositivo en redes y equipos donde haya condiciones especiales, por ejemplo, donde exista el riesgo de explosión e incendio.
- Se prohíbe utilizar:
  - ⇒ el dispositivo deteriorado y que no funciona total o parcialmente,
  - ⇒ los cables con el aislamiento dañado,
- Se prohíbe alimentar el dispositivo con otras fuentes de energía que las mencionadas en este manual.
- Si es posible, se debe conectar el analizador a los circuitos con la alimentación apagada.
- Antes de colocar el analizador en la caja de alimentación se recomienda desmontar el soporte de metal de la pared trasera, con el fin de prevenir un cortocircuito accidental.
- La apertura de la tapa del dispositivo causa la pérdida de estanqueidad, lo que en caso de condiciones meteorológicas desfavorables puede causar el deterioro del instrumento, así como exposición o poner al usuario en peligro de choque eléctrico.
- Las reparaciones pueden ser realizadas sólo por el servicio autorizado.



***El analizador PQM-701 cumple con los requisitos de la norma PN-EN 61010-1 para la categoría de medida IV 600V y el doble aislamiento con la tapa de la carcasa cerrada. Con la tapa abierta cumple con los requisitos de la categoría IV 600V y el aislamiento básico.***

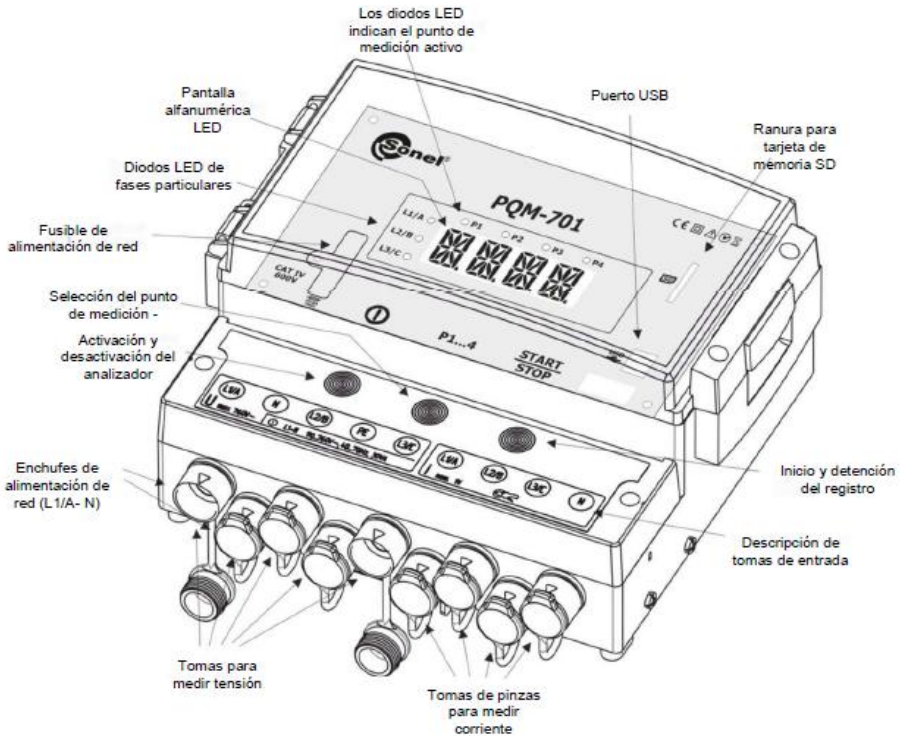


***La categoría de medición de todo el sistema depende de los accesorios utilizados. Si se conectan los accesorios (p.ej. pinzas de corriente) de la categoría de medición inferior al analizador, esto causará la disminución de la categoría de todo el sistema.***

## 1.2 Característica general

El analizador de calidad eléctrica PQM-701 (Fig. 1) es un producto de alta tecnología que permite la medición universal, el análisis y el registro de los parámetros de las redes eléctricas de 50/60 Hz y la calidad de la energía eléctrica de acuerdo con la normativa europea EN 50160 y el Reglamento del Ministro de Economía del 4 de mayo de 2007 sobre las condiciones específicas de funcionamiento del sistema electroenergético.

El analizador está equipado con cinco terminales de entrada de tensión marcados como L1/A, L2/B, L3/C, N y PE, la entrada N (neutro) es común. El rango de tensión medida por los cuatro canales de medición es de hasta  $\pm 1500$  V. Este rango se puede cambiar usando los transductores de tensión adicionales externos.



**Fig. 1. Analizador de la calidad de energía eléctrica PQM-701. Vista general.**

Para medir corrientes sirven cuatro entradas de corriente que permiten conectar varios tipos de pinzas de corriente. Entre ellas están las pinzas flexibles F-1, F-2, F-3 con el rango nominal de 3000 A (que sólo se diferencian por la circunferencia de la bobina) y las pinzas rígidas C-4 (rango de 1000 A AC), C-5 (rango de 1000 A AC/DC), C-6 (rango de 10 A AC) y C-7 (rango de 100 A AC). Además, en caso de las corrientes, el rango nominal se puede cambiar mediante los transformadores adicionales, por ejemplo usando el transformador 100:1 con la pinza C-4 se puede medir la corriente hasta 100 kA.

Se prestó atención a la funcionalidad en el modo de registro. Por lo tanto, el instrumento está equipado con una tarjeta de memoria SD extraíble (en inglés *Secure Digital*) de gran capacidad. Después del registro se puede retirar la tarjeta del conector del analizador y usar un lector de tar-

## 1 Información general

jetas SD junto con el software incluido transferir más rápidamente los datos a un ordenador. Los datos también se pueden leer con dos enlaces de comunicación: USB o transmisión por radio.

Los parámetros registrados se dividen en grupos que se pueden incluir o excluir del registro de forma independiente, lo que permite el uso racional de espacio en la tarjeta de memoria. Los parámetros no registrados no ocupan espacio por lo que se prolonga bastante el tiempo de registro de los otros parámetros.

El analizador PQM-701 se alimenta de la red de prueba; la fuente de alimentación interna con un amplio rango de tensiones de entrada 90...760 V CA está conectada permanentemente a la línea L1/A y N en el dispositivo. En PQM-701Z AC la fuente de alimentación tiene unos terminales independientes en el lado derecho de la carcasa que no están conectados a los terminales de tensión L1/A y N.

Una característica importante de PQM-700 es su posibilidad de trabajo en condiciones atmosféricas desfavorables, el analizador se puede instalar directamente en los postes eléctricos. Asegura la estanqueidad de clase IP65 y el rango de temperatura de trabajo es de -20°C a +55°C.

La batería interna de iones de litio asegura el funcionamiento ininterrumpido en caso de pérdida de tensión de alimentación.

La interfaz de usuario simplificada incluye una pantalla LED alfanumérica de 4 dígitos para una visibilidad superior con iluminación externa, y un teclado táctil con 3 teclas.

El elemento que muestra todas las posibilidades del dispositivo es el software de PC "Sonel Análisis".

La comunicación con el PC es posible de dos maneras:

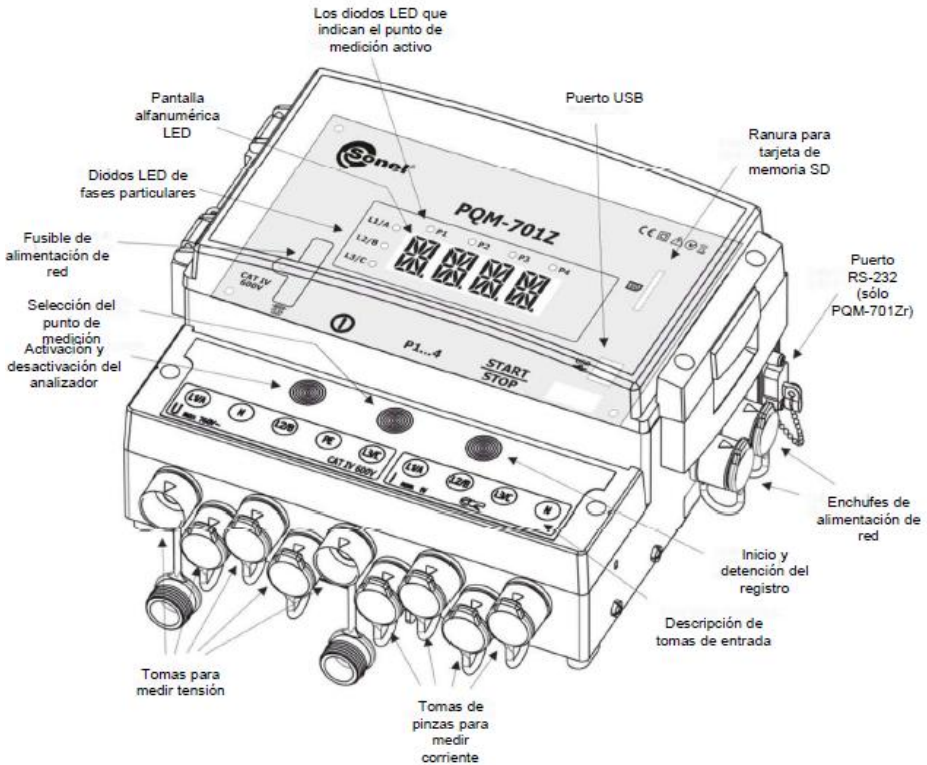
- con la conexión USB aislado galvánicamente que garantiza la velocidad de transmisión de hasta 921,6 kbit/s (para la conexión es necesario abrir la tapa superior del dispositivo),
  - la transmisión por radio con una velocidad de 57,6 kbit/s
- Para poder utilizar el modo de conexión inalámbrica, es necesario conectar el radioreceptor OR-1 al puerto USB del ordenador. La comunicación en este modo es más lenta por lo que es recomendada para la visualización de datos actuales de las redes medidas por el analizador, la configuración y el control del analizador. No se recomienda leer muchos datos almacenados en la tarjeta SD a través de conexión vía radio debido a la lenta transmisión de datos.

### 1.3 Analizador PQM-701Z

El analizador PQM-701Z es diferente de la PQM-701 en los siguientes aspectos:

- PQM-701Z tiene los terminales de alimentación de red separados que se encuentran en la parte derecha de la carcasa del analizador. La fuente de alimentación interna está conectada sólo a estos terminales (sin conexión a los terminales de medición de tensión L1/A y N).
- Las dimensiones exteriores de ambos analizadores son ligeramente diferentes; ver los datos técnicos en el punto 7.10.

No cambian las otras características del analizador respecto a PQM-701.



**Fig. 2. Analizador de la calidad de energía eléctrica PQM-701Z y PQM-701Zr. Vista general.**  
**NOTA: puerto RS-232 está sólo en PQM-701Zr.**

## 1.4 Analizador PQM-701Zr

El analizador PQM-701Zr es diferente de la PQM-701 en los siguientes aspectos:

- PQM-701Zr tiene los terminales de alimentación de red separados que se encuentran en la parte derecha de la carcasa del analizador (como en PQM-701Z). La fuente de alimentación interna está conectada sólo a estos terminales (sin conexión a los terminales de medición de tensión L1/A y N).
- PQM-701Zr tiene un adicional puerto serie RS-232 con el aislamiento galvánico en la ranura situada en la parte lateral de la carcasa.
- Las dimensiones exteriores de ambos analizadores son ligeramente diferentes; ver los datos técnicos en el punto 6.10.

El puerto RS-232 permite la conexión a un PC o un módulo de comunicación externo (p.ej. módem GSM). Se opera el modo de control de flujo por hardware (mediante las líneas CTS y RTS).

El puerto RS-232 sólo está activo cuando no está conectado el cable USB al enchufe situado en el panel frontal del analizador. La conexión del ordenador con el analizador por un cable USB causa la interrupción de la conexión activa RS-232 (si está activa).

## 1 Información general

La velocidad de transmisión RS-232 es de hasta 921.600 bits/s y puede ser cambiada por el usuario.

El enchufe RS-232 ofrece la protección IP65 en estado desconectado. El protector suministrado permite proteger el contacto de conexión contra los agentes atmosféricos.

Un accesorio adicional estándar del PQM-701Zr es un cable para la transmisión de datos RS-232 sin entrelazado hembra-macho.

No cambian las otras características del analizador respecto a PQM-701.

### **Información**

*En este manual se utiliza el nombre PQM-701 para determinar todas las variedades del analizador (incluyendo PQM-701Z y PQM-701Zr) a menos que se indique lo contrario.*

## 1.5 Alimentación del analizador

El analizador tiene una fuente de alimentación incorporada con el rango de tensiones nominales de 90...760 V CA. La fuente de alimentación en PQM-701 está conectada a los terminales de tensión L1/A y N, por lo que el analizador puede ser alimentado desde la red evaluada. En PQM y PQM-701Z-701Zr la fuente de alimentación tiene los terminales independientes situados en el lado derecho de la carcasa.

Para mantener la alimentación durante los cortes de energía sirve la batería interna. La batería se carga cuando existe tensión en los terminales del alimentador de la red. La batería mantiene la alimentación hasta 5h a la temperatura entre -20°C...+55°C. Cuando las baterías se agotan, el medidor detiene el trabajo en curso (p.ej. registro) y se apaga de emergencia con la inscripción "**BATT**". Cuando vuelve la alimentación, el analizador sigue con el trabajo que ha sido interrumpido (p.ej. registro).

Si el dispositivo con la fuente de alimentación desconectada no ha sido utilizado durante prolongado tiempo (más de 3 meses), la batería puede ser totalmente descargada y se pierden los ajustes de la hora actual, del último punto de medición utilizado, de las contraseñas de bloqueo del teclado y PIN, etc. Al reanudar el trabajo, se recomienda restaurar la configuración mediante el uso del programa "Sonel Análisis 2.0."

### **Nota**

*La batería puede cambiarse solamente en el servicio autorizado.*

## 1.6 Estanqueidad y funcionamiento en condiciones exteriores

El analizador PQM-701 está diseñado para trabajar en condiciones atmosféricas desfavorables, puede ser instalado directamente en los postes eléctricos. Para la instalación sirven dos bandas con hebillas que hay que pasar a través de un marco de metal atornillado a la parte trasera del analizador. Asegura la estanqueidad de clase IP65 en la posición vertical con las ranuras hacia abajo y el rango de temperatura de trabajo es de -20°C a +55°C.

**Nota**

**Para asegurar la clase de estanqueidad IP65 declarada es necesario cumplir con las siguientes normas:**

- *Atornillar la tapa transparente con dos tornillos al lado del enganche de tapa (jno es suficiente cerrar la tapa utilizando sólo el enganche!)*
- *Estancar las tomas de medición sin utilizar con tapones de silicona.*

Ya que las propiedades del teclado capacitivo hacen que un chorro fuerte de agua (lluvia) puede desencadenar una detección de pulsación de tecla, se recomienda poner el teclado de seguridad con el código de 3 dígitos en la configuración del analizador. De ese modo se reduce al mínimo el riesgo de la detención de registro accidental.

A la temperatura ambiente inferior a 0 °C se activa el calentamiento del dispositivo con un calentador interno cuyo objetivo es mantener dentro la temperatura positiva en el rango de temperatura ambiente de -20 °C...0 °C.

El calentador se alimenta de la fuente de red incorporada y su potencia se limita a unos 10 W.

Debido a las características de la batería incorporada de iones de litio su carga está bloqueada en temperaturas bajo cero que existen en el interior del analizador. Esta situación puede ocurrir cuando el analizador tiene asegurada la alimentación a temperaturas ambiente por debajo de 0°C. La recarga de la batería será posible sólo después de calentar el interior del analizador a una temperatura por encima de 0°C.

## 1.7 Parámetros medidos

El analizador PQM-701 permite medir y registrar los siguientes parámetros:

- tensiones eficaces de fase y entre fases en el rango hasta 790 V (pico hasta 1150 V),
- corrientes eficaces hasta 3000 A (pico hasta 10 kA) utilizando las pinzas flexibles (F-1, F-2, F-3), hasta 1000 A (pico hasta 3600 A) utilizando la pinza rígida C-4 o C-5, hasta 10 A (pico hasta 36 A) con la pinza C-6, o hasta 100 A (pico hasta 141 A) con la pinza C-7,
- factores de cresta de corriente y tensión,
- frecuencia de red en el rango de 40..70 Hz,
- potencias y energías activas, reactivas, aparentes, potencia de distorsión,
- componentes armónicas de tensiones y corrientes (hasta 50ª),
- factor de distorsión armónica THD<sub>F</sub> y THD<sub>R</sub> para corriente y tensión,
- factor de pérdidas K causadas por armónicos más altos (K-Factor),
- potencias activas y reactivas de armónicos,
- ángulos entre los armónicos de tensión y corriente,
- factor de potencia, cosφ, tgφ,
- factores de desequilibrio de redes trifásicas y componentes simétricas,
- indicadores de parpadeo de luz P<sub>st</sub> y P<sub>It</sub>.

Los parámetros escogidos se agregan (promedian) según el tiempo elegido por el usuario y pueden ser guardados en la tarjeta de memoria. Además del valor medio se puede registrar el valor mínimo y máximo durante el intervalo de promediación y el valor instantáneo durante el registro de datos.

El bloque de detección de eventos también está desarrollado. Los acontecimientos típicos en la norma EN 50160 son: hueco (es decir, disminución del valor eficaz de tensión por debajo del 90% del valor nominal de tensión), sobretensión (aumento por encima del 110% del valor nominal) e interrupción (bajada de tensión por debajo del umbral del 1% del valor nominal). El usuario no necesita introducir por sí mismo los ajustes definidos en la norma EN 50160, el programa permite la configuración automática del instrumento en modo de medición de calidad de energía de acuerdo con la norma EN 50160. El usuario puede utilizar la configuración propia, el programa ofrece toda la flexibilidad en este campo. La tensión es sólo uno de muchos parámetros, para los cuales se pueden definir los umbrales de detección de eventos. Por ejemplo, es posible configu-

## 1 Información general

rar el analizador para que detecte la bajada del factor de potencia por debajo del umbral definido, también puede detectar cuando THD excede otro umbral, así como el noveno armónico de tensión excede la tensión del valor porcentual fijado por el usuario. El evento se guarda junto con el tiempo en el que apareció. En caso de eventos que exceden los umbrales de hueco, interrupción o sobretensión, y en caso de superar el valor mínimo y máximo para corrientes, se puede completar la información sobre la aparición del evento con una forma de onda de tensiones y corrientes. Se pueden guardar 2 períodos antes y 4 después del evento.

Las amplias posibilidades de configuración y la multitud de parámetros medidos hacen que el analizador PQM-701 sea un dispositivo extraordinariamente útil y poderoso para medir y analizar todo tipo de redes de alimentación y alteraciones que aparecen en ellas. Algunas de las características únicas de este dispositivo lo distinguen entre otros analizadores de este tipo disponibles en el mercado.

En la Tab. 1 se presenta una especificación sumaria de los parámetros medidos por el analizador PQM-701 dependiendo del tipo de red.

**Tab. 1. Los parámetros medidos para varias configuraciones de la red**

| Tipo de red, canal                                                        |                                             | 1-f |   | 2-f |   |   |          | 3-f estrella con N |   |   |   |          | 3-f triángulo 3-f estrella sin N |   |   |                  |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----|---|-----|---|---|----------|--------------------|---|---|---|----------|----------------------------------|---|---|------------------|
|                                                                           |                                             | A   | N | A   | B | N | $\Sigma$ | A                  | B | C | N | $\Sigma$ | A                                | B | C | $\Sigma$         |
| U                                                                         | Tensión eficaz                              | •   | • | •   | • | • |          | •                  | • | • | • |          | •                                | • | • |                  |
| U <sub>dc</sub>                                                           | Componente constante de tensión             | •   | • | •   | • | • |          | •                  | • | • | • |          | •                                | • | • |                  |
| I                                                                         | Corriente eficaz                            | •   | • | •   | • | • |          | •                  | • | • | • |          | •                                | • | • |                  |
| I <sub>dc</sub>                                                           | Componente constante de corriente           | •   | • | •   | • | • |          | •                  | • | • | • |          | •                                | • | • |                  |
| f                                                                         | Frecuencia                                  | •   |   | •   |   |   |          | •                  |   |   |   |          | •                                |   |   |                  |
| CF U                                                                      | Factor de pico de tensión                   | •   | • | •   | • | • |          | •                  | • | • | • |          | •                                | • | • |                  |
| CF I                                                                      | Factor de pico de corriente                 | •   | • | •   | • | • |          | •                  | • | • | • |          | •                                | • | • |                  |
| P                                                                         | Potencia activa                             | •   |   | •   | • |   | •        | •                  | • | • |   | •        |                                  |   |   | •                |
| Q <sub>1</sub> , Q <sub>B</sub>                                           | Potencia reactiva                           | •   |   | •   | • |   | •        | •                  | • | • |   | •        |                                  |   |   | • <sup>(1)</sup> |
| D, S <sub>N</sub>                                                         | Potencia de distorsión                      | •   |   | •   | • |   | •        | •                  | • | • |   | •        |                                  |   |   |                  |
| S                                                                         | Potencia aparente                           | •   |   | •   | • |   | •        | •                  | • | • |   | •        |                                  |   |   | •                |
| PF                                                                        | Factor de potencia                          | •   |   | •   | • |   | •        | •                  | • | • |   | •        |                                  |   |   | •                |
| cos $\varphi$                                                             | Factor de desplazamiento de fase            | •   |   | •   | • |   | •        | •                  | • | • |   | •        |                                  |   |   |                  |
| tg $\varphi$                                                              | Factor de tangente $\varphi$                | •   |   | •   | • |   | •        | •                  | • | • |   | •        |                                  |   |   | • <sup>(1)</sup> |
| THD U                                                                     | Factor de contenidos armónicas de tensión   | •   | • | •   | • | • |          | •                  | • | • | • |          | •                                | • | • |                  |
| THD I                                                                     | Factor de contenidos armónicos de corriente | •   | • | •   | • | • |          | •                  | • | • | • |          | •                                | • | • |                  |
| K                                                                         | Factor K                                    | •   | • | •   | • | • |          | •                  | • | • | • |          | •                                | • | • |                  |
| E <sub>p+</sub> , E <sub>p-</sub>                                         | Energía activa (consumida y devuelta)       | •   |   | •   | • |   | •        | •                  | • | • |   | •        |                                  |   |   | •                |
| E <sub>Q1+</sub> , E <sub>Q1-</sub> , E <sub>Q3+</sub> , E <sub>Q3-</sub> | Energía reactiva (consumida y devuelta)     | •   |   | •   | • |   | •        | •                  | • | • |   | •        |                                  |   |   | • <sup>(1)</sup> |
| E <sub>s</sub>                                                            | Energía aparente                            | •   |   | •   | • |   | •        | •                  | • | • |   | •        |                                  |   |   | •                |
| U <sub>h1..U<sub>h50</sub></sub>                                          | Amplitudes de armónicos de tensión          | •   | • | •   | • | • |          | •                  | • | • | • |          | •                                | • | • |                  |
| I <sub>h1..I<sub>h50</sub></sub>                                          | Amplitudes de armónicos de corriente        | •   | • | •   | • | • |          | •                  | • | • | • |          | •                                | • | • |                  |
| $\varphi_{U1..}$ $\varphi_{U50}$                                          | Ángulos entre los                           | •   |   | •   | • |   |          | •                  | • | • |   |          |                                  |   |   |                  |

|                   |                                                |   |  |   |   |  |  |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |
|-------------------|------------------------------------------------|---|--|---|---|--|--|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|---|---|---|
|                   | armónicos de tensión y corriente               |   |  |   |   |  |  |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |
| $P_{h1}..P_{h50}$ | Potencias activas de armónicos                 | • |  | • | • |  |  | • | • | • |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |
| $Q_{h1}..Q_{h50}$ | Potencias reactivas de armónicos               | • |  | • | • |  |  | • | • | • |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |
| Asimetría U, I    | Componentes simétricas y factores de asimetría |   |  |   |   |  |  |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  | • |   | • |
| $P_{st}, P_{It}$  | Indicadores de parpadeo de luz                 | • |  | • | • |  |  | • | • | • |  |  |  |  |  |  |  | • | • | • |

**Notas:** A, B, C representan las fases sucesivas (L1/A, L2/B, L3/C),

N significa la medición para el canal de la tensión N-PE o de la corriente  $I_N$  dependiendo del tipo de parámetro,

$\Sigma$  significa el valor total del sistema.

- (1) En las redes de 3 conductores, como la potencia reactiva total se calcula la potencia inactiva  $N = \sqrt{S_G^2 - P^2}$  (ver el debate sobre la potencia reactiva en el capítulo 6.7 "Medición de potencia" en el manual Sonel Análisis 2.0)

## 1.8 Conformidad con las normas

El analizador PQM-701 está diseñado para cumplir con los requisitos de las siguientes normas.

Normas de medición de los parámetros de la red:

- EN 61000-4-30:2009 - Compatibilidad electromagnética (EMC) - Técnicas de ensayo y de medida - Métodos de medida de la calidad de energía,
- EN 61000-4-7:2007 – Compatibilidad electromagnética (EMC) - Técnicas de ensayo y de medida - Manual general de mediciones de armónicos e interarmónicos, así como de los instrumentos de medición aplicados para las redes de alimentación y los dispositivos conectados a estas redes,
- EN 61000-4-15:1999 – Compatibilidad electromagnética (EMC) - Técnicas de ensayo y de medida- Medidor de parpadeo de luz - Especificaciones funcionales y de diseño,
- EN 50160:2008 – Parámetros de la tensión suministrada por las redes generales de distribución.

Normas de seguridad:

- EN 61010-1 – Requisitos de seguridad de equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio. Parte 1: Requisitos generales

El dispositivo cumple plenamente los requisitos de la categoría S según PN-ES 61000-4-30, sin embargo, en muchos puntos también se cumplen los requisitos de la clase más restrictiva A. Esto se resume en la siguiente tabla.

**Tabla 2. Resumen del cumplimiento con las normas de los parámetros seleccionados**

|                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Agregación de mediciones en intervalos de tiempo                   | <p>EN 61000-4-30 Clase S:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El tiempo básico de medición de parámetros (tensión, corriente, armónicos, asimetría) es el intervalo de 10 ciclos para el sistema de alimentación de 50 Hz y de 12 ciclos para el sistema de 60 Hz,</li> <li>• Intervalo de 3 s (150 ciclos para la frecuencia nominal de 50 Hz y 180 ciclos para 60 Hz),</li> <li>• Intervalo de 10 minutos,</li> <li>• Intervalo de 2h (basado en 12 intervalos de 10 min.)</li> </ul> |
| Incertidumbre del tiempo de reloj                                  | <p>EN 61000-4-30 Clase S:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reloj de tiempo real incorporado y ajustado desde el programa "Sonel Análisis", sin sincronización GPS y por radio,</li> <li>• Exactitud del reloj superior a <math>\pm 0,3</math> s/día</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                       |
| Frecuencia                                                         | Cumple con los requisitos de la norma EN 61000-4-30 Clase A para el método y la incertidumbre de medición                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Valor de la tensión de alimentación                                | Cumple con los requisitos de la norma EN 61000-4-30 Clase A para el método y la incertidumbre de medición                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Fluctuaciones de tensión (parpadeo de luz)                         | Método de medición e incertidumbre cumplen con los requisitos de la norma EN 61000-4-15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Huecos, sobretensiones e interrupciones de tensión de alimentación | Cumple con los requisitos de la norma EN 61000-4-30 Clase A para el método y la incertidumbre de medición                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Desequilibrio de tensión de alimentación                           | Cumple con los requisitos de la norma EN 61000-4-30 Clase A para el método y la incertidumbre de medición                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Armónicos de tensión y corriente                                   | Método e incertidumbre de medición conforme con EN 61000-4-7 clase I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

## 1.9 Montaje en el carril DIN

El juego contiene dos soportes para el montaje del analizador en un carril DIN estándar. Para ello, primero se debe desmontar el soporte de metal atornillado a la parte posterior del analizador. A continuación, a la carcasa se ponen dos ganchos, se instala el analizador en el carril y en el último paso, se giran y bloquean los ganchos. Esto se presenta en la Fig. 3.

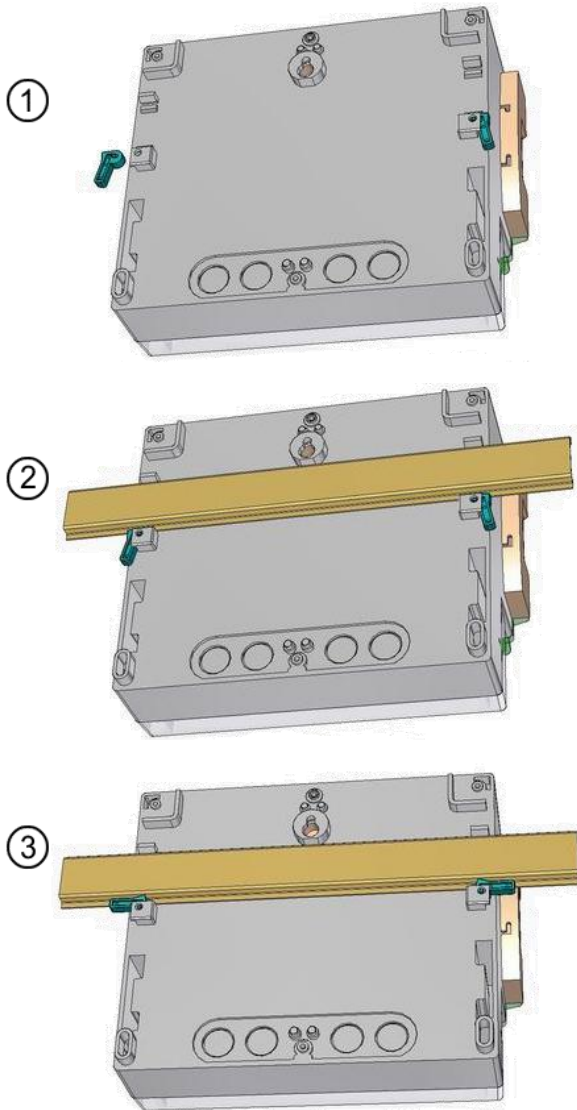


Fig. 3. Modo de montaje del analizador en el carril DIN.

## 2 Funcionamiento del analizador

### 2.1 Encendido y apagado

- El analizador se enciende pulsando brevemente el botón ①. Después de encender el analizador realiza una prueba automática y en caso de que se detecten errores, la pantalla muestra un mensaje correspondiente **Exxx** acompañado de un pitido largo (3 segundos), las medidas se bloquean.
- Después de la prueba automática se muestra la hora actual del analizador (2 segundos).
- La inscripción **WAIT** anuncia el proceso de iniciación de la tarjeta SD que puede tardar unos segundos.
- Si la tarjeta de memoria es de otro analizador, el usuario debe poner el código PIN del analizador, del propietario de la tarjeta, lo que permitirá acceder a la tarjeta. Después de primer registro con esta tarjeta, la tarjeta es asignada al analizador y el PIN se actualiza.
- En el caso del error de iniciación de la tarjeta de memoria aparece la inscripción **CARD**. Si el sistema de archivos en la tarjeta está dañado (o p.ej. si el usuario ha formateado manualmente la tarjeta) el analizador sugiere formatear la tarjeta (inscripción **FORM**), botón **START/STOP** inicia el proceso de formateo (3 pitidos cortos). Durante el proceso de formateo el analizador repite la iniciación de la tarjeta SD.
- Durante el formateo de la tarjeta SD, el analizador realiza una prueba de su rendimiento. Si detecta que la tarjeta es demasiado lenta, se muestra el mensaje **CARD**. Se recomienda utilizar sólo las tarjetas suministrados por el fabricante del analizador.
- Si el analizador al iniciar la tarjeta detecta el archivo FIRMWARE.PQF en el catálogo principal que contiene el firmware del analizador (software interno) y su versión es más reciente que la versión actual del analizador, se sugerirá su actualización y aparece la inscripción **UPDT**. El botón **START/STOP** inicia este proceso (tres pitidos cortos), durante el cual en la pantalla se puede observar el progreso expresado como un porcentaje. Si la actualización se realiza correctamente, se muestra el mensaje **DONE**, en caso contrario **FAIL**. A continuación, el analizador se apaga automáticamente. El proceso en sí conlleva el riesgo de dañar el analizador, por esta razón se realiza sin garantía del fabricante. Una forma más segura es hacer esta operación en el servicio del fabricante.
- El analizador se establece en el último activo punto de medición y comienza el test de la conexión correcta dependiendo de la configuración de red establecida. A continuación se muestra el procedimiento de test para el sistema de tres fases estrella o triángulo:
  - se ilumina el diodo L1 (o L1 y L2 para el triángulo), la pantalla muestra la tensión en esta fase durante 2 segundos y luego la corriente durante dos segundos (si la medición de corriente está activada),
  - se ilumina el diodo L2 (o L2 y L3 para el triángulo), la pantalla muestra la tensión en esta fase durante 2 segundos y luego la corriente durante dos segundos,
  - se ilumina el diodo L3 (o L1 y L2 para el triángulo), la pantalla muestra la tensión en esta fase durante 2 segundos y luego la corriente durante dos segundos,
  - si se ha detectado un error de configuración (p.ej. la tensión eficaz incorrecta o fase inversa) se mostrará durante dos segundos la inscripción **ERR**. Esto no bloquea el funcionamiento del analizador, y sólo advierte al usuario de un posible error en la configuración o conexión,
  - en la pantalla aparece **STOP** que indica la falta de registro del analizador, en este caso, se puede activar la medición pulsando el botón **START/STOP** (si el espacio en la tarjeta para este punto de medición está lleno se muestra **MEM**; si la asignación de espacio para el punto se pone a cero se muestra **LIVE**).
- Antes de la medición o durante el registro (si no hay modo de suspensión) los diodos indican los siguientes estados de redes:
  - diodo no se enciende - la tensión y el ángulo de fase son correctos,


- diodo parpadea - estado de emergencia (p.ej. cambio de lugar de la fase L2 y L3, ambos diodos parpadean).
- diodo (diodos) parpadean con mayor velocidad - la frecuencia de red medida es diferente de la frecuencia nominal del punto de medición actual.

Esto depende del tipo de red seleccionada en la configuración. Sólo el diodo L1 está activo para la red de 1 fase. Para la red de 2 fases está activo el diodo L2, para 3 fases todos los diodos.

- En Tab. 3 se muestran los mensajes visualizados durante el test y durante el funcionamiento del dispositivo.

**Tab. 3. Los mensajes que aparecen en la pantalla del analizador.**

| Mensaje visualizado     | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>BATT</b>             | El apagado del analizador por causa de descarga de batería. Se debe conectar la fuente de alimentación externa.                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>CARD</b>             | Falta o daño de la tarjeta SD. Las mediciones están bloqueadas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>CODE</b>             | El modo de poner el código de bloqueo de teclado para desbloquearlo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>ERR + tono largo</b> | El error en la instalación (p.ej. intercambio de dos fases, polaridad equivocada de las pinzas de corriente, etc.) que puede causar la medición errónea (diagrama fasorial incorrecto en el modo <b>LIVE</b> ). Se iluminan los diodos de fases, en los que puede haber un problema. Este error no bloquea las mediciones, sólo advierte al usuario sobre la posibilidad de un mal registro. |
| <b>EVNT</b>             | A la espera de la activación automática de registro con el primer caso detectado.                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Exxx</b>             | Error interno del analizador. Si sigue al error a pesar de desactivar y volver a activar el dispositivo, es necesario ponerse en contacto con el servicio de Sonel S.A.                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>E150</b>             | La detección del fusible quemado del alimentador de red. El fusible debe ser sustituido por un fusible de los mismos parámetros (mensaje aparece sólo en PQM-701)                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>F1.00</b>            | Se muestra la versión del firmware del analizador después de encenderlo (en este caso la versión 1.00)                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>FORM</b>             | Formateo de la tarjeta SD (a la espera de confirmación por parte del usuario presionando el botón <b>START/STOP</b> )                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>LIVE</b>             | Para este punto de medición no se ha asignado lugar en la tarjeta SD, sólo es posible medir los datos actuales y verlos en las aplicaciones de PC, de acuerdo con la configuración guardada                                                                                                                                                                                                  |
| <b>LOGG</b>             | El registro en curso. La conexión con PC inactiva.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>MEM</b>              | Al encender el dispositivo ha detectado la memoria llena en el punto de medición activo. Las mediciones están bloqueadas. Se puede cambiar el punto de medición pulsando el botón <b>P1...4</b> .                                                                                                                                                                                            |
| <b>PC</b>               | La conexión activa con un PC con la aplicación "Sonel Análisis"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>PIN</b>              | Modo de introducción del código PIN para acceder a la tarjeta SD (que proviene de otro analizador).                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>REP</b>              | Se intentan restaurar los datos después de retirar la tarjeta SD durante el registro.                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>STOP</b>             | Modo de espera. Sin registro. La conexión con PC inactiva.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>TIME</b>             | En espera de la activación automática del registro en caso de registro según el horario.                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>UPDT</b>             | A la espera de la confirmación de actualización de firmware del analizador por parte del usuario presionando el botón <b>START/STOP</b> . Al pulsar el botón <b>P1...4</b> se omite la actualización.                                                                                                                                                                                        |
| <b>WAIT</b>             | Escaneo de la tarjeta SD en curso.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>DONE/OK/FAIL</b>     | Los mensajes de realizar la operación con éxito o fracaso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

- Cuando se cambia el punto de medición a otro, se repite la secuencia de comprobar las conexiones.
- El analizador se apaga manteniendo pulsado el botón  durante dos segundos si no está activado el bloqueo de los botones ni el registro.

- Si se pulsa el botón activo se emite una señal corta y aguda, en caso del botón inactivo se emite una señal más larga con un tono más bajo.

### **Notas**

- *Antes de retirar la tarjeta SD se recomienda apagar primero el analizador pulsando el botón **ON/OFF**. Esto evitará una posible pérdida de datos en la tarjeta.*
- *Si se retira la tarjeta SD durante el trabajo del analizador aparece la inscripción **CARD**. Tal acción puede causar la pérdida de datos sin guardar o puede dañar totalmente el sistema de archivos en la tarjeta SD, en especial, si el registro estaba en curso.*
- *No se debe interferir por si mismo en el sistema de archivos en la tarjeta SD (p.ej. crear y almacenar los propios archivos o eliminar los archivos almacenados por el analizador).*
- *La extracción de la tarjeta de la ranura durante el registro puede causar la pérdida de datos o dañar el sistema de archivos. Para minimizar este riesgo, en tal situación (sin apagar el analizador) se debe volver a insertar la tarjeta en la ranura, se llevará a cabo un intento de guardar los datos en caché. La pantalla muestra el mensaje **REP**. En caso de éxito del procedimiento se muestra el mensaje **OK**, el analizador reanudará el registro, en caso contrario aparecerá el mensaje **FAIL**, lo que puede significar un daño irreparable del sistema de archivos.*
- *Antes de retirar (tocar) la tarjeta se recomienda descargar las cargas electrostáticas acumuladas tocando un objeto conductor y puesto a tierra.*

## **2.2 Conexión con PC y transmisión de datos**

- Después de encender el dispositivo con el botón ① el módulo de radio y el puerto USB son constantemente activos con el fin de transmitir en todo momento los datos de medición en tiempo real, iniciar o detener el registro de forma remota.

### **Nota**

*Antes de conectarse al analizador por radio es necesario agregar el analizador a la base de analizadores en el programa Sonel Análisis (Opción - > Base de analizadores). Durante la búsqueda de los analizadores en la lista de dispositivos disponibles sólo aparecen los analizadores introducidos en la base de datos. Más información en el capítulo 2.4 del Manual del Programa Sonel Análisis 2.0.*

- Cuando se conecta a un PC, en la pantalla aparece la inscripción **PC**; si el dispositivo está en modo de registro en la pantalla aparece **P.C.** (los puntos parpadean cada 0,5 s).
- Conexión al ordenador (modo PC) permite:
  - transmisión de los datos almacenados en la memoria del registrador:
    - en el modo **STOP** es posible leer los datos de todos los puntos de medición,
    - durante el registro se pueden leer todos los datos de puntos de medición que no se registran en este momento;
    - es posible leer los datos almacenados en el punto de medición activo durante el proceso de registro; algunos datos del caché no están disponibles hasta que se guarden en la tarjeta de memoria.
  - vista perversa de los parámetros de red en el ordenador:

- valores instantáneos de corriente, tensión, potencia y energía, valores sumarios para todo el sistema,
  - armónicos, potencias de armónicos y THD,
  - desequilibrio,
  - diagramas fasoriales para tensiones,
  - formas de onda de corriente y tensión dibujadas en tiempo real.
- Durante la conexión al ordenador se bloquean los botones aparte del botón **Ⓛ**, a menos que el analizador trabaje en el activado modo de bloqueo de botones (p.ej. durante el registro), entonces todos los botones están bloqueados.
  - Para conectarse con el analizador se debe introducir su código PIN que está guardado en la tarjeta de memoria. El código predeterminado es 000 (tres cifras cero). El código PIN se puede cambiar mediante la aplicación "Sonel Análisis". Es imposible conectarse con el analizador que no tiene la tarjeta de memoria insertada correctamente.
  - Si se introduce tres veces el código PIN incorrecto, se bloquea la transmisión de datos durante 10 minutos. Después de este tiempo es posible introducir de nuevo el código PIN.
  - Si después de conectar al PC durante 30 segundos no tiene lugar ningún intercambio de datos entre el analizador y el ordenador, el analizador sale del modo de transmisión de datos y termina la conexión.

#### **Notas**

- *Mantener pulsados durante 5 segundos los botones **P1...4** y **Ⓛ** hace que se establezca de emergencia el código PIN predeterminado (000).*
- *Si durante el registro está activado el bloqueo de botones, entonces este bloqueo tiene una prioridad mayor (primero hay que desbloquear de emergencia los botones para reajustar de emergencia el código PIN). El teclado se desbloquea de emergencia manteniendo pulsados durante 5 segundos los botones **START/STOP** y **Ⓛ**.*

### **2.2.1 Puerto serie RS-232 (sólo PQM-701Zr)**

El puerto serie RS-232 del analizador PQM-701Zr se puede utilizar:

- para la comunicación directa con el ordenador mediante el cable tipo null-modem (cable hembra-hembra con entrelazado)
- para la conexión del módem GSM externo y la comunicación remota con el analizador a través de Internet. En este caso, se debe utilizar un cable de hembra-macho sin entrelazado (este cable se suministra al analizador como un accesorio estándar de PQM-701Zr).

Dependiendo del método de comunicación elegido se debe configurar el software Sonel Análisis 2.0. Más información en el capítulo 5.

## **2.3 Realización de mediciones**

### **2.3.1 Puntos de medición**

El analizador puede almacenar 4 configuraciones de medición totalmente independientes, que se llaman "puntos de medición". Estas configuraciones se pueden ver y modificar a través del programa Sonel Análisis (capítulo 2 del manual del programa Sonel Análisis). El número del punto activo es indicado por el diodo verde correspondiente encima de la pantalla.

- El cambio del punto se puede hacer en la secuencia 1...4 pulsando el botón **P1...4**.
- Al pasar al siguiente punto de medición, se procede a comprobar la corrección de conexión en la red.

- Con el programa Sonel Análisis el usuario puede especificar cualquier porcentaje de memoria de cada punto (p.ej. el 100% para el primero, no hay otros puntos o el 25% para cada punto). Si para algún punto de medición se asigna toda la memoria, después de seleccionar otros puntos en la pantalla aparece la inscripción **LIVE**, lo que significa, que sólo es posible la vista previa de los parámetros de la red en el modo Live.

### 2.3.2 Activación y detención de registro

El registro, de acuerdo con la configuración del punto de medición, se puede iniciar de tres maneras:

- inmediatamente, pulsando el botón **START/STOP** o mediante la aplicación, si hay una conexión activa con el PC,
- conforme con la programación establecida en la aplicación (hasta cuatro intervalos de tiempo), en este caso, al pulsar el botón **START/STOP** el analizador comprueba si el tiempo actual no está incluido en uno de los intervalos de tiempo preestablecidos. En este caso el analizador inicia el registro. Si está en modo de espera para el próximo período de registro, se muestra la inscripción **TIME**,
- mediante el umbral, después de exceder cualquier umbral de evento establecido en la configuración, la pulsación del botón **START/STOP** cambia el medidor al modo de mediciones normales, pero el registro de archivos se inicia solamente después de detectar el primer evento. Durante la espera del evento en la pantalla aparece la inscripción **EVNT**.

En el modo de registro (si hay una conexión a PC activa) se muestra el mensaje **LOGG**, junto con puntos que parpadean (el registro en el modo PC se indica solamente mediante puntos).

Al pulsar **P1...4** durante el registro (si el bloqueo del teclado está desactivado) se muestran los valores actuales de las tensiones y corrientes, como es el caso cuando se cambia el punto de medición (ver el punto 2.1).

Final del registro:

- el registro se termina automáticamente en el modo de programación, y en otros casos el usuario debe detenerlo (con el botón **START/STOP** o mediante la aplicación). La falta de registro se indica mediante el mensaje **STOP** en la pantalla.
- el registro se detiene automáticamente en caso de llenar todo el espacio asignado en la tarjeta de memoria para este punto de medición. En esta situación en la pantalla se muestra el mensaje **MEM**.
- después de finalizar el registro la pantalla permanece en modo de espera si se activó en la configuración. Si se pulsa cualquier botón aparece el mensaje **STOP** (si no estaba el bloqueo de botones) o el mensaje **CODE** (si estaba el bloqueo).

### 2.3.3 Tiempos de registro aproximados

El tiempo máximo de registro depende de muchos factores tales como: tamaño del espacio asignado en la tarjeta de memoria, tiempo medio, tipo de red, número de parámetros registrados, registro de formas de onda, detección de eventos, así como los propios umbrales de eventos. Algunas configuraciones se presentan en la Tab. 4. La última columna muestra los tiempos de registro aproximados cuando para el punto de medición se asignaron 2 GB de memoria. Las configuraciones de ejemplo incluyen la medición de tensión N-PE y de corriente  $I_N$ .

Tab. 4. Tiempos de registro aproximados para varias configuraciones de ejemplo.

| Tipo de configuración/ parámetros registrados | Tiempo para el cálculo de la media | Tipo de red (medición de corrientes activa) | Eventos                 | Formas de onda de eventos | Formas de onda después de promediar | Tiempo aproximado de registro en caso de 2 GB de espacio asignado |
|-----------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| según EN 50160                                | 10 min                             | 3-fásico estrella                           | •<br>(1000 eventos)     | •<br>(1000 eventos)       |                                     | 60 años                                                           |
| según el perfil "Tensiones y corrientes"      | 1 s                                | 3-fásico estrella                           |                         |                           |                                     | 270 días                                                          |
| según el perfil "Tensiones y corrientes"      | 1 s                                | 3-fásico estrella                           |                         |                           | •                                   | 4 días                                                            |
| según el perfil "Potencias y armónicos"       | 1 s                                | 3-fásico estrella                           |                         |                           |                                     | 23 días                                                           |
| según el perfil "Potencias y armónicos"       | 1 s                                | 3-fásico estrella                           | •<br>(1000 eventos)     | •<br>(1000 eventos)       |                                     | 22,5 días                                                         |
| activados todos los parámetros posibles       | 10 min                             | 3-fásico estrella                           |                         |                           |                                     | 4 años                                                            |
| activados todos los parámetros posibles       | 10 s                               | 3-fásico estrella                           |                         |                           |                                     | 25 días                                                           |
| activados todos los parámetros posibles       | 10 s                               | 1-fásico                                    |                         |                           |                                     | 64 días                                                           |
| activados todos los parámetros posibles       | 10 s                               | 1-fásico                                    | •<br>(1000 eventos/día) | •<br>(1000 eventos/día)   | •                                   | 14,5 días                                                         |


## 2.4 Bloqueo de botones

En la aplicación de PC es posible ajustar la opción de bloqueo de botones después del inicio de registro. Esto protege el analizador contra la detención de registro por personas no autorizadas. Para desbloquear los botones, el usuario debe introducir el código que consta de tres números:

- si se pulsa cualquier botón aparece la inscripción **CODE**, y luego tres guiones "- - -"
- con los botones del teclado el usuario puede introducir el código de desbloqueo correcto: con el botón **1** cambia los números de la secuencia 0, 1, 2...9, 0 en la primera posición, con el botón **P1...4** en la segunda posición, y con el botón **START/STOP** en la tercera posición.
- son necesarios tres segundos de inactividad de los botones de teclado para comprobar el código introducido,
- la introducción de contraseña correcta se indica con la inscripción **OK** y se desbloquea el teclado, sin embargo, la introducción de una contraseña incorrecta se indica con la inscripción **NO** durante 2 segundos y se vuelve al estado anterior (p.ej. se activa el salvapantallas si estaba en este modo).

Tras el desbloqueo, el teclado se bloquea de nuevo automáticamente si el usuario durante 30 segundos no pulse ningún botón.

**Nota**

*Manteniendo pulsados durante 5 segundos los botones **START/STOP** y  activa el desbloqueo de emergencia y quita el bloqueo de botones en el medidor.*

## 2.5 Modo de espera

El programa de PC posibilita activar el modo de espera. En este modo, después de 10 segundos desde el inicio de registro, el analizador suspende la pantalla y todos los diodos. A partir de ese momento en la pantalla parpadean cada 10 segundos sólo los puntos que indican el registro.

## 2.6 Indicación de una conexión errónea

Tres diodos amarillos, descritos L1/A, L2/B, L3/C se utilizan para señalar un posible error en la conexión del analizador a la red o un incumplimiento de los parámetros básicos de la red con la configuración del punto de medición activo.

Estos diodos se utilizan de dos maneras: durante el proceso de prueba automática, cuando el analizador muestra los valores de tensiones y corrientes y en tiempo real durante el funcionamiento del analizador.

El test automático se realiza tras encender el analizador y cada vez que se cambie el punto de medición **P1...4**. Durante este procedimiento, los diodos se iluminan de forma permanente, indicando la fase evaluada. Una descripción más detallada del test automático se puede encontrar en la sección 2.1.

Durante el trabajo del analizador (en modo **STOP** y el registro), estos diodos actúan como control y muestran lo siguiente:

- desviación de la tensión RMS que excede  $\pm 15\%$  del valor nominal (parpadeo lento - cada 300 ms),
- desviación del ángulo de fase de la componente fundamental de tensión en más de  $\pm 30^\circ$  respecto al valor teórico con carga resistiva y equilibrada de la red (parpadeo lento),
- desviación del ángulo de fase de la componente fundamental de corriente en más de  $\pm 55^\circ$  respecto al valor teórico con carga resistiva y equilibrada de la red (parpadeo lento),
- desviación del valor de frecuencia de red en más de  $\pm 10\%$  del valor nominal de frecuencia (parpadeo rápido, cada 150 ms).

**Nota**

*La detección de error de fase requiere que la componente fundamental sea mayor o igual al 5% de la tensión nominal o el 1% del rango de corriente nominal. Si esta condición no se cumple, no se comprueba la corrección de los ángulos.*

Se encienden solamente los diodos de las fases donde se ha excedido uno de los parámetros. En caso de error de frecuencia, parpadean los diodos de todas las fases activas.

En los sistemas tipo triángulo o estrella sin neutro se encienden dos diodos para cada una de las fases, por ejemplo, el error de tensión entre fases UL12 hace que parpadea el diodo L1/A y L2/B.

Esta funcionalidad permite una evaluación visual rápida si los parámetros de la red son compatibles con la configuración del analizador.

## **2.7 Función de apagado automático**

Si el aparato durante al menos 30 minutos trabaja con la alimentación de la batería (sin alimentación de red) y no está en el modo de registro ni está conectado al ordenador, se apaga automáticamente para que la batería no se descargue. En la pantalla durante un segundo se muestra el mensaje **OFF**.

El analizador se apaga automáticamente cuando la batería está completamente descargada. Este apagado de emergencia se realiza independientemente del modo en el que se encuentra. El registro se detiene en este caso. Cuando vuelve la tensión de alimentación, el registro se reinicia. El apagado de emergencia se señala con el mensaje **BATT**.

### 3 Sistemas de medición

El analizador puede ser conectado a los siguientes tipos de red:

- monofásica (Fig. 4)
- bifásica (con bobinado dividido del transformador llamado en inglés *split phase*) (Fig. 5),
- trifásica tipo estrella con conductor neutro (Fig. 6),
- trifásica tipo estrella sin conductor neutro (Fig. 7),
- trifásica tipo triángulo (Fig. 8).

En los sistemas de tres conductores se pueden medir las corrientes con el método de Aron usando sólo dos pinzas que miden las corrientes lineales  $I_{L1}$  y  $I_{L3}$ . La corriente  $I_{L2}$  se calcula entonces según la relación:

$$I_{L2} = -I_{L1} - I_{L3}$$

Este método se puede utilizar en los sistemas tipo triángulo (Fig. 9) y estrella sin conductor neutro (Fig. 10).

#### Nota

*Dado que los canales de medición de tensión se refieren a la entrada N, en los sistemas, en los cuales el conductor neutro no existe, es necesario conectar la entrada N y L3 del analizador. Esto se presenta en la Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9 y Fig. 10 (sistemas de tres conductores tipo estrella y triángulo).*

En los sistemas con el conductor neutro se puede activar adicionalmente la medición de la corriente en este conductor después de conectar la pinza adicional en el canal  $I_N$ . Esta medición se realiza después de activar en la configuración del punto de medición la opción **Medición en el conductor N** (ver el punto 2.2.1.1 y Fig. 17 del Manual del Programa Sonel Análisis 2.0).

#### Nota

*Para calcular correctamente la potencia aparente total S y el factor de potencia total PF en el sistema trifásico con 4 conductores, es necesaria la medición de corriente en el conductor neutro. En tal caso siempre es necesario activar la opción **Medición en el conductor N** y conectar cuatro pinzas como se muestra en la Fig. 6. Más información sobre este tema se puede encontrar en la sección 6.7.5 del Manual del Programa Sonel Análisis 2.0.*

Para los sistemas con PE y N (de puesta a tierra y neutro) es posible medir también tensión N-PE. Para ello se necesita conectar el cable PE a la entrada de tensión PE del analizador. Además, en la configuración del punto de medición se necesita marcar la opción **Tensión N-PE** (ver la sección 2.2.1 y la Fig. 17 en el Manual del Programa de Análisis Sonel 2.0).

Prestar atención a la orientación de las pinzas (flexibles y rígidas). Las pinzas deben ser puestas de tal manera que la flecha colocada en las pinzas esté orientada hacia la carga. La verificación puede realizarse controlando la medición de la potencia activa, en la mayoría de tipos de receptores pasivos la potencia activa tiene el signo positivo. En caso de conexión incorrecta de las pinzas se puede cambiar la polaridad de las pinzas elegidas mediante la aplicación "Sonel Análisis 2.0" (ver la sección 2.3.2 en el Manual del Programa de Análisis Sonel 2.0).

Las figuras siguientes presentan esquemáticamente los modos de conexión del analizador a la red examinada según su tipo.

## Sistema monofásico

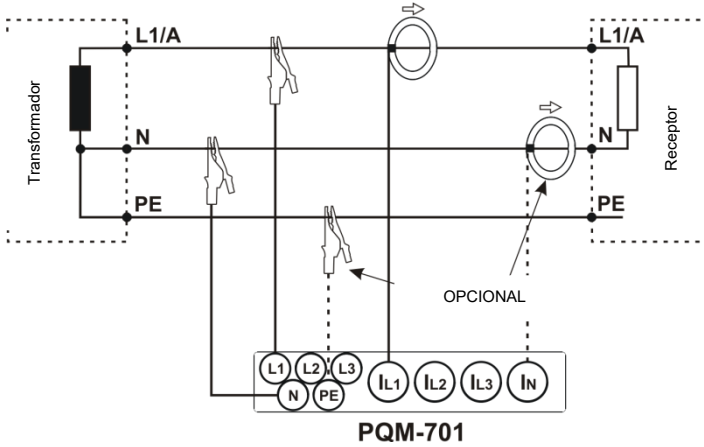


Fig. 4. Esquema de conexión – sistema monofásico.

## Sistema bifásico

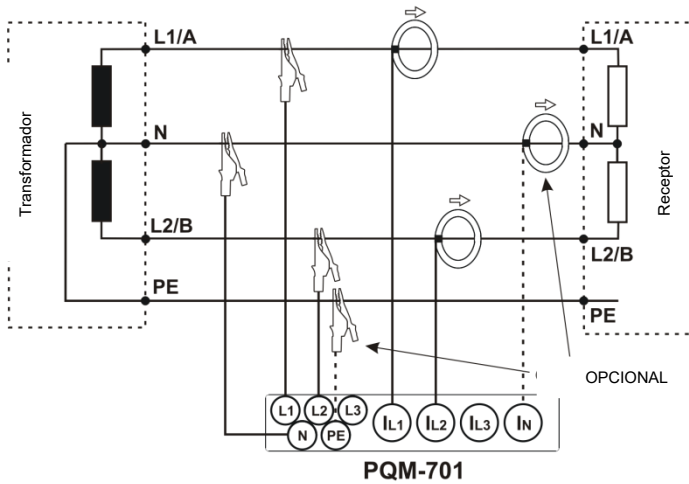


Fig. 5. Esquema de conexión – sistema bifásico.

Sistema trifásico tipo estrella con N

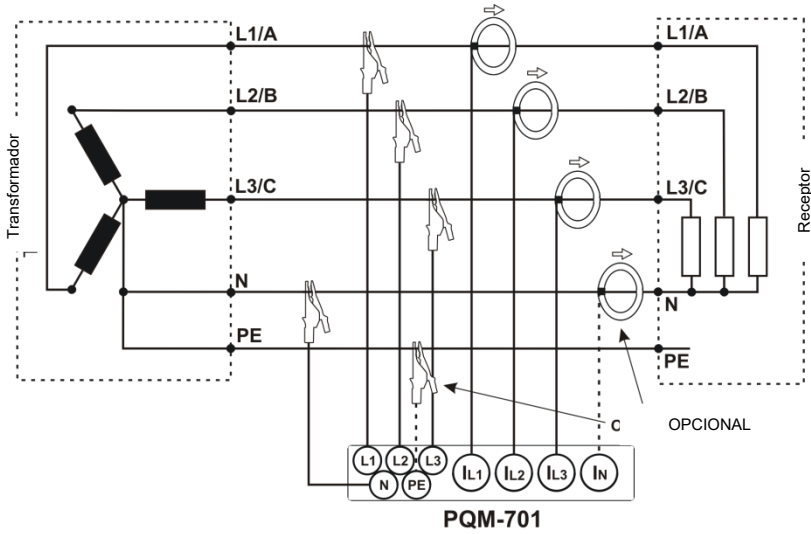


Fig. 6. Esquema de conexión – sistema trifásico tipo estrella con neutro.

Sistema trifásico tipo estrella sin N

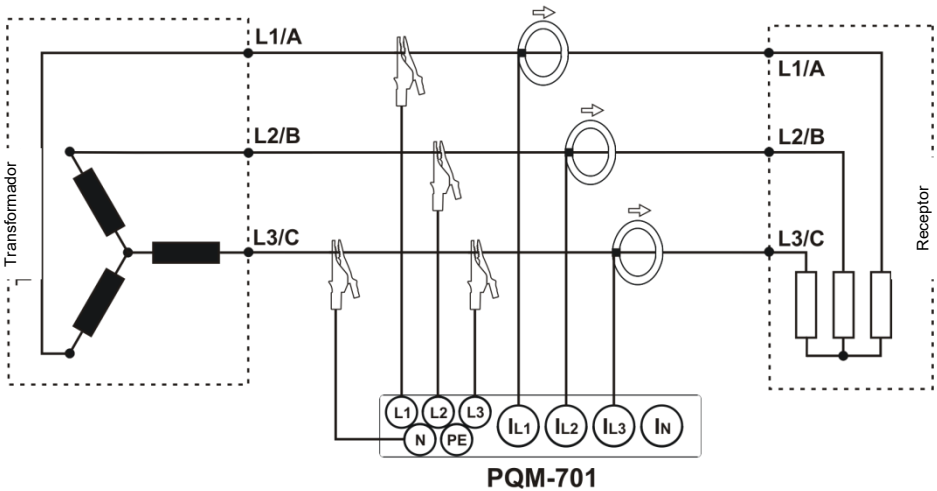


Fig. 7. Esquema de conexión – sistema trifásico tipo estrella sin neutro.

## Sistema trifásico tipo estrella

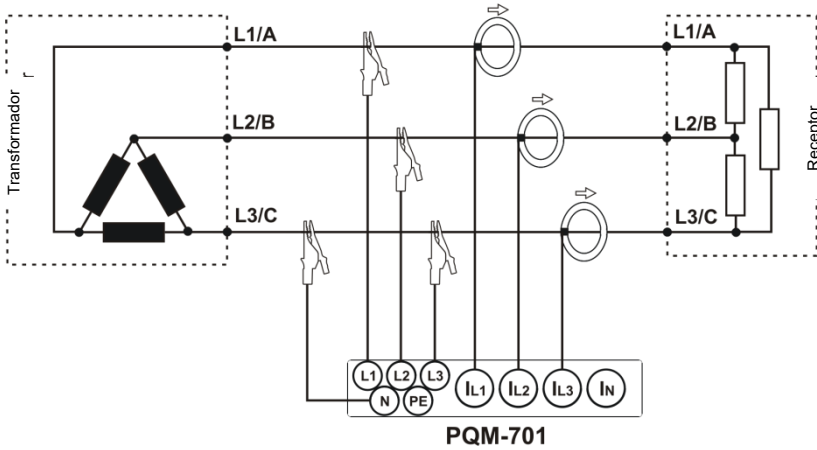


Fig. 8. Esquema de conexión – sistema trifásico tipo triángulo.

## Sistema trifásico tipo estrella (conexión Arón)

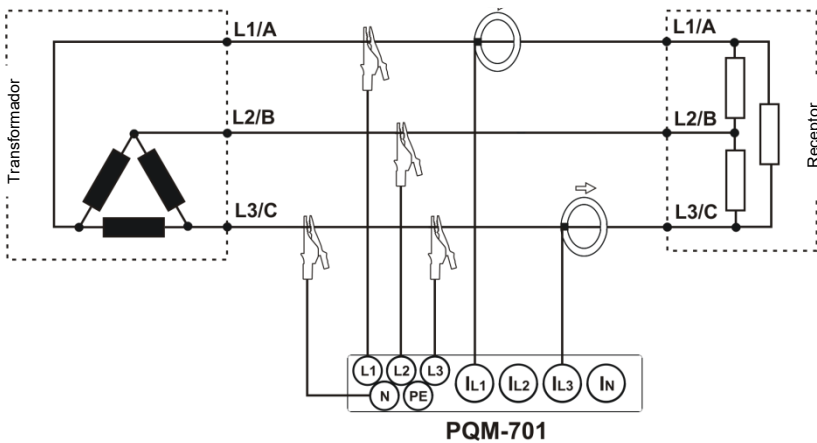


Fig. 9. Esquema de conexión – sistema trifásico tipo triángulo (medición de corrientes mediante el método de Arón).

Sistema trifásico tipo estrella sin N (conexión)

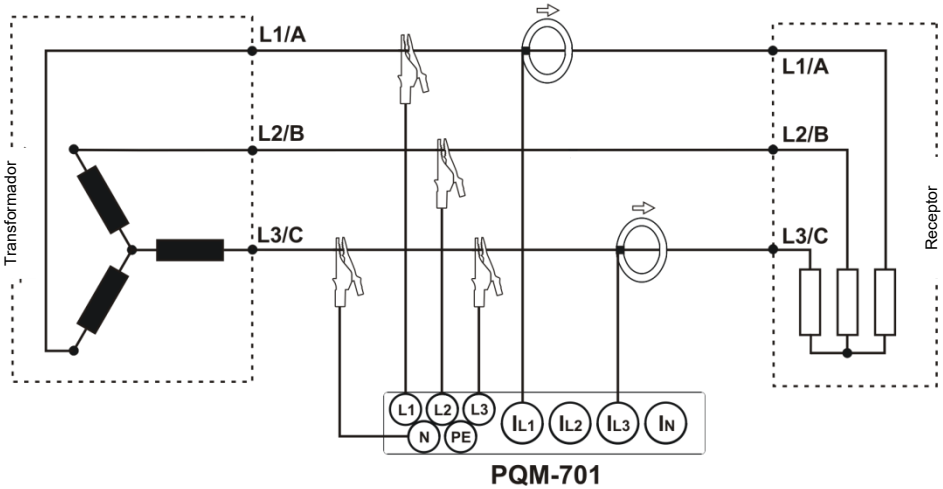


Fig. 10. Esquema de conexión – sistema trifásico tipo estrella sin neutro (medición de corrientes mediante el método de Aron).

Sistema con transformadores

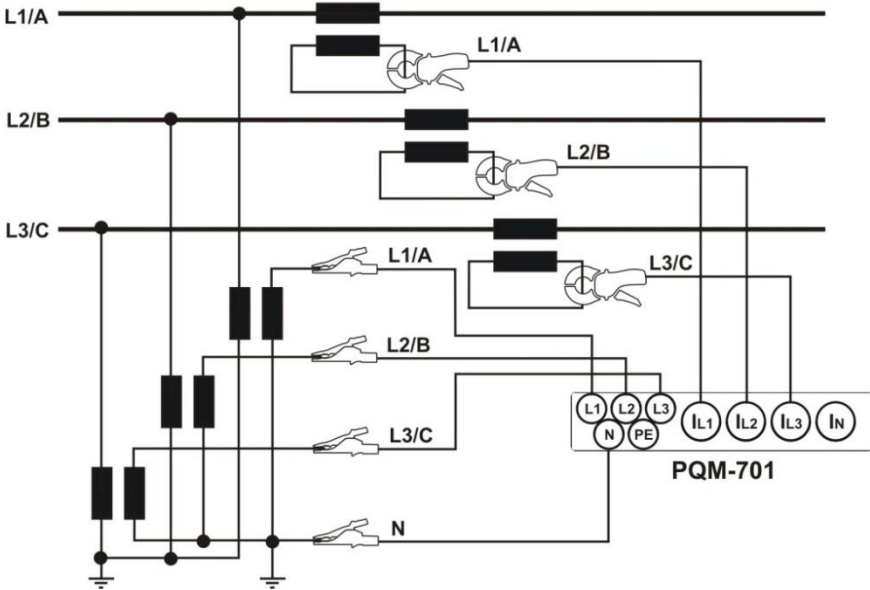


Fig. 11. Esquema de conexiones - sistema con transformadores

## 4 Servicio del puerto serie (sólo PQM-701Zr)

### 4.1 Ajuste de parámetros de transmisión en serie

El analizador PQM-701Zr es suministrado de fábrica con los siguientes parámetros del puerto serie:

- velocidad de transmisión: 115.200 bit/s
- paridad: no hay
- control de flujo: desactivado
- bits de parada: 1

Después de establecer una conexión con el analizador (a través de USB o puerto serie, esta opción no está disponible cuando se conecta a través de módem GSM), es posible cambiar los parámetros de transmisión en serie preestablecidos, seleccionando del menú Sonel Análisis la opción **Analizador**→**Tiempo y seguridad** y a continuación, seleccionar **Cambiar** en **Ajustes de comunicación**. Entonces aparece la ventana que se muestra en la Fig. 12

El cambio se realiza inmediatamente después de pulsar el botón **Cambiar** y la conexión no se interrumpe (en caso de conexión RS-232).

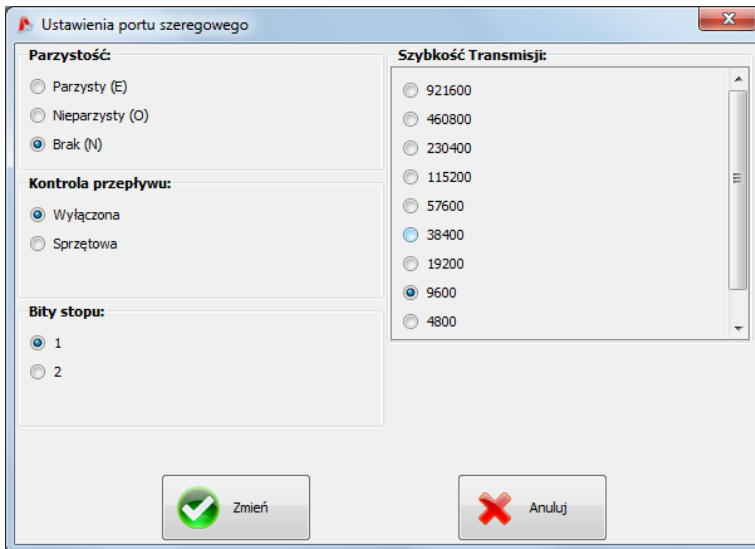


Fig. 12. El cambio de los ajustes predeterminados del puerto RS-232 del analizador.

### 4.2 Comunicación directa RS-232

Para poner la búsqueda del analizador por el cable RS-232 se debe seleccionar en el menú Sonel Análisis **Opciones**→**Configuración del programa**→tarjeta **Ajustes principales**→pestaña **Medios Activos** y marcar la opción **Puerto Serie** (ver la Fig. 13).

A continuación, se pasa a la tarjeta **Ajustes de medios** (Fig. 14). En esta ventana, se debe seleccionar:

- Puertos para escanear - se muestran los puertos COM detectados en el ordenador. Si conocemos el número de puerto específico al que hemos conectado el analizador, seleccionamos solo este. Si no conocemos el número de puerto, debemos seleccionar todos o un grupo.

#### 4 Servicio del puerto serie (sólo PQM-701Zr)

- Paridad - indicamos el tipo actual de la paridad del analizador
- Control de flujo - indicamos cómo controlar el flujo; de equipo (RTS/CTS) o desactivado,
- Bits de parada - 1 o 2,
- Velocidad de transmisión - indicamos la velocidad de transmisión en bits por segundo establecida en el analizador.

Para acelerar la búsqueda de los analizadores conectados a través del puerto serie se ha añadido la opción **No comprobar los otros ajustes que no sean los últimos guardados**. Si ha añadido esta opción, el programa después de encontrar el puerto COM del analizador recuerda sus parámetros de transmisión para utilizar sólo estos ajustes guardados durante el próximo escaneo de este puerto. Esto significa que si a este puerto COM conectamos un analizador diferente con otros parámetros de transmisión, no será detectado. En este caso, se debe conectar el analizador a un puerto COM diferente, o desactivar esta opción **No comprobar los otros ajustes que no sean los últimos guardados**. En ambos casos, debe asegurarse de que sus parámetros de transmisión estén en los ajustes en la tarjeta **Ajustes de medios**.

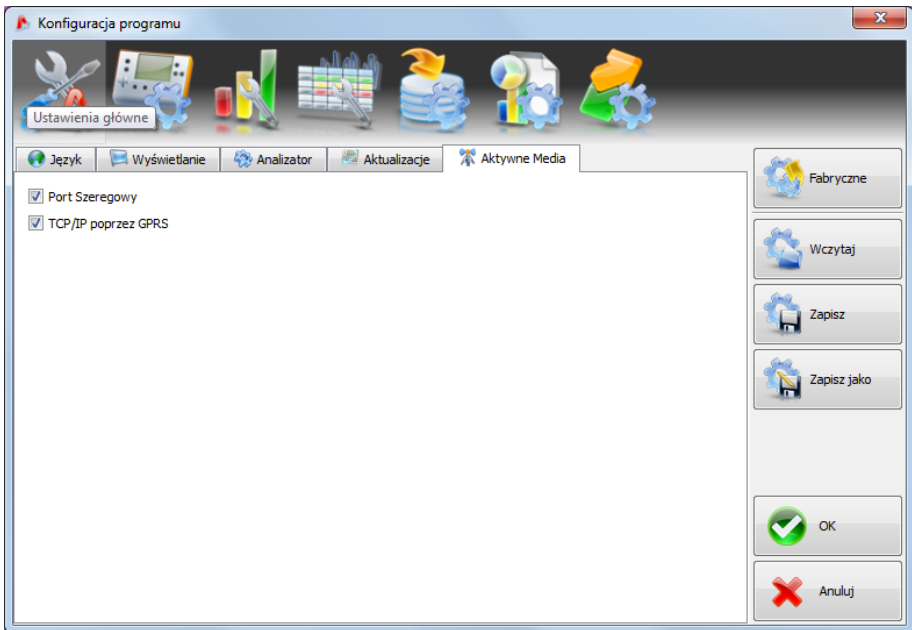


Fig. 13. Selección de los medios adicionales para escanear en la búsqueda de analizadores.

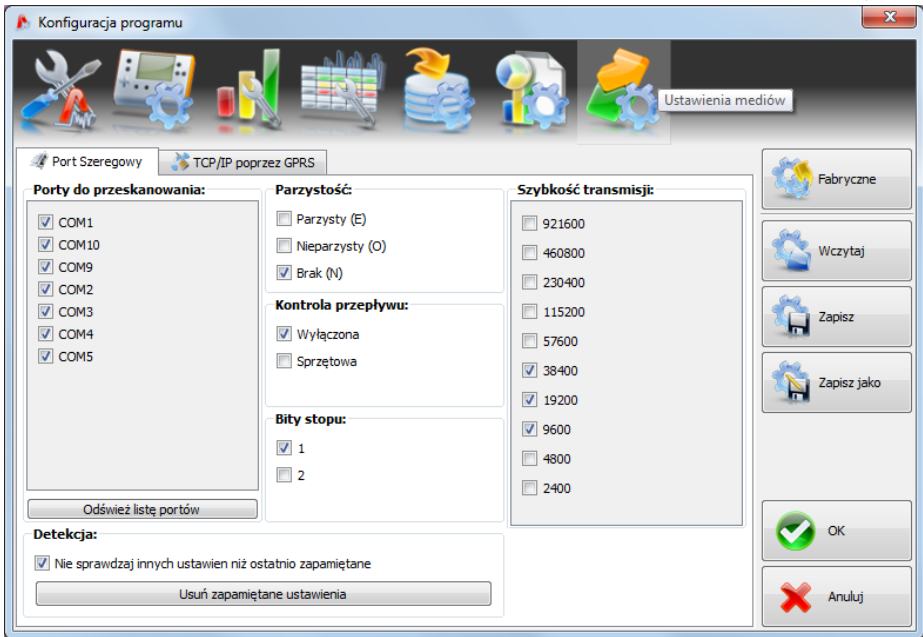


Fig. 14. Selección de los parámetros de escaneo del puerto serie RS-232.

El botón **Borrar los ajustes guardados** hace que se eliminan los datos respecto a los parámetros de los analizadores detectados, lo que significa que en la búsqueda del analizador se utilizan todas las combinaciones de las opciones seleccionadas en la tarjeta **Ajustes de medios**.

Para acelerar la búsqueda de analizadores, se recomienda limitar al máximo las posibles combinaciones de los parámetros de transmisión.

### 4.3 Comunicación con el analizador a través de módem GSM

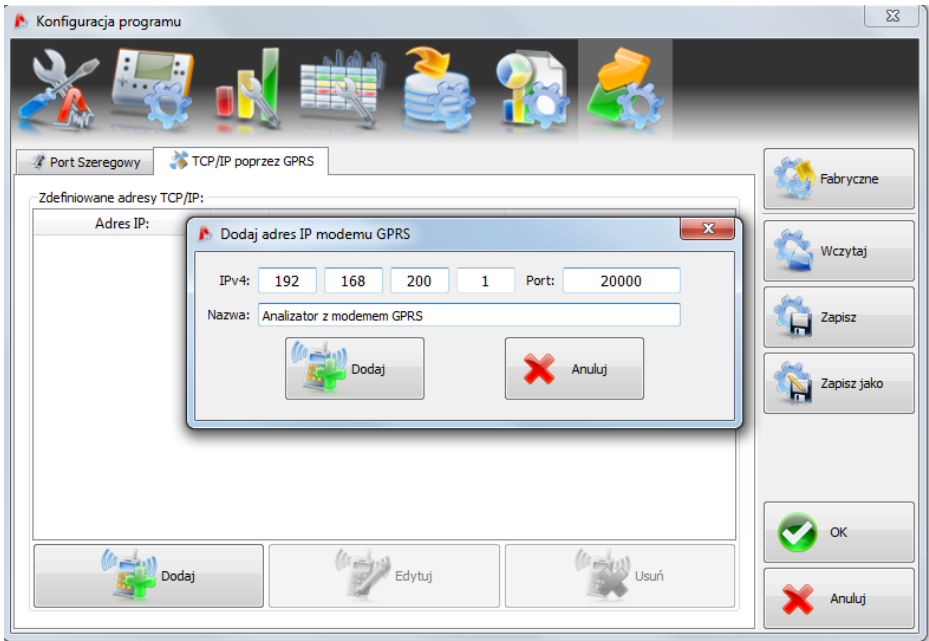
El puerto serie del analizador se puede conectar con el módem GSM en modo de envío de datos GPRS, que tiene la capacidad de trabajar en modo transparente (mediante el cable serie suministrado). Si el módem está configurado correctamente, a través de él se puede tener una conexión remota al analizador. La configuración del módem es específica para cada modelo y fabricante, y debe ser realizada según la documentación del módem. Es importante configurar la dirección IP junto con el puerto, el nombre del punto de acceso APN y otros parámetros requeridos por el operador de la red GSM. Para que módem se comunique correctamente con el analizador a través del puerto serie, es necesario configurar ambos dispositivos para los mismos parámetros de transmisión serie (velocidad de transmisión, paridad, control de flujo y bits de detención).

Para poner la búsqueda de los analizadores conectados a través de módem GSM a Internet, se debe seleccionar en el menú del programa **Opciones**→**Configuración del programa**→tarjeta **Ajustes principales**→pestaña **Medios Activos** y marcar la opción **TCP/IP a través de GPRS** (ver 13).

Después de pasar a la tarjeta **Ajustes de medios** y seleccionar la pestaña **TCP/IP a través de GPRS** (Fig. 15) se deben añadir los datos necesarios para la correcta conexión en este modo. Al pulsar el botón **Añadirse** debe poner la dirección IP del módem GPRS y el puerto. Campo **Nombre** sirve como información. Se puede agregar más de un analizador a la base de búsqueda.

Después de configurar correctamente estas opciones, ahora cuando intente conectar con el analizador también se intentará conectar con el analizador conectado con el módem a través de Internet.

#### 4 Servicio del puerto serie (sólo PQM-701Zr)



**Fig. 15. Configuración de la dirección IP del módem GSM.**

## 5 Fórmulas de cálculo

### 5.1 Red monofásica

| Red monofásica                                 |           |        |                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------|-----------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Parámetro                                      |           |        | Método de cálculo                                                                                                                                                                                                            |
| Nombre                                         | Símbolo   | Unidad |                                                                                                                                                                                                                              |
| Tensión eficaz (True RMS)                      | $U_A$     | V      | $U_A = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M U_i^2}$ donde $U_i$ es la siguiente muestra de la tensión $U_{A-N}$<br>$M = 2560$ para la red de 50 Hz<br>$M = 3072$ para la red de 60 Hz                                              |
| Componente constante de tensión                | $U_{ADC}$ | V      | $U_{ADC} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M U_i$ donde $U_i$ es la siguiente muestra de la tensión $U_{A-N}$<br>$M = 2560$ para la red de 50 Hz<br>$M = 3072$ para la red de 60 Hz                                                   |
| Frecuencia                                     | $f$       | Hz     | número de los períodos enteros de tensión $U_{A-N}$ contados durante el intervalo de 10 s de tiempo de reloj dividido por la duración total de los períodos completos                                                        |
| Corriente eficaz (True RMS)                    | $I_A$     | A      | $I_A = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M I_i^2}$ donde $I_i$ es siguiente muestra de la corriente $I_A$<br>$M = 2560$ para la red de 50 Hz<br>$M = 3072$ para la red de 60 Hz                                                   |
| Componente constante de corriente              | $I_{ADC}$ | A      | $I_{ADC} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M I_i$ donde $I_i$ es siguiente muestra de la corriente $I_A$<br>$M = 2560$ para la red de 50 Hz<br>$M = 3072$ para la red de 60 Hz                                                        |
| Potencia activa                                | $P$       | W      | $P = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M U_i I_i$ donde $U_i$ es otra muestra de la tensión $U_{A-N}$<br>$I_i$ es siguiente muestra de la corriente $I_A$<br>$M = 2560$ para la red de 50 Hz<br>$M = 3072$ para la red de 60 Hz         |
| Potencia reactiva definida por Budeanu         | $Q_B$     | var    | $Q_B = \sum_{h=1}^{50} U_h I_h \sin \varphi_h$ donde $U_h$ es $h^\circ$ armónico de tensión $U_{A-N}$<br>$I_h$ es $h^\circ$ armónico de corriente $I_A$<br>$\varphi_h$ es $h^\circ$ ángulo entre los armónicos $U_h$ y $I_h$ |
| Potencia reactiva de la componente fundamental | $Q_1$     | var    | donde $U_1$ es la componente fundamental de tensión $U_{A-N}$<br>$I_1$ es la componente fundamental de corriente $I_A$<br>$\varphi_1$ es el ángulo entre las componentes fundamentales $U_1$ y $I_1$                         |
| Potencia aparente                              | $S$       | VA     | $S = U_{ARMS} I_{ARMS}$                                                                                                                                                                                                      |
| Potencia aparente de distorsión                | $S_N$     | VA     | $S_N = \sqrt{S^2 - (U_1 I_1)^2}$                                                                                                                                                                                             |

5 Fórmulas de cálculo

|                                                                                   |                        |     |                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Potencia de distorsión definida por Budeanu                                       | $D_B$                  | var | $D_B = \sqrt{S^2 - P^2 - Q_B^2}$                                                                                                                                                                                                                          |
| Factor de potencia                                                                | $PF$                   | -   | $PF = \frac{P}{S}$<br>Si $PF < 0$ carga tiene el carácter de generador<br>Si $PF > 0$ la carga tiene el carácter de receptor                                                                                                                              |
| Factor de desplazamiento de fase                                                  | $\cos\varphi$<br>$DPF$ | -   | $\cos\varphi = DPF = \cos(\varphi_{U_1} - \varphi_{I_1})$<br>donde $\varphi_{U_1}$ es el ángulo absoluto de la componente fundamental de la tensión $U_{A-N}$<br>$\varphi_{I_1}$ es el ángulo absoluto de la componente fundamental de la corriente $I_A$ |
| Tangente $\varphi$                                                                | $tg\varphi$            | -   | $tg\varphi = \frac{Q_1}{P}$                                                                                                                                                                                                                               |
| Factor de distorsión armónica de tensión se refiere a la componente fundamental   | $THDU_F$               | -   | $THDU_F = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} U_h^2}}{U_1} \times 100\%$<br>donde $U_h$ es $h^o$ armónico de tensión $U_{A-N}$<br>$U_1$ es la componente fundamental de tensión $U_{A-N}$                                                                         |
| Factor de distorsión armónica de tensión se refiere al valor eficaz               | $THDU_R$               | -   | $THDU_R = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} U_h^2}}{U_{ARMS}} \times 100\%$<br>donde $U_h$ es $h^o$ armónico de tensión $U_{A-N}$                                                                                                                               |
| Factor de distorsión armónica de corriente se refiere a la componente fundamental | $THDI_F$               | -   | $THDI_F = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} I_h^2}}{I_1} \times 100\%$<br>donde $I_h$ es $h^o$ armónico de corriente $I_A$<br>$I_1$ es la componente fundamental de corriente $I_A$                                                                             |
| Factor de distorsión armónica de corriente se refiere al valor eficaz             | $THDI_R$               | -   | $THDI_R = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} I_h^2}}{I_{ARMS}} \times 100\%$<br>donde $I_h$ es $h^o$ armónico de corriente $I_A$                                                                                                                                 |
| Factor de pico de tensión                                                         | $CFU$                  | -   | $CFU = \frac{\max U_i }{U_{ARMS}}$<br>Cuando el operario $\max U_i $ expresa el valor más grande de los valores absolutos de muestras de tensión $U_{A-N}$<br>$i = 2560$ para la red de 50 Hz<br>$i = 3072$ para la red de 60 Hz                          |
| Factor de pico de corriente                                                       | $CFI$                  | -   | $CFI = \frac{\max I_i }{I_{ARMS}}$<br>Cuando el operario $\max I_i $ expresa el valor más grande de los valores absolutos de muestras de corriente $I_A$<br>$i = 2560$ para la red de 50 Hz<br>$i = 3072$ para la red de 60 Hz                            |
| Factor de pérdidas en el transformador K                                          | $K\text{-Factor}$      | -   | $K\text{Factor} = \frac{\sum_{h=1}^{50} I_h^2 h^2}{I_1^2}$<br>donde $I_h$ es $h^o$ orden de corriente $I_A$<br>$I_1$ es la componente fundamental de corriente $I_A$                                                                                      |
| Potencia activa del armónico                                                      | $P_h$<br>$h=1..50$     | W   | $P_h = U_h I_h \cos\varphi_h$<br>Donde $U_h$ es $h^o$ armónico de tensión $U_{A-N}$<br>$I_h$ es $h^o$ armónico de corriente $I_A$<br>$\varphi_h$ es el ángulo entre los armónicos $U_h$ y $I_h$                                                           |
| Potencia reactiva del armónico                                                    | $Q_h$<br>$h=1..50$     | var | $Q_h = U_h I_h \sin\varphi_h$<br>Donde $U_h$ es $h^o$ armónico de tensión $U_{A-N}$<br>$I_h$ es $h^o$ armónico de corriente $I_A$<br>$\varphi_h$ es el ángulo entre los armónicos $U_h$ y $I_h$                                                           |
| Flicker de corta duración                                                         | $P_{ST}$               | -   | calculado de acuerdo con la norma PN-EN 61000-4-15                                                                                                                                                                                                        |

|                                                                   |                        |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Flicker de larga duración                                         | $P_{LT}$               | -    | $P_{LT} = \frac{1}{3} \sqrt{\sum_{i=1}^{12} (P_{STi})^3}$ <p>donde <math>P_{STi}</math> es el siguiente indicador de parpadeo de corta duración</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Energía activa (consumida y devuelta)                             | $E_{P+}$<br>$E_{P-}$   | Wh   | $E_{P+} = \sum_{i=1}^m P_+(i)T(i)$ $P_+(i) = \begin{cases} P(i) & \text{dla } P(i) > 0 \\ 0 & \text{dla } P(i) \leq 0 \end{cases}$ $E_{P-} = \sum_{i=1}^m P_-(i)T(i)$ $P_-(i) = \begin{cases}  P(i)  & \text{dla } P(i) < 0 \\ 0 & \text{dla } P(i) \geq 0 \end{cases}$ <p>donde:<br/> <math>i</math> es el siguiente número de la ventana de medición de 10/12 períodos<br/> <math>P(i)</math> representa el valor de la potencia activa <math>P</math> calculada en la <math>i^{\text{a}}</math> ventana de medición<br/> <math>T(i)</math> representa el tiempo de duración de <math>i^{\text{a}}</math> ventana de medición en las horas</p>                                                        |
| Energía reactiva definida por Budeanu (consumida y devuelta)      | $E_{QB+}$<br>$E_{QB-}$ | varh | $E_{QB+} = \sum_{i=1}^m Q_{B+}(i)T(i)$ $Q_{B+}(i) = \begin{cases} Q_B(i) & \text{dla } Q_B(i) > 0 \\ 0 & \text{dla } Q_B(i) \leq 0 \end{cases}$ $E_{QB-} = \sum_{i=1}^m Q_{B-}(i)T(i)$ $Q_{B-}(i) = \begin{cases}  Q_B(i)  & \text{dla } Q_B(i) < 0 \\ 0 & \text{dla } Q_B(i) \geq 0 \end{cases}$ <p>donde:<br/> <math>i</math> es el siguiente número de la ventana de medición de 10/12 períodos<br/> <math>Q_B(i)</math> representa el valor de la potencia reactiva definida por Budeanu <math>Q_B</math> calculada en <math>i^{\text{a}}</math> ventana de medición<br/> <math>T(i)</math> representa el tiempo de duración de <math>i^{\text{a}}</math> ventana de medición en las horas</p>      |
| Energía reactiva de componente fundamental (consumida y devuelta) | $E_{Q1+}$<br>$E_{Q1-}$ | varh | $E_{Q1+} = \sum_{i=1}^m Q_{1+}(i)T(i)$ $Q_{1+}(i) = \begin{cases} Q_1(i) & \text{dla } Q_1(i) > 0 \\ 0 & \text{dla } Q_1(i) \leq 0 \end{cases}$ $E_{Q1-} = \sum_{i=1}^m Q_{1-}(i)T(i)$ $Q_{1-}(i) = \begin{cases}  Q_1(i)  & \text{dla } Q_1(i) < 0 \\ 0 & \text{dla } Q_1(i) \geq 0 \end{cases}$ <p>donde:<br/> <math>i</math> es el siguiente número de la ventana de medición de 10/12 períodos<br/> <math>Q_1(i)</math> representa el valor de la potencia reactiva de componente fundamental <math>Q_1</math> calculada en <math>i^{\text{a}}</math> ventana de medición<br/> <math>T(i)</math> representa el tiempo de duración de <math>i^{\text{a}}</math> ventana de medición en las horas</p> |

## 5 Fórmulas de cálculo

|                  |       |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------|-------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Energía aparente | $E_S$ | VAh | $E_S = \sum_{i=1}^m S(i)T(i)$ <p>donde:<br/> <math>i</math> es el siguiente número de la ventana de medición de 10/12 periodos<br/> <math>S(i)</math> representa el valor de la potencia aparente <math>S</math> calculada en <math>i^{\text{a}}</math> ventana de medición<br/> <math>T(i)</math> representa el tiempo de duración de <math>i^{\text{a}}</math> ventana de medición en las horas</p> |
|------------------|-------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 5.2 Red bifásica

| <b>Red bifásica</b><br>(los parámetros no mencionados se calculan como para la red monofásica) |                                     |               |                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Parámetro</b>                                                                               |                                     |               | <b>Método de cálculo</b>                                                         |
| <b>Nombre</b>                                                                                  | <b>Símbolo</b>                      | <b>Unidad</b> |                                                                                  |
| Potencia activa total                                                                          | $P_{tot}$                           | W             | $P_{tot} = P_A + P_B$                                                            |
| Potencia reactiva total definida por Budeanu                                                   | $Q_{Btot}$                          | var           | $Q_{Btot} = Q_{BA} + Q_{BB}$                                                     |
| Potencia reactiva total de componente fundamental                                              | $Q_{1tot}$                          | var           | $Q_{1tot} = Q_{1A} + Q_{1B}$                                                     |
| Potencia aparente total                                                                        | $S_{tot}$                           | VA            | $S_{tot} = S_A + S_B$                                                            |
| Potencia aparente total de distorsión                                                          | $S_{Ntot}$                          | VA            | $S_{Ntot} = S_{NA} + S_{NB}$                                                     |
| Potencia de distorsión total definida por Budeanu                                              | $D_{Btot}$                          | var           | $D_{Btot} = D_{BA} + D_{BB}$                                                     |
| Factor de potencia total                                                                       | $PF_{tot}$                          | -             | $PF_{tot} = \frac{P_{tot}}{S_{tot}}$                                             |
| Factor total de desplazamiento de fase                                                         | $\cos \varphi_{tot}$<br>$DPF_{tot}$ | -             | $\cos \varphi_{tot} = DPF_{tot} = \frac{1}{2} (\cos \varphi_A + \cos \varphi_B)$ |
| Tangente total $\varphi$                                                                       | $tg \varphi_{tot}$                  | -             | $tg \varphi = \frac{Q_{1tot}}{P_{tot}}$                                          |
| Energía activa total (consumida y devuelta)                                                    | $E_{P+tot}$<br>$E_{P-tot}$          | Wh            | $E_{P+tot} = E_{P+A} + E_{P+B}$<br>$E_{P-tot} = E_{P-A} + E_{P-B}$               |
| Energía reactiva total definida por Budeanu (consumida y devuelta)                             | $E_{QB+tot}$<br>$E_{QB-tot}$        | varh          | $E_{QB+tot} = E_{QB+A} + E_{QB+B}$<br>$E_{QB-tot} = E_{QB-A} + E_{QB-B}$         |
| Energía reactiva total de componente fundamental (consumida y devuelta)                        | $E_{Q1+tot}$<br>$E_{Q1-tot}$        | varh          | $E_{Q1+tot} = E_{Q1+A} + E_{Q1+B}$<br>$E_{Q1-tot} = E_{Q1-A} + E_{Q1-B}$         |
| Energía aparente total                                                                         | $E_{Stot}$                          | VAh           | $E_{Stot} = E_{SA} + E_{SB}$                                                     |

### 5.3 Red trifásica tipo estrella con N

| <b>Red trifásica tipo estrella con N</b>                            |                                     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (parámetros no mencionados se calculan como para la red monofásica) |                                     |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Parámetro                                                           |                                     |        | Método de cálculo                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Nombre                                                              | Símbolo                             | Unidad |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Potencia activa total                                               | $P_{tot}$                           | W      | $P_{tot} = P_A + P_B + P_C$                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Potencia reactiva total definida por Budeanu                        | $Q_{Btot}$                          | var    | $Q_{Btot} = Q_{BA} + Q_{BB} + Q_{BC}$                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Potencia reactiva total según IEEE 1459                             | $Q_{I^+}$                           | var    | $Q_{I^+} = 3U_{I_1^+} I_{I_1^+} \sin \varphi_{I^+}$ donde:<br>$U_{I^+}$ es componente de secuencia positiva de tensión (de componente fundamental)<br>$I_{I^+}$ es componente de secuencia positiva de corriente (de componente fundamental)<br>$\varphi_{I^+}$ es el ángulo entre las componentes $U_{I^+}$ y $I_{I^+}$ |
| Potencia aparente eficaz                                            | $S_e$                               | VA     | $S_e = 3U_e I_e$ donde:<br>$U_e = \sqrt{\frac{3(U_A^2 + U_B^2 + U_C^2) + U_{AB}^2 + U_{BC}^2 + U_{CA}^2}{18}}$ $I_e = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 + I_N^2}{3}}$                                                                                                                                                    |
| Potencia aparente eficaz de distorsión                              | $S_{eN}$                            | VA     | $S_{eN} = \sqrt{S_e^2 + S_{e1}^2}$ donde:<br>$S_{e1} = 3U_{e1} I_{e1}$ $U_{e1} = \sqrt{\frac{3(U_{A1}^2 + U_{B1}^2 + U_{C1}^2) + U_{AB1}^2 + U_{BC1}^2 + U_{CA1}^2}{18}}$ $I_{e1} = \sqrt{\frac{I_{A1}^2 + I_{B1}^2 + I_{C1}^2 + I_{N1}^2}{3}}$                                                                          |
| Potencia de distorsión total definida por Budeanu                   | $D_{Btot}$                          | var    | $D_{Btot} = D_{BA} + D_{BB} + D_{BC}$                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Factor de potencia total                                            | $PF_{tot}$                          | -      | $PF_{tot} = \frac{P_{tot}}{S_e}$                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Factor total de desplazamiento de fase                              | $\cos \varphi_{tot}$<br>$DPF_{tot}$ | -      | $\cos \varphi_{tot} = DPF_{tot} = \frac{1}{3}(\cos \varphi_A + \cos \varphi_B + \cos \varphi_C)$                                                                                                                                                                                                                         |
| Tangente total $\varphi$                                            | $tg \varphi_{tot}$                  | -      | $tg \varphi_{tot} = \frac{Q_{1tot}}{P_{tot}}$                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Energía activa total (consumida y devuelta)                         | $E_{P+tot}$<br>$E_{P-tot}$          | Wh     | $E_{P+tot} = E_{P+A} + E_{P+B} + E_{P+C}$ $E_{P-tot} = E_{P-A} + E_{P-B} + E_{P-C}$                                                                                                                                                                                                                                      |
| Energía reactiva total definida por Budeanu (consumida y devuelta)  | $E_{QB+tot}$<br>$E_{QB-tot}$        | varh   | $E_{QB+tot} = E_{QB+A} + E_{QB+B} + E_{QB+C}$ $E_{QB-tot} = E_{QB-A} + E_{QB-B} + E_{QB-C}$                                                                                                                                                                                                                              |

5 Fórmulas de cálculo

|                                                                         |                                 |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Energía reactiva total de componente fundamental (consumida y devuelta) | $\frac{E_{Q1+tot}}{E_{Q1-tot}}$ | varh | $E_{Q1+tot} = E_{Q1+A} + E_{Q1+B} + E_{Q1+C}$ $E_{Q1-tot} = E_{Q1-A} + E_{Q1-B} + E_{Q1-C}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Energía aparente total                                                  | $E_{Stot}$                      | VAh  | $E_{Stot} = \sum_{i=1}^m S_e(i)T(i)$ <p>donde:<br/> <i>i</i> es el siguiente número de la ventana de medición de 10/12 períodos<br/> <i>S<sub>e</sub>(i)</i> representa el valor de la potencia aparente eficaz <i>S<sub>e</sub></i> calculada en <i>y</i><sup>a</sup> ventana de medición<br/> <i>T(i)</i> representa el tiempo de duración de <i>P</i><sup>a</sup> ventana de medición en las horas</p>                                                                                                            |
| Valor eficaz de tensión de componente de secuencia cero                 | $U_0$                           | V    | $\underline{U}_0 = \frac{1}{3}(\underline{U}_{A1} + \underline{U}_{B1} + \underline{U}_{C1})$ $U_0 = mag(\underline{U}_0)$ <p>donde <math>\underline{U}_{A1}, \underline{U}_{B1}, \underline{U}_{C1}</math> son vectores de las componentes fundamentales de las tensiones de fase <math>U_A, U_B, U_C</math><br/>                     Operador mag() significa el módulo del vector</p>                                                                                                                             |
| Valor eficaz de tensión de componente de secuencia positiva             | $U_1$                           | V    | $\underline{U}_1 = \frac{1}{3}(\underline{U}_{A1} + a\underline{U}_{B1} + a^2\underline{U}_{C1})$ $U_1 = mag(\underline{U}_1)$ <p>donde <math>\underline{U}_{A1}, \underline{U}_{B1}, \underline{U}_{C1}</math> son vectores de las componentes fundamentales de las tensiones de fase <math>U_A, U_B, U_C</math><br/>                     Operador mag() significa el módulo del vector</p> $a = 1e^{j120^\circ} = -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}j$ $a^2 = 1e^{j240^\circ} = -\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}j$ |
| Valor eficaz de tensión de componente de secuencia negativa             | $U_2$                           | V    | $\underline{U}_2 = \frac{1}{3}(\underline{U}_{A1} + a^2\underline{U}_{B1} + a\underline{U}_{C1})$ $U_2 = mag(\underline{U}_2)$ <p>donde <math>\underline{U}_{A1}, \underline{U}_{B1}, \underline{U}_{C1}</math> son vectores de las componentes fundamentales de las tensiones de fase <math>U_A, U_B, U_C</math><br/>                     Operador mag() significa el módulo del vector</p> $a = 1e^{j120^\circ} = -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}j$ $a^2 = 1e^{j240^\circ} = -\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}j$ |
| Factor de desequilibrio de tensión de componente de secuencia cero      | $u_0$                           | %    | $u_0 = \frac{U_0}{U_1} \cdot 100\%$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Factor de desequilibrio de tensión de componente de secuencia negativa  | $u_2$                           | %    | $u_2 = \frac{U_2}{U_1} \cdot 100\%$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Componente de secuencia cero de corriente                               | $I_0$                           | A    | $\underline{I}_0 = \frac{1}{3}(\underline{I}_{A1} + \underline{I}_{B1} + \underline{I}_{C1})$ $I_0 = mag(\underline{I}_0)$ <p>donde <math>\underline{I}_{A1}, \underline{I}_{B1}, \underline{I}_{C1}</math> son vectores de las componentes fundamentales de las corrientes de fase <math>I_A, I_B, I_C</math><br/>                     Operador mag() significa el módulo del vector</p>                                                                                                                            |

|                                                                          |       |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------|-------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Valor eficaz de corriente de componente de secuencia positiva            | $I_1$ | A | $I_1 = \frac{1}{3} (I_{A1} + aI_{B1} + a^2I_{C1})$ $I_1 = \text{mag}(I_1)$ <p>donde <math>I_{A1}</math>, <math>I_{B1}</math>, <math>I_{C1}</math> son vectores de las componentes fundamentales de las corrientes <math>I_A</math>, <math>I_B</math>, <math>I_C</math><br/>Operador mag() significa el módulo del vector</p>        |
| Valor eficaz de corriente de componente de secuencia negativa            | $I_2$ | A | $I_2 = \frac{1}{3} (I_{A1} + a^2I_{B1} + aI_{C1})$ $I_2 = \text{mag}(I_2)$ <p>donde <math>I_{A1}</math>, <math>I_{B1}</math>, <math>I_{C1}</math> son vectores de las componentes fundamentales de las tensiones de fase <math>I_A</math>, <math>I_B</math>, <math>I_C</math><br/>Operador mag() significa el módulo del vector</p> |
| Factor de desequilibrio de corriente de componente de secuencia cero     | $i_0$ | % | $i_0 = \frac{I_0}{I_1} \cdot 100\%$                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Factor de desequilibrio de corriente de componente de secuencia negativa | $i_2$ | % | $i_2 = \frac{I_2}{I_1} \cdot 100\%$                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

## 5.4 Red trifásica tipo estrella y triángulo sin N

### Red trifásica tipo estrella y triángulo sin N

(parámetros: tensión y corriente eficaces, componentes constantes de tensiones y corrientes, factores THD y K, componentes simétricas y factores de asimetría, indicadores de parpadeo de luz, se calculan igual que en los circuitos monofásicos; en lugar de las tensiones de fase se utilizan las tensiones entre fases)

| Parámetro                                         |            |        | Método de cálculo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------|------------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre                                            | Símbolo    | Unidad |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Tensión entre fases $U_{CA}$                      | $U_{CA}$   | V      | $U_{CA} = -(U_{AB} + U_{BC})$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Corriente $I_2$<br>(sistemas de medición de Aron) | $I_2$      | A      | $I_2 = -(I_1 + I_3)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Potencia activa total                             | $P_{tot}$  | W      | $P_{tot} = \frac{1}{M} \left( \sum_{i=1}^M U_{iAC} I_{iA} + \sum_{i=1}^M U_{iBC} I_{iB} \right)$ <p>donde:<br/> <math>U_{AC}</math> es la siguiente muestra de la tensión <math>U_{A-C}</math><br/> <math>U_{BC}</math> es la siguiente muestra de la tensión <math>U_{B-C}</math><br/> <math>I_{iA}</math> es la siguiente muestra de la corriente <math>I_A</math><br/> <math>I_{iB}</math> es la siguiente muestra de la corriente <math>I_B</math><br/> <math>M = 2560</math> para la red de 50 Hz<br/> <math>M = 3072</math> para la red de 60 Hz</p> |
| Potencia aparente total                           | $S_e$      | VA     | $S_e = 3U_e I_e$ <p>donde:</p> $U_e = \sqrt{\frac{U_{AB}^2 + U_{BC}^2 + U_{CA}^2}{9}}$ $I_e = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2}{3}}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Potencia reactiva total<br>(Budeanu e IEEE 1459)  | $Q_{Btot}$ | var    | $Q = N = \sqrt{S_e^2 - P^2}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

5 Fórmulas de cálculo

|                                                   |                            |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------|----------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Potencia de distorsión total definida por Budeanu | $D_{Btot}$                 | var | $D_{Btot} = 0$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Potencia aparente eficaz de distorsión            | $S_{eN}$                   | VA  | $S_{eN} = \sqrt{S_e^2 + S_{e1}^2}$ <p>donde:</p> $S_{e1} = 3U_{e1}I_{e1}$ $U_{e1} = \sqrt{\frac{U_{AB1}^2 + U_{BC1}^2 + U_{CA1}^2}{9}}$ $I_{e1} = \sqrt{\frac{I_{A1}^2 + I_{B1}^2 + I_{C1}^2}{3}}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Factor de potencia total                          | $PF_{tot}$                 | -   | $PF_{tot} = \frac{P_{tot}}{S_e}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Energía activa (consumida y devuelta)             | $E_{P+tot}$<br>$E_{P-tot}$ | Wh  | $E_{P+tot} = \sum_{i=1}^m P_{+tot}(i)T(i)$ $P_{+tot}(i) = \begin{cases} P_{tot}(i) & \text{dla } P_{tot}(i) > 0 \\ 0 & \text{dla } P_{tot}(i) \leq 0 \end{cases}$ $E_{P-tot} = \sum_{i=1}^m P_{-tot}(i)T(i)$ $P_{-tot}(i) = \begin{cases}  P_{tot}(i)  & \text{dla } P_{tot}(i) < 0 \\ 0 & \text{dla } P_{tot}(i) \geq 0 \end{cases}$ <p>donde:</p> <p><math>i</math> es el siguiente número de la ventana de medición de 10/12 períodos</p> <p><math>P_{tot}(i)</math> representa el valor de la potencia activa total <math>P_{tot}</math> calculada en <math>y^a</math> ventana de medición</p> <p><math>T(i)</math> representa el tiempo de duración de <math>\bar{p}^a</math> ventana de medición en las horas</p> |
| Energía aparente total                            | $E_{Stot}$                 | VAh | $E_{Stot} = \sum_{i=1}^m S_e(i)T(i)$ <p>donde:</p> <p><math>i</math> es el siguiente número de la ventana de medición de 10/12 períodos</p> <p><math>S_e(i)</math> representa el valor de la potencia aparente total <math>S_e</math> calculada en <math>y^a</math> ventana de medición</p> <p><math>T(i)</math> representa el tiempo de duración de <math>\bar{p}^a</math> ventana de medición en las horas</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

## 5.5 Métodos para promediar los parámetros

| Métodos para promediar los parámetros                 |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Parámetro                                             | Método de cálculo de la media                                                                                                                                                                                                                     |
| Tensión eficaz                                        | RMS                                                                                                                                                                                                                                               |
| Tensión continua                                      | media aritmética                                                                                                                                                                                                                                  |
| Frecuencia                                            | media aritmética                                                                                                                                                                                                                                  |
| Factor de cresta de U, I                              | media aritmética                                                                                                                                                                                                                                  |
| Componentes simétricas de U, I                        | RMS                                                                                                                                                                                                                                               |
| Factor de asimetría de U, I                           | calculado de los valores medios de las componentes simétricas                                                                                                                                                                                     |
| Corriente eficaz                                      | RMS                                                                                                                                                                                                                                               |
| Potencia activa, reactiva, aparente, distorsiones     | media aritmética                                                                                                                                                                                                                                  |
| Factor de potencia PF                                 | calculado de los valores medios de potencia                                                                                                                                                                                                       |
| $\cos\phi$                                            | media aritmética                                                                                                                                                                                                                                  |
| $\text{tg}\phi$                                       | calculado de los valores medios de potencia                                                                                                                                                                                                       |
| THD U, I                                              | calculado como la relación entre el valor medio RMS de los armónicos altos y el valor medio RMS de componente fundamental (para THD-F), o la relación del valor medio RMS de los armónicos altos al valor medio de la tensión eficaz (para THD-R) |
| Amplitudes de los armónicos de U, I                   | RMS                                                                                                                                                                                                                                               |
| Factor K                                              | RMS                                                                                                                                                                                                                                               |
| Ángulos entre los armónicos de tensiones y corrientes | media aritmética                                                                                                                                                                                                                                  |
| Potencia activa y reactiva de armónicos               | media aritmética                                                                                                                                                                                                                                  |

### Notas:

El valor promedio RMS se calcula según la fórmula:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i^2}$$

La media aritmética (AVG) se calcula según la fórmula:

$$AVG = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

donde:

- $X_i$  es siguiente valor de parámetro sujeto a promediación,
- N es el número del valor sujeto a promediación.

## 6 Datos técnicos

- Las especificaciones técnicas pueden modificarse sin previo aviso. Las últimas ediciones de la documentación técnica están disponibles en la página [www.sonel.pl](http://www.sonel.pl).
- La incertidumbre básica es la incertidumbre del instrumento de medición en condiciones de referencia dadas en la Tabla 5.
- Las incertidumbres dadas conciernen al analizador PQM-701 sin transformadores y pinzas adicionales.
- Abreviaturas:
  - v.m. - valor medido patrón,
  - $U_{nom}$  – valor nominal de tensión,
  - $I_{nom}$  – rango nominal de corriente (pinzas),
  - RMS – valor eficaz,
  - n – orden de armónico,
  - $\delta_{ph}$  – incertidumbre adicional resultante del error de medición de la fase entre armónicos de tensión y de corriente.

### 6.1 Entradas

| Entradas de tensión                    |                                                                           |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Número de entradas                     | 5 (L1, L2, L3, N, PE - 4 trayectos de medición) no aislados, galvanizados |
| Tensión máxima de entrada              | 760V <sub>RMS</sub>                                                       |
| Tensión de cresta de entrada           | 1150 V                                                                    |
| Rango de medición de tensión continua  | ±1150 V                                                                   |
| Banda analógica de transmisión (-3 dB) | > 12 kHz                                                                  |
| Transformadores                        | definidos por el usuario                                                  |
| Impedancia de entradas de medición     | 14MΩ (no incluye la fuente de alimentación L1-N en PQM-701)               |
| CMRR                                   | >70 dB (50 Hz)                                                            |

| Entradas de corriente                   |                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Número de entradas                      | 4 (3 fases + neutro) no aisladas, galvanizadas                                                                                                                                                                    |
| Tensión nominal de entrada              | 1V <sub>RMS</sub>                                                                                                                                                                                                 |
| Tensión de cresta de entrada            | 3,6 V                                                                                                                                                                                                             |
| Banda analógica de transmisión (-3 dB)  | >12 kHz                                                                                                                                                                                                           |
| Impedancia de entrada                   | Trayecto de pinzas rígidas: 100 kΩ<br>Trayecto de pinzas flexibles: 12,4 kΩ                                                                                                                                       |
| Rango de medición (sin transformadores) | Pinzas flexibles F-1/F-2/F-3: 1..3000A (10000A en cresta)<br>Pinzas rígidas C-4, C-5: 1..1000A (3600A en cresta)<br>Pinzas rígidas C-6: 0,01..10A (36A en cresta)<br>Pinzas rígidas C-7: 0..100A (720A en cresta) |
| Transformadores                         | definidos por el usuario                                                                                                                                                                                          |
| CMRR                                    | 60 dB (50 Hz)                                                                                                                                                                                                     |

| Muestreo y reloj RTC                    |                                                                                         |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Transductor A/C                         | de 16 bits                                                                              |
| Velocidad de muestreo                   | 12,8 kHz para 50 Hz<br>15,36 kHz para 60 Hz<br>Muestreo simultáneo en todos los canales |
| Muestras por período                    | 256                                                                                     |
| Sincronización PLL                      | 40...70 Hz                                                                              |
| Canal de referencia para el sistema PLL | L1                                                                                      |
| Reloj de tiempo real                    | ±3,5 ppm máx. (aprox. ±9 segundos/mes)<br>en el rango de temperatura -20°C...+55°C      |

## 6.2 Parámetros medidos: precisión, resolución y rango

Tabla 5. Condiciones de referencia.

| Condiciones de referencia                   |                                                                                            |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Temperatura ambiente                        | 23°C ±2°C                                                                                  |
| Humedad relativa                            | 40...60%                                                                                   |
| Desequilibrio de tensión                    | ≤ 0,1% para el factor de desequilibrio de secuencia negativa (sólo en sistemas trifásicos) |
| Campo magnético externo continuo            | ≤ 40 A/m (continuo)<br>≤ 3 A/m (variable) para la frecuencia 50/60 Hz                      |
| Componente constante de tensión y corriente | cero                                                                                       |
| Formas de onda                              | sinusoidales                                                                               |
| Frecuencia                                  | 50 Hz ±0,2% o 60 Hz ±0,2%                                                                  |

| Tensión                  | Rango y condiciones                                                                             | Resolución             | Incertidumbre básica   |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|
| U <sub>RMS</sub> (AC+DC) | 10% U <sub>nom</sub> ≤ U <sub>RMS</sub> ≤ 120% U <sub>nom</sub><br>para U <sub>nom</sub> ≥ 100V | 0,01% U <sub>nom</sub> | ±0,1% U <sub>nom</sub> |
| Factor de cresta         | 1...10<br>(1...1,65 para la tensión de 690 V)<br>para U <sub>RMS</sub> ≥ 10% U <sub>nom</sub>   | 0,01                   | ±5%                    |

| Corriente                         | Rango y condiciones                                                                  | Resolución                                                                                                             | Incertidumbre básica                                                                                                          |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I <sub>RMS</sub> (AC+DC)          | <b>Entrada sin pinzas</b>                                                            |                                                                                                                        |                                                                                                                               |
|                                   | 0..1V (0..3,6V <sub>p-p</sub> )                                                      | 0,01% I <sub>nom</sub>                                                                                                 | ±0,1% I <sub>nom</sub><br>(±0,4% I <sub>nom</sub> teniendo en cuenta el error de interferencias RF)                           |
|                                   | <b>Pinzas flexibles F-1/F-2/F-3</b>                                                  |                                                                                                                        |                                                                                                                               |
|                                   | 0..3000A<br>(10kA <sub>p-p</sub> )                                                   | 0,01% I <sub>nom</sub>                                                                                                 | <b>Incertidumbre adicional</b><br>±1%<br>(±2% teniendo en consideración el error adicional que depende de la posición)        |
|                                   | <b>Pinzas rígidas C-4</b>                                                            |                                                                                                                        |                                                                                                                               |
|                                   | 0...1000A<br>(3600A <sub>p-p</sub> )                                                 | 0,01% I <sub>nom</sub>                                                                                                 | <b>Incertidumbre adicional</b><br>0,1..10A: ± (3% + 0,1A)<br>10A: ±3%<br>50A: ±1,5%<br>200A: ±0,75%<br>1000..1200A: ±0,5%     |
|                                   | <b>Pinzas rígidas C-5</b>                                                            |                                                                                                                        |                                                                                                                               |
|                                   | 0...1000A<br>(3600A <sub>p-p</sub> )                                                 | 0,01% I <sub>nom</sub>                                                                                                 | <b>Incertidumbre adicional</b><br>0,5..100A: ≤ (1,5% + 1A)<br>100..800A: ≤ 2,5%<br>800..1000A AC: ≤ 4%<br>800..1400A DC: ≤ 4% |
|                                   | <b>Pinzas rígidas C-6</b>                                                            |                                                                                                                        |                                                                                                                               |
|                                   | 0..10A<br>(36A <sub>p-p</sub> )                                                      | 0,01% I <sub>nom</sub>                                                                                                 | <b>Incertidumbre adicional</b><br>0,01..0,1A: ± (3% + 1mA)<br>0,1..1A: ±2,5%<br>1..12A: ±1%                                   |
| <b>Pinzas rígidas C-7</b>         |                                                                                      |                                                                                                                        |                                                                                                                               |
| 0..100A<br>(720A <sub>p-p</sub> ) | 0,01% I <sub>nom</sub>                                                               | <b>Incertidumbre adicional</b><br>0..100A: ± (0,5% + 0,02A)<br>(45..65Hz)<br>0..100A: ± (1,0% + 0,04A)<br>(40..1000Hz) |                                                                                                                               |
| Factor de cresta                  | 1..10 (1..3,6 para I <sub>nom</sub> )<br>para I <sub>RMS</sub> ≥ 1% I <sub>nom</sub> | 0,01                                                                                                                   | ±5%                                                                                                                           |

6 Datos técnicos

| Frecuencia | Rango y condiciones                                        | Resolución | Incertidumbre básica |
|------------|------------------------------------------------------------|------------|----------------------|
| f          | 40..70 Hz<br>10% $U_{nom} \leq U_{RMS} \leq 120\% U_{nom}$ | 0,01 Hz    | $\pm 0,01$ Hz        |

| Armónicos                      | Rango y condiciones                                                  | Resolución      | Incertidumbre básica                                                                                                     |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Orden del armónico (n)         | DC, 1..50, agrupación: subgrupos armónicos según EN 61000-4-7        |                 |                                                                                                                          |
| Amplitud $U_{RMS}$             | 0..120% $U_{nom}$                                                    | 0,01% $U_{nom}$ | $\pm 0,05\% U_{nom}$ si v.m. < 1% $U_{nom}$<br>$\pm 5\%$ v.m. si v.m. $\geq 1\% U_{nom}$<br>(según EN 61000-4-7 clase I) |
| Amplitud $I_{RMS}$             | Dependiendo de las pinzas utilizadas (ver especificación $I_{RMS}$ ) | 0,01% $I_{nom}$ | $\pm 0,15\% I_{nom}$ si v.m. < 3% $I_{nom}$<br>$\pm 5\%$ v.m. si v.m. $\geq 3\% I_{nom}$<br>(según EN 61000-4-7 clase I) |
| THD-R de tensión (n = 2..50)   | 0,0...100,0%<br>para $U_{RMS} \geq 1\% U_{nom}$                      | 0,1%            | $\pm 5\%$                                                                                                                |
| THD-R de corriente (n = 2..50) | 0,0...100,0%<br>para $I_{RMS} \geq 1\% I_{nom}$                      | 0,1%            | $\pm 5\%$                                                                                                                |
| K-Factor                       | 1,0...50,0<br>para $I_{RMS} \geq 1\% I_{nom}$                        | 0,1             | $\pm 10\%$                                                                                                               |
| Ángulo de fase (tensión)       | -180°...+180°                                                        | 0,1°            | $\pm(n \times 1^\circ)$                                                                                                  |
| Ángulo de fase (corriente)     | -180°...+180°                                                        | 0,1°            | $\pm(n \times 1^\circ)$                                                                                                  |

| Potencias de armónicos                  | Condiciones                                                                          | Resolución                       | Incertidumbre básica (1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Potencia activa y reactiva de armónicos | 80% $U_{nom} \leq U_{RMS} < 120\% U_{nom}$<br>5% $I_{nom} \leq I_{RMS} \leq I_{nom}$ | depende de $U_{nom}$ y $I_{nom}$ | $\pm \sqrt{\delta_{U_h}^2 + \delta_{I_h}^2 + \delta_{\phi_h}^2} \%$<br>donde:<br>$\delta_{U_h}$ – incertidumbre básica de la medición de amplitud armónica de tensión,<br>$\delta_{I_h}$ – incertidumbre básica de la medición de amplitud armónica de corriente,<br>$\delta_{\phi_h}$ – incertidumbre básica resultante del error de medición de la fase entre armónicos de tensión y de corriente. |

(1) Ver el punto 7.

| Potencia y energía                    | Condiciones (para potencia y energía 80% $U_{nom} \leq U_{RMS} < 120\% U_{nom}$ ) | Resolución                       | Incertidumbre básica (1)                   |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------|
| Potencia activa<br>Energía activa     | 1% $I_{nom} \leq I_{RMS} < 5\% I_{nom}$<br>$\cos\phi = 1$                         | depende de $U_{nom}$ y $I_{nom}$ | $\pm \sqrt{1,0^2 + \delta_{\phi_h}^2} \%$  |
|                                       | 5% $I_{nom} \leq I_{RMS} \leq I_{nom}$<br>$\cos\phi = 1$                          |                                  | $\pm \sqrt{0,5^2 + \delta_{\phi_h}^2} \%$  |
|                                       | 2% $I_{nom} \leq I_{RMS} < 10\% I_{nom}$<br>$\cos\phi = 0,5$                      |                                  | $\pm \sqrt{1,0^2 + \delta_{\phi_h}^2} \%$  |
|                                       | 10% $I_{nom} \leq I_{RMS} \leq I_{nom}$<br>$\cos\phi = 0,5$                       |                                  | $\pm \sqrt{0,6^2 + \delta_{\phi_h}^2} \%$  |
| Potencia reactiva<br>Energía reactiva | 2% $I_{nom} \leq I_{RMS} < 5\% I_{nom}$<br>$\sin\phi = 1$                         | depende de $U_{nom}$ y $I_{nom}$ | $\pm \sqrt{1,25^2 + \delta_{\phi_h}^2} \%$ |
|                                       | 5% $I_{nom} \leq I_{RMS} < I_{nom}$<br>$\sin\phi = 1$                             |                                  | $\pm \sqrt{1,0^2 + \delta_{\phi_h}^2} \%$  |

|                                             |                                                                                             |                                     |                                        |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|
|                                             | 5% $I_{nom} \leq I_{RMS} < 10\% I_{nom}$<br>$\sin\varphi = 0,5$                             |                                     | $\pm \sqrt{1,25^2 + \delta_{ph}^2} \%$ |
|                                             | 10% $I_{nom} \leq I_{RMS} < I_{nom}$<br>$\sin\varphi = 0,5$                                 |                                     | $\pm \sqrt{1,0^2 + \delta_{ph}^2} \%$  |
|                                             | 10% $I_{nom} \leq I_{RMS} < I_{nom}$<br>$\sin\varphi = 0,25$                                |                                     | $\pm \sqrt{1,25^2 + \delta_{ph}^2} \%$ |
| Potencia aparente                           | 2% $I_{nom} \leq I_{RMS} < 5\% I_{nom}$                                                     | depende de<br>$U_{nom}$ y $I_{nom}$ | $\pm 1\%$                              |
| Energía aparente                            | 5% $I_{nom} \leq I_{RMS} \leq I_{nom}$                                                      |                                     | $\pm 0,5\%$                            |
| Factor de potencia (PF)                     | 0...1<br>50% $U_{nom} \leq U_{RMS} < 120\% U_{nom}$<br>10% $I_{nom} \leq I_{RMS} < I_{nom}$ | 0,01                                | $\pm 0,03$                             |
| Factor de desplazamiento de fase (cosφ/DPF) | 0...1<br>50% $U_{nom} \leq U_{RMS} < 120\% U_{nom}$<br>10% $I_{nom} \leq I_{RMS} < I_{nom}$ | 0,01                                | $\pm 0,03$                             |

(1) Ver el punto 7.

| Parpadeo de luz (flicker)          | Rango y condiciones                          | Resolución | Incertidumbre básica                                                                        |
|------------------------------------|----------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| $P_{st}$ (10min),<br>$P_{it}$ (2h) | 0,2...10<br>para $U_{RMS} \geq 80\% U_{nom}$ | 0,01       | $\pm 5\%$ dentro de límites de valores presentados en la tabla según la norma EN 61000-4-15 |

| Desequilibrio (tensión y corriente)                            | Rango y condiciones                                                | Resolución | Incertidumbre básica                     |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------|------------------------------------------|
| Factor de desequilibrio de secuencia positiva, negativa y cero | 0,0%...20,0%<br>para<br>80% $U_{nom} \leq U_{RMS} < 120\% U_{nom}$ | 0,1%       | $\pm 0,15\%$<br>(incertidumbre absoluta) |

### 6.3 Detección de eventos: valores eficaces de tensión y corriente

| Tensión $U_{RMS}$ (huecos, interrupciones y sobretensiones) | Rango                                                                                                                                                                                      | Resolución      | Incertidumbre básica |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------|
| $U_{RMS(1/2)}$                                              | 0,0%...120,0% $U_{nom}$                                                                                                                                                                    | 0,01% $U_{nom}$ | $\pm 0,2\% U_{nom}$  |
| Umbral de detección                                         | Ajustados por el usuario en porcentajes o valores absolutos. Detección de eventos basada en la medición $U_{RMS(1/2)}$ (valor eficaz de 1 período actualizado cada $\frac{1}{2}$ período). |                 |                      |
| Tiempo de duración                                          | hh:mm:ss.ms                                                                                                                                                                                | Semiperíodo     | Un período           |
| Registro de forma de onda                                   | 2 períodos antes del evento + 4 períodos después del evento (en total 6 períodos)<br>256 muestras por período                                                                              |                 |                      |

| Corriente $I_{RMS}$ (mín., máx.) | Rango                                                                                                                                                                                      | Resolución      | Incertidumbre básica |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------|
| $I_{RMS(1/2)}$                   | 0,0%...100,0% $I_{nom}$                                                                                                                                                                    | 0,01% $I_{nom}$ | $\pm 0,2\% I_{nom}$  |
| Umbral de detección              | Ajustados por el usuario en porcentajes o valores absolutos. Detección de eventos basada en la medición $I_{RMS(1/2)}$ (valor eficaz de 1 período actualizado cada $\frac{1}{2}$ período). |                 |                      |
| Tiempo de duración               | hh:mm:ss.ms                                                                                                                                                                                | Semiperíodo     | Un período           |
| Registro de forma de onda        | 2 períodos antes del evento + 4 períodos después del evento (en total 6 períodos)<br>256 muestras por período                                                                              |                 |                      |

## 6.4 Detección de eventos: otros parámetros

| Parámetro                                                                       | Rango                             | Método de detección                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Frecuencia (mín., máx.)                                                         | 40...70Hz (porcentual o absoluta) | Detección basada en la medición de 10 s (según EN 61000-4-30)                                                   |
| Factor de pico de tensión (mín., máx.)                                          | 1,0...10,0                        | Basándose en el valor de 10/12 periodos                                                                         |
| Factor de pico de corriente (mín., máx.)                                        | 1,0...10,0                        | Basándose en el valor de 10/12 periodos                                                                         |
| Factor de desequilibrio de componente de secuencia negativa de tensión (máx.)   | 0,0...20,0%                       | Basándose en el valor de 10/12 periodos                                                                         |
| Factor de desequilibrio de componente de secuencia negativa de corriente (máx.) | 0,0...20,0%                       | Basándose en el valor de 10/12 periodos                                                                         |
| Flicker de corta duración $P_{st}$ (máx.)                                       | 0..20                             | Basándose en el valor de 10 minutos                                                                             |
| Flicker de larga duración $P_{lt}$ (máx.)                                       | 0..20                             | Basándose en el valor de 2 horas                                                                                |
| Potencia activa P (mín., máx.)                                                  | Dependiendo de la configuración   | Basándose en el valor de 10/12 periodos (para la potencia consumida y devuelta)                                 |
| Potencia reactiva Q (mín., máx.)                                                | Dependiendo de la configuración   | Basándose en el valor de 10/12 periodos (para la potencia consumida y devuelta)                                 |
| Potencia aparente S (mín., máx.)                                                | Dependiendo de la configuración   | Basándose en el valor de 10/12 periodos                                                                         |
| Potencia de distorsión D/Potencia aparente de distorsión $S_N$ (mín., máx.)     | Dependiendo de la configuración   | Basándose en el valor de 10/12 periodos                                                                         |
| Factor de potencia PF (mín., máx.)                                              | 0...1                             | Basándose en el valor de 10/12 periodos                                                                         |
| Factor de desplazamiento de fase $\cos\phi$ /DPF (mín., máx.)                   | 0...1                             | Basándose en el valor de 10/12 periodos                                                                         |
| $\text{tg}\phi$ (mín., máx.)                                                    | 0...10                            | Basándose en el valor de 10/12 periodos                                                                         |
| Energía activa $E_P$ (máx.)                                                     | Dependiendo de la configuración   | Si excede, se comprueba cada 10/12 periodos (para la energía consumida y devuelta)                              |
| Energía reactiva $E_Q$ (máx.)                                                   | Dependiendo de la configuración   | Si excede, se comprueba cada 10/12 periodos (para la energía consumida y devuelta)                              |
| Energía aparente $E_S$ (máx.)                                                   | Dependiendo de la configuración   | Si excede, se comprueba cada 10/12 periodos                                                                     |
| Factor de contenidos armónicos THD-F de tensión (máx.)                          | 0...100%                          | Basándose en el valor de 10/12 periodos                                                                         |
| Factor de contenidos armónicos THD-F de corriente (máx.)                        | 0...200%                          | Basándose en el valor de 10/12 periodos                                                                         |
| Amplitudes de armónicos de tensión (máx.)                                       | 0...100% o en absoluto            | Basándose en el valor de 10/12 periodos; Umbrales independientes para todos los armónicos en el rango de 2...50 |
| Amplitudes de armónicos de corriente (máx.)                                     | 0...200% o en absoluto            | Basándose en el valor de 10/12 periodos; Umbrales independientes para todos los armónicos en el rango de 2...50 |
| Factor K (K-Factor) (máx.)                                                      | 1,0..50,0                         | Basándose en el valor de 10/12 periodos                                                                         |

| Histéresis de detección de eventos | Rango                | Método de cálculo                                                          |
|------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Histéresis                         | 0..10% con paso 0,5% | Para cada uno de los parámetros se calcula como porcentaje del umbral máx. |

## 6.5 Registro

| Registador                                        |                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tiempo para el cálculo de la media <sup>(1)</sup> | 200ms, 1s, 3s, 5s, 10s, 15s, 30s, 1min, 3min, 5min, 10min, 15min, 30min, 60min, 120min.<br>Modo especial: ½ período (se guarda sólo $U_{RMS(1/2)}$ y $I_{RMS(1/2)}$ ) <sup>(2)</sup> |
| Cálculo de la media mín./máx. para $U_{RMS}$      | ½ período, período, 200 ms, 1 s, 3 s, 5 s <sup>(3)</sup>                                                                                                                             |
| Cálculo de la media mín./máx. para $I_{RMS}$      | ½ período, período, 200 ms, 1 s, 3 s, 5 s <sup>(3)</sup>                                                                                                                             |
| Captura de formas de onda                         | Posibilidad de registro de 3 períodos de formas de onda de canales activos después de cada período de cálculo de la media                                                            |
| Modo de activación de registro                    | manual<br>desde primer evento detectado<br>según horario (cuatro intervalos de tiempo definidos)                                                                                     |
| Puntos de medición                                | 4 configuraciones de usuario independientes, la asignación definida de espacio en la memoria, la posibilidad de asignación de todo el espacio para un punto dado                     |
| Tiempo de registro                                | Dependiendo de la configuración                                                                                                                                                      |
| Memoria                                           | Tarjeta SD                                                                                                                                                                           |
| Modelo de memoria                                 | Lineal                                                                                                                                                                               |
| Seguridad                                         | Posibilidad de bloqueo de teclado para evitar el acceso no autorizado, bloqueo de lectura de datos mediante el código PIN                                                            |

(1) Los tiempos de cálculo de la media menores a 10 s, de hecho, son iguales al múltiplo del período de red: 200 ms – 10/12 ciclos, 1 s – 50/60 ciclos, 3 s – 150/180 ciclos, 5 s – 250/300 ciclos.

(2)  $U_{RMS(1/2)}$  y  $I_{RMS(1/2)}$  son los valores eficaces para un período, se actualizan cada medio período.

(3) Períodos de cálculo de la media mín./máx. 200 ms, 1 s, 3 s, 5 s en realidad equivalen al múltiplo del período de red: 200 ms - 10/12 períodos, 1 s - 50/60 períodos 3 s - 150/180 períodos, 5 s - 250/300 períodos.

| Parámetros registrados                                                                                                                                            | Valor medio | Valor mínimo | Valor máximo | Valor instantáneo |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|--------------|-------------------|
| Tensión eficaz de fase/entre fases (dependiendo del tipo de sistema) $U_{RMS}$                                                                                    | •           | •            | •            | •                 |
| Tensión eficaz entre fases (sólo sistema de 3 fases tipo estrella con N y de 2 fases) $U_{RMS}$                                                                   | •           |              |              |                   |
| Corriente eficaz $I_{RMS}$                                                                                                                                        | •           | •            | •            | •                 |
| Frecuencia f                                                                                                                                                      | •           | •            | •            | •                 |
| Factor de pico de tensión CF U                                                                                                                                    | •           | •            | •            | •                 |
| Factor de pico de corriente CF I                                                                                                                                  | •           | •            | •            | •                 |
| Factores de desequilibrio de secuencia positiva y negativa, componentes equilibradas de secuencia: positiva, negativa, cero (tensión) $U_0, U_1, U_2, U_0, U_2$   | •           | •            | •            | •                 |
| Factores de desequilibrio de secuencia positiva y negativa, componentes equilibradas de secuencia: positiva, negativa, cero (corriente) $I_0, I_1, I_2, I_0, I_2$ | •           | •            | •            | •                 |
| Indicadores de parpadeo de luz $P_{st}$ y $P_{It}$                                                                                                                | •           | •            |              | •                 |
| Potencia activa (consumida y devuelta) $P_+, P_-$                                                                                                                 | •           | •            | •            | •                 |
| Potencia reactiva (consumida y devuelta) $Q_{1+}, Q_{1-} / Q_{B+}, Q_{B-}$                                                                                        | •           |              | •            | •                 |
| Potencia aparente S                                                                                                                                               | •           | •            | •            | •                 |
| Potencia de distorsión D/ Potencia aparente de distorsión $S_N$                                                                                                   | •           | •            | •            | •                 |
| Factor de potencia PF                                                                                                                                             | •           | •            | •            | •                 |
| Factor de desplazamiento de fase $\cos\phi$ /DPF                                                                                                                  | •           | •            | •            | •                 |
| Factor $\tan\phi$                                                                                                                                                 | •           | •            | •            | •                 |
| Energía activa (consumida y devuelta) $E_{P+}, E_{P-}$                                                                                                            |             |              |              | •                 |
| Energía reactiva (consumida y devuelta) $E_{Q+}, E_{Q-}$                                                                                                          |             |              |              | •                 |
| Energía aparente $E_S$                                                                                                                                            |             |              |              | •                 |
| Factor de distorsiones armónicas THD-F de tensión                                                                                                                 | •           | •            | •            | •                 |

## 6 Datos técnicos

|                                                                                |   |   |   |   |
|--------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|
| Factor de distorsiones armónicas THD-F de corriente                            | • | • | • | • |
| Amplitudes de armónicos de tensión $U_{h1}...U_{h50}$                          | • | • | • | • |
| Amplitudes de armónicos de corriente $I_{h1}...I_{h50}$                        | • | • | • | • |
| Factor K (K-Factor)                                                            | • | • | • | • |
| Potencias activas de armónicos (1...50) $P_{h1}...P_{h50}$                     | • | • | • | • |
| Potencias reactivas de armónicos (1...50) $Q_{h1}...Q_{h50}$                   | • | • | • | • |
| Ángulos entre los armónicos de tensión y corriente $\varphi_1... \varphi_{50}$ | • | • | • | • |

## 6.6 Alimentación y calentador

| Alimentación                                                                                   |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Rango de tensiones de entrada                                                                  | 90...760V CA |
| Categoría de sobretensión                                                                      | CAT IV/600V  |
| Consumo de potencia                                                                            | máx. 30VA    |
| Batería                                                                                        | Li-Ion 6,9Ah |
| Tiempo de funcionamiento con alimentación de batería                                           | > 5h         |
| Tiempo de carga de batería (completamente descargada)                                          | 8h           |
| Consumo de corriente de la batería en modo de analizador off (falta de alimentación de la red) | < 1 mA       |

| Calentador                                       |                                       |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Umbral de temperatura de encendido de calentador | +5°C                                  |
| Alimentación del calentador                      | de fuente de alimentación incorporada |
| Potencia del calentador                          | hasta 10 W                            |

## 6.7 Redes compatibles

| Tipos de redes compatibles          |                                                                                                                       |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 fase                              | Monofásica con conductor neutro (terminales L1, N)                                                                    |
| 2 fases (split-phase)               | Bifásica con conductor neutro (terminales L1, L2, N)                                                                  |
| 3 fases tipo estrella con N         | Trifásica tipo estrella con conductor neutro (terminales L1, L2, L3, N)                                               |
| 3 fases tipo triángulo              | Trifásica tipo triángulo (terminales L1, L2, L3, N conectado con L3)                                                  |
| 3 fases tipo triángulo de Aron      | Trifásica tipo triángulo (terminales L1, L2, L3, N conectado con L3), con dos pinzas de corriente                     |
| 3 fases tipo estrella sin N         | Trifásica tipo estrella sin conductor neutro (terminales L1, L2, L3, N conectado con L3)                              |
| 3 fases tipo estrella sin N de Aron | Trifásica tipo estrella sin conductor neutro (terminales L1, L2, L3, N conectado con L3), con dos pinzas de corriente |

## 6.8 Pinzas de corriente compatibles

| Tipos compatibles de pinzas de corriente |                                                                                                        |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| F-1                                      | Pinza flexible (bobina de Rogowski), circunferencia de 120 cm, rango de medición 3000 A <sub>RMS</sub> |
| F-2                                      | Pinza flexible (bobina de Rogowski), circunferencia de 80 cm, rango de medición 3000 A <sub>RMS</sub>  |
| F-3                                      | Pinza flexible (bobina de Rogowski), circunferencia de 45 cm, rango de medición 3000 A <sub>RMS</sub>  |
| C-4                                      | Pinzas tipo CT, AC, rango de medición 1000 A <sub>RMS</sub> , 1mV/A                                    |
| C-5                                      | Pinzas tipo CT con sensor de efecto Hall, AC/DC, rango de medición 1000 A <sub>RMS</sub> , 1mV/A       |
| C-6                                      | Pinzas tipo CT, AC, para corrientes bajas, rango de medición 10 A <sub>RMS</sub> , 1mV/10mA            |
| C-7                                      | Pinzas tipo CT, AC, rango de medición 100A <sub>RMS</sub> , 5mV/A                                      |

## 6.9 Comunicación

| Comunicación               |                                                                                                                                      |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| USB                        | Aislado ópticamente,<br>Velocidad máxima de transmisión: 921,6 kbit/s<br>Compatible con USB 2.0                                      |
| Red inalámbrica            | Módulo de radio incorporado de 433 MHz,<br>Conexión mediante el radiorreceptor OR-1,<br>Velocidad máxima de transmisión: 57,6 kbit/s |
| RS-232<br>(sólo PQM-701Zr) | con aislamiento galvánico,<br>Velocidad máxima de transmisión: 921,6 kbit/s<br>Control de flujo de equipo CTS/RTS (opcional)         |

## 6.10 Condiciones ambientales y otros datos técnicos

| Condiciones ambientales                |                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rango de temperatura de trabajo        | -20°C...+55°C                                                                                                                                                                        |
| Rango de temperatura de almacenamiento | -30°C...+60°C                                                                                                                                                                        |
| Humedad                                | 10...90% con condensación posible                                                                                                                                                    |
| Estanqueidad (según PN-EN 60529)       | IP 65 (tapa cerrada)<br>IP 20 (tapa abierta)                                                                                                                                         |
| Condiciones de referencia              | Temperatura ambiente: 23°C ±2°C<br>Humedad: 40...60%                                                                                                                                 |
| Dimensiones                            | 235 x 218 x 122 mm (PQM-701)<br>243 x 218 x 122 mm (PQM-701Z y PQM-701Zr)<br>Ancho del analizador PQM-701Z y PQM -701Zr con los cables conectados del alimentador de red: mín. 290mm |
| Peso                                   | aprox. 2,1 kg                                                                                                                                                                        |
| Pantalla                               | LED, roja, 4 caracteres alfanuméricos                                                                                                                                                |
| Tarjeta de memoria                     | SD, SDHC. Las tarjetas con capacidad mayor de 4 GB se formatean al tamaño 4 GB disponible para el usuario.                                                                           |

## 6.11 Seguridad y compatibilidad electromagnética

| Seguridad y EMC                                                                  |                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Conformidad con                                                                  | EN 61010-1                                                                                                                                           |
| Categoría de medición                                                            | III 1000V/IV 600V, clase de contaminación 2, según EN 61010-1                                                                                        |
| Aislamiento                                                                      | Doble según EN 61010-1 (tapa cerrada), individual según EN 61010-1 (tapa abierta)                                                                    |
| Compatibilidad electromagnética                                                  | EN 61326                                                                                                                                             |
| Resistencia a alteraciones con frecuencias de radio                              | EN 61000-4-3<br>modulación sinusoidal 80% AM, 1 kHz<br>80...1000 MHz, 10 V/m<br>1,4...2,0 GHz, 3 V/m<br>2,0...2,7 GHz, 1 V/m                         |
| Resistencia a descargas electrostáticas                                          | EN 61000-4-2<br>Descarga en aire: 8 kV<br>Descarga al contacto: 4 kV                                                                                 |
| Resistencia a perturbaciones conducidas, inducidas por campos de radiofrecuencia | EN 61000-4-6<br>modulación sinusoidal 80% AM, 1 kHz<br>0,15...80 MHz, 10 V                                                                           |
| Resistencia a series de estados rápidos eléctricos transitorios                  | EN 61000-4-4<br>Amplitud 2 kV, 5 kHz                                                                                                                 |
| Resistencia a hipertermias                                                       | EN 61000-4-5<br>Amplitud 2 kV (L-L), 4 kV (L-PE)                                                                                                     |
| Emisión de alteraciones radiadas con radiofrecuencia                             | EN 61000-6-3<br>30...230 MHz, 30 dB(μV/m) en distancia de 10m<br>230...1000 MHz, 37 dB(μV/m) en distancia de 10m                                     |
| Emisión de alteraciones conducidas                                               | EN 61000-6-3<br>Niveles para el detector cuasi-pico:<br>0,15 kHz...0,5 MHz: 66 dBμV...56 dBμV<br>0,5 MHz...5 MHz: 56 dBμV<br>5 MHz...30 MHz: 60 dBμV |

## 6.12 Estándares

| Estándares              |                                                            |
|-------------------------|------------------------------------------------------------|
| Métodos de medición     | EN 61000-4-30 clase S o clase A (según el parámetro)       |
| Precisión de mediciones | EN 61000-4-30 clase S o clase A (según el parámetro)       |
| Calidad de energía      | EN 50160                                                   |
| Parpadeo de luz         | EN 61000-4-15                                              |
| Armónicos               | EN 61000-4-7                                               |
| Estándar de calidad     | elaboración, proyecto y producción de acuerdo con ISO 9001 |

## 7 Estimación de incertidumbre de medición de potencia y energía

Incertidumbre total de medición de potencia y de energía activa y reactiva (componente fundamental) y la potencia de armónicos se basa en general en la siguiente relación (para la energía se omite la incertidumbre adicional de la medición resultante de tiempo por ser mucho menor que otras incertidumbres):

$$\delta_{p,q} \cong \sqrt{\delta_{U_h}^2 + \delta_{I_h}^2 + \delta_{\varphi_h}^2}$$

donde:  $\delta_{p,q}$  – incertidumbre de medición de potencia activa o reactiva,

$\delta_{U_h}$  – incertidumbre sumaria de medición de amplitud armónica de tensión (analizador, transformadores, pinzas),

$\delta_{I_h}$  – incertidumbre sumaria de medición de amplitud armónica de corriente (analizador, transformadores, pinzas),

$\delta_{\varphi_h}$  – incertidumbre adicional resultante de error de medición de la fase entre armónicos de tensión y corriente.

La incertidumbre  $\delta_{\varphi_h}$  puede ser determinada, si se conoce el ángulo de desplazamiento de fase para el rango de frecuencia que nos interesa. En la Tabla 6 se presenta error de diferencia de fases entre armónicos de tensión y de corriente para el analizador PQM-7012 (sin pinzas y transformadores).

**Tab. 6 Error de fase del analizador PQM-701 dependiendo de la frecuencia.**

| Rango de frecuencia | 0..200Hz | 200..500Hz | 500Hz..1kHz | 1..2kHz | 2..3kHz |
|---------------------|----------|------------|-------------|---------|---------|
| Error               | ≤1°      | ≤2,5°      | ≤5°         | ≤10°    | ≤15°    |

El error de fase introducido por transformadores y pinzas utilizados en general se puede encontrar en su documentación técnica. En tal caso es necesario estimar el error resultante de fase entre tensión y corriente para la frecuencia que nos interesa e introducido por todos los elementos de medición como: transformadores de tensión y corriente, pinzas y analizador.

La incertidumbre de medición resultante de error de fase para la potencia activa de armónicos se puede determinar a base de la relación:

$$\delta_{ph} = 100 \left( 1 - \frac{\cos(\varphi + \Delta\varphi)}{\cos\varphi} \right) [\%], \cos\varphi \neq 0$$

En cambio, la incertidumbre de medición de potencia reactiva de armónicos se puede determinar a base de la relación:

$$\delta_{ph} = 100 \left( 1 - \frac{\sin(\varphi - \Delta\varphi)}{\sin\varphi} \right) [\%], \sin\varphi \neq 0$$

En ambas fórmulas  $\varphi$  significa el ángulo real de desplazamiento entre armónicos de corriente y tensión, y  $\Delta\varphi$  error sumario de fase para la frecuencia dada. De las relaciones presentadas se puede deducir que la incertidumbre de medición de potencia, para el mismo error de fase, depende evidentemente del factor de desplazamiento de fase entre corriente y tensión. Esto se presenta en la Fig. 16.

### **Ejemplo**

*Cálculo de incertidumbre de medición de potencia activa de la componente fundamental.*

*Condiciones:  $\varphi = 60^\circ$ ,  $U_{RMS} \cong U_{nom}$ ,  $I_{RMS} = 5\% I_{nom}$ .*

*Incertidumbre básica es  $\pm \sqrt{1,0^2 + \delta_{ph}^2}$  %.*

*Para el rango de frecuencia de 0 a 200 Hz el error de fase de PQM-701 es  $1^\circ$ . Después de sustituir a la relación:*

$$\delta_{ph} = 100 \left( 1 - \frac{\cos(\varphi + \Delta\varphi)}{\cos\varphi} \right) = 100 \left( 1 - \frac{\cos(61^\circ)}{\cos(60^\circ)} \right) = 3,04\%$$

*por lo tanto, la incertidumbre de la medición es:*

$$\delta = \pm \sqrt{1,0^2 + 3,04^2} = \pm 3,20\%$$

*En las mismas condiciones, pero con el desplazamiento de fase  $\varphi = 10^\circ$ , obtendremos:*

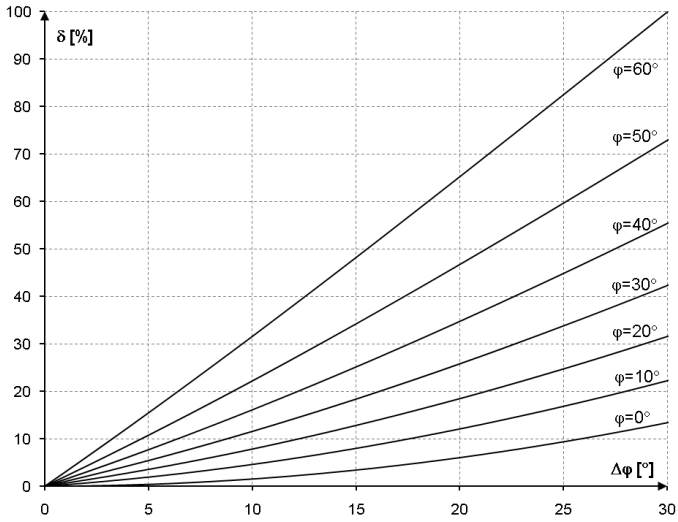
$$\delta_{ph} = 100 \left( 1 - \frac{\cos(11^\circ)}{\cos(10^\circ)} \right) = 0,32\%$$

*y la incertidumbre de la medición será:*

$$\delta = \pm \sqrt{1,0^2 + 0,32^2} = \pm 1,05\%$$

*Estos cálculos no tienen en cuenta los errores adicionales introducidos por las pinzas de corriente y los transformadores utilizados.*

## 7 Estimación de incertidumbre de medición de potencia y energía



**Fig. 16.** La incertidumbre adicional resultante del error de fase, dependiendo del ángulo de desplazamiento de fase.

## 8 Equipamiento

### 8.1 Equipamiento estándar

El conjunto estándar suministrado por el fabricante se compone de:

- cable te tensión banana-banana CAT III 1000V negro 2,2m de largo (PQM-701 3 uds., PQM-701Z 4 uds.) – **WAPRZ2X2BLBB**,
- cable te tensión banana-banana CAT III 1000V amarillo 2,2m de largo – **WAPRZ2X2YEBB**,
- cable te tensión banana-banana CAT III 1000V azul 2,2m de largo (PQM-701 1 ud., PQM-701Z 2 uds.) – **WAPRZ2X2BUBB**,
- cocodrilo negro K01 (PQM-701 3 uds., PQM-701Z 4 uds.) – **WAKROBL20K01**,
- cocodrilo azul K02 (PQM-701 1 ud., PQM-701Z 2 uds.) – **WAKROBU20K02**,
- cocodrilo amarillo K02 – **WAKROYE20K02**,
- divisor de fase AC-16 – **WAADAAC16**,
- enchufe de red con entradas tipo banana (L1 y N) para conectar el analizador a la toma de corriente para cargar las baterías y/o transmisión con PC – **WAADAAZ1**,
- programa de lectura y análisis de datos "Sonel Análisis" – **WAPROANALIZA**,
- cable USB – **WAPRZUSB**,
- tarjeta SD – **WAPOZSD1**,
- radiorreceptor OR-1 – **WAADAUSBOR1**,
- maletín duro para el analizador y los accesorios – **WAWALXL1**,
- abrazadera para sujetar al poste – **WAPOZOPAKPL**,
- enganche para instalar el medidor en el carril DIN (ISO) (2 uds.) – **WAPOZUCH2**,
- batería incorporada,
- instrucciones de uso,
- tarjeta de garantía,
- certificado de calibración.

El juego estándar suministrado por el fabricante para el instrumento PQM-701Zr incluye adicionalmente:

- cable para la transmisión por el puerto serie RS-232 (DB-9) tipo hembra-macho sin entrelazado – **WAPRZRS232**.

## 8.2 Equipamiento adicional

Adicionalmente, del fabricante y de los distribuidores se pueden comprar los siguientes artículos que no están incluidos en el equipamiento estándar:

- pinza C-4 1000A AC rígida – **WACEGC4OKR**,
- pinza C-5 1000A AC/CD rígida – **WACEGC5OKR**,
- pinza C-6 para corrientes pequeñas en transformadores 10A AC – **WACEGC6OKR**,
- pinza C-7 100A AC – **WACEGC7OKR**,
- pinza flexible F-1 con la corriente hasta 3kA AC (longitud de 120 cm) – **WACEGF1OKR**,
- pinza flexible F-2 con la corriente hasta 3kA AC (longitud de 80 cm) – **WACEGF2OKR**,
- pinza flexible F-3 con la corriente hasta 3kA AC (longitud de 45 cm) – **WACEGF3OKR**,
- batería (sustituible en el servicio SONEL) – **WAAKU09**,
- maletín duro para pinzas – **WAWALL2**.

### Nota

Al hacer el pedido de las pinzas de corriente para PQM-701 debe poner el número de serie del analizador, al que pide las pinzas de corriente.

### 8.2.1 Pinza C-4

La pinza C-4 se utiliza para medir la corriente alterna en las instalaciones eléctricas de potencia baja y media. La señal de salida es la tensión proporcional a la corriente medida. La señal de salida es suministrada con el cable de 1,5 m con una clavija adaptada a la toma en el medidor.

La flecha situada en una de las mordazas indica la dirección de flujo de corriente. Se considera que la corriente fluye en la dirección positiva si fluye desde la fuente hasta el receptor. Se requiere esta orientación para medir correctamente la potencia.

### Nota

No está permitido medir la corriente mayor a 1200 A. Se debe limitar el tiempo de medición de corrientes superiores a 1000A según los siguientes datos:

| Rango de corrientes | $I \leq 1000A$        | $1000A < I \leq 1200A$                                        |
|---------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------|
| Modo de trabajo     | continuo <sup>1</sup> | 15 minutos de medición, a continuación 30 minutos de descanso |

<sup>1)</sup> Para la frecuencia  $f \leq 1\text{kHz}$ . Limitación del valor máximo de corriente para el trabajo continuo y la frecuencia superior a 1 kHz de acuerdo con la relación  $I_{\text{continua}} = 1000 \text{ A}/f[\text{kHz}]$



Fig. 17. Pinza C-4.

**Nota**

No está permitido utilizar el dispositivo en los conductores no aislados, con un potencial mayor a 600 V respecto a tierra y en las instalaciones con la categoría de medición superior a III.

- **Condiciones de referencia**

- temperatura +20...+26°C
- humedad relativa 20...75%
- posición del conductor conductor centrado en las mordazas
- frecuencia de corriente sinusoidal 48...65 Hz
- factor de contenidos armónicos <1%
- componente constante de corriente falta
- campo magnético constante <40 A/m (campo magnético de la Tierra)
- campo magnético externo alterno falta
- conductores en las inmediaciones no hay corriente que fluya

- **Especificaciones técnicas**

- precisión:

| Rango de corriente | Incertidumbre básica <sup>1)</sup> | Error de fase   |
|--------------------|------------------------------------|-----------------|
| 0,1...10A          | ≤ 3% + 0,1A                        | sin especificar |
| 10...50A           | ≤ 3%                               | ≤3°             |
| 50...200A          | ≤ 1,5%                             | ≤ 1,5°          |
| 200...1000A        | ≤ 0,75%                            | ≤ 0,75°         |
| 1000...1200A       | ≤ 0,5%                             | ≤ 0,5°          |

<sup>1)</sup> como % del valor medido

- señal de salida para la corriente máxima 1V AC
- transmisión 1mV AC/1A AC
- rango de frecuencia 30Hz...10kHz
- tipo de aislamiento doble, según la norma EN 61010-1
- categoría de medición según PN-EN 61010-1 III 600V,
- grado de protección según PN-EN 60529 IP40, con las mordazas abiertas: IP30
- dimensiones 216 × 111 × 45 mm
- peso unos 640g
- apertura de mordazas 53 mm
- altura de mordazas abiertas 139 mm
- diámetro máximo del conductor medido Ø52 mm
- longitud de cable con pinzas 1,5 m
- temperatura de trabajo -10°C...+55°C
- humedad relativa <85%
- altura ≤ 2000 m
- compatibilidad electromagnética EN 61000-6-3:2008  
EN 61000-6-2:2008

### 8.2.2 Pinza C-5

La pinza C-5 se utiliza para medir la corriente alterna y continua sin interrumpir el circuito con la corriente que fluye. El rango de medición es 1400A para la corriente continua y 1000A para la corriente alterna. La señal de salida es la tensión proporcional a la corriente medida. La pinza tiene un rango de medición de 1000A, con sensibilidad de 1 mV/A, la perilla de ajuste de cero y el indicador de energía con diodo.

La señal de salida es suministrada con el cable de 1,5 m con una clavija adaptada a la toma en el medidor.

La flecha situada en una de las mordazas indica la dirección de flujo de corriente. Se considera que la corriente fluye en la dirección positiva si fluye desde la fuente hasta el receptor. Se requiere esta orientación para medir correctamente la potencia y las componentes fijas.



Fig. 18. Pinza C-5.

- **Sobrecargas:**

- corriente continua (DC): hasta 3000 A (modo continuo)
- corriente alterna (AC): hasta 1000 A en el modo continuo hasta la frecuencia de 1 kHz
- limitación del valor máximo de corriente para el trabajo continuo y la frecuencia superior a 1 kHz de acuerdo con la relación:  $I_{\text{continua}} = 1000A/f \text{ [kHz]}$

- **Activación**

Para activar la pinza se debe deslizar el interruptor a la posición 1 mV/A. El diodo verde indica el funcionamiento correcto. Si después del cambio el diodo no está encendido o se apaga durante las mediciones, es necesario sustituir la batería.

- **Corrección de indicación de cero de DC**

Después de asegurarse de que las mordazas están cerradas y no hay ningún conductor dentro, se debe conectar la pinza al analizador y activar el programa "Sonel Análisis" en modo de vista previa de los valores actuales (tener en cuenta la configuración correcta del punto de medición en la medición con la pinza C-5). Se presiona la perilla y se la gira hasta que indique el valor cero de componente constante de corriente.

- **Condiciones de referencia**

- temperatura: +18...+28°C
- humedad relativa: 20...75%
- tensión de batería: 9 V ± 0,1 V
- posición del conductor: conductor centrado en las mordazas
- corriente: continua (DC) o sinusoidal (AC)  $f \leq 65\text{Hz}$
- campo magnético constante: <40 A/m (campo magnético de la Tierra)
- campo magnético externo variable: falta
- conductores en las inmediaciones: no hay corriente que fluye

- **Datos técnicos**

- precisión:

| Rango de corriente                 | 0,5...100A  | 100...800A | 800...1000A (AC)<br>800...1400A (DC) |
|------------------------------------|-------------|------------|--------------------------------------|
| Incertidumbre básica <sup>1)</sup> | ≤ 1,5% + 1A | ≤ 2,5%     | ≤ 4%                                 |

<sup>1)</sup> como % del valor medido

- error de fase (45...65Hz):

| Rango de corriente | 10...200A | 200...1000A |
|--------------------|-----------|-------------|
| Error de fase      | ≤ 2,5°    | ≤ 2°        |

- transmisión: 1 mV/1A
- rango de frecuencia: DC...5kHz
- impedancia de salida: 100Ω
- rango de ajuste de cero de DC: ±10A
- ruido: DC hasta 1 kHz: ≤1mVp-p (o 1Ap-p)  
DC hasta 5 kHz: ≤1,5mVp-p (o 1,5Ap-p) 1Hz hasta 5 kHz: ≤0,5mVp-p (o 0,5Ap-p)
- errores adicionales:
  - de la frecuencia de corriente
    - 65...440 Hz: -2%
    - 440..1000 Hz: -5%
    - 1..5 kHz: -4 dB
  - del voltaje de batería: ≤1 A/V
  - de temperatura: ≤ 300ppm/°C o 0,3%/10°C
  - de la humedad relativa en el rango de 10...85%: ≤0,5%
  - de la posición del conductor con un diámetro de Ø20 mm:
    - DC hasta 440 Hz: <0,5%
    - DC hasta 1 kHz: <1%
    - DC hasta 2 kHz: <3%
    - DC hasta 5 kHz: <10%
  - del conductor paralelo con la corriente alterna de 50...60 Hz, en la distancia de 23 mm de la pinza: <10 mA/A
  - del campo magnético externo 400 A/m (50 Hz) en el conductor centrado <1,3 A
  - factor de atenuación de la señal común >65 dB A/V (50...400 Hz)
- **Otros datos**
  - tipo de aislamiento: doble, según la norma EN 61010-1
  - categoría de medición según EN 61010-1: III 600V,
  - grado de protección según EN 60529: IP30
  - alimentación: pila 9V (6LR61, 6LF22, NEDA 1604)
  - tiempo de trabajo con la pila alcalina: aprox. 120 h
  - dimensiones: 237 × 97 × 44 mm
  - peso: aprox. 520 g
  - diámetro máximo del cable medido: Ø39 mm
  - longitud de cable con pinzas: 1,5 m
  - temperatura de trabajo: -10°C...+55°C

## 8 Equipamiento

- humedad relativa: <85%
- altura: ≤ 2000 m
- compatibilidad electromagnética: EN 61000-6-3:2008  
EN 61000-6-2:2008

### 8.2.3 Pinza C-6

La pinza C-6 está diseñada para medir las corrientes alternas de frecuencias hasta 10 kHz en el rango de 10 mA...10 A. La señal de salida es la tensión proporcional a la corriente medida con una sensibilidad de 100 mV/A. Es suministrada con el cable de 1,5 m con una clavija adaptada a la toma en el medidor.

La flecha situada en una de las mordazas indica la dirección de flujo de corriente. Se considera que la corriente fluye en la dirección positiva si fluye desde la fuente hasta el receptor. Se requiere esta orientación para medir correctamente la potencia.



**Fig. 19 Pinza C-6.**



#### ¡Atención!

No está permitido utilizar el dispositivo en los conductores no aislados, con un potencial mayor a 600 V respecto a tierra y en las instalaciones con la categoría de medición superior a III.

#### • Condiciones de referencia

- temperatura: +20...+26°C
- humedad relativa: 20...75%
- posición del conductor: Conductor centrado en las mordazas
- frecuencia de corriente sinusoidal: 48...65 Hz
- factor de contenidos armónicos: <1%
- componente constante de corriente: falta
- campo magnético constante: <40 A/m (campo magnético de la Tierra)
- campo magnético externo variable: falta
- conductores en las inmediaciones: no hay corriente que fluye

#### • Datos técnicos

- precisión

| Rango de corriente | Incertidumbre básica <sup>1)</sup> | Error de fase   |
|--------------------|------------------------------------|-----------------|
| 0,01...0,1A        | ≤ 3% + 1 mA                        | sin especificar |
| 0,1...1A           | ≤ 2,5%                             | ≤5°             |
| 1...12A            | ≤ 1%                               | ≤3°             |

<sup>1)</sup> como % del valor medido

- transmisión: 100mV AC/1A AC
- rango de frecuencia: 40 Hz...10 kHz
- tipo de aislamiento: doble, según la norma EN 61010-1
- categoría de medición según EN 61010-1: III 600V,

- grado de protección según la norma EN 60529: IP40, con las mordazas abiertas: IP30
- dimensiones: 135 × 50 × 30 mm
- peso: aprox. 240 g
- apertura de mordazas: 21 mm
- altura de mordazas abiertas: 69 mm
- diámetro máximo del cable medido: Ø20 mm
- longitud de cable con pinzas: 1,5 m
- temperatura de trabajo: -10°C...+55°C
- humedad relativa: <85%
- altura: ≤ 2000 m
- compatibilidad electromagnética: EN 61000-6-3:2008  
EN 61000-6-2:2008

### 8.2.4 Pinza C-7

La pinza C-7 está diseñada para medir las corrientes alternas en las redes de potencia baja y media hasta 100 A. La señal de salida es la tensión proporcional a la corriente medida con una sensibilidad de 5 mV/A. Es suministrada con el cable de 1,5 m con una clavija adaptada a la toma en el medidor.

La flecha situada en una de las mordazas indica la dirección de flujo de corriente. Se considera que la corriente fluye en la dirección positiva si fluye desde la fuente hasta el receptor. Se requiere esta orientación para medir correctamente la potencia.



Fig. 20 Pinza C-7.



#### ¡Atención!

No está permitido utilizar el dispositivo en los conductores no aislados, con un potencial mayor a 300 V respecto a tierra y en las instalaciones con la categoría de medición superior a III.

- **Condiciones de referencia**
  - temperatura: +18...+28°C
  - humedad relativa: <85% (sin condensación)
- **Datos técnicos**
  - rango de medición: 0...100A AC
  - rango de frecuencia: 40 Hz...3 kHz
  - corriente continua máxima permitida: 100A AC (50/60 Hz)
  - exactitud (onda sinusoidal)

| Frecuencia    | Incertidumbre básica | Error de fase   |
|---------------|----------------------|-----------------|
| 45...65 Hz    | ±0,5% ±0,1mV         | ≤2°             |
| 40 Hz...1 kHz | ± 1,0% ± 0,2 mV      | sin especificar |

- transmisión: 5mV AC/1A AC
- impedancia de salida: 11Ω
- tipo de aislamiento: doble, según la norma EN 61010-1
- categoría de medición según EN 61010-1: III 300V,
- dimensiones: 100 × 60 × 26 mm

## 8 Equipamiento

- peso: unos 160 g
- diámetro máximo de conductor medido:  $\varnothing 24$  mm
- longitud de cable con pinzas: 1,5 m
- temperatura de trabajo:  $0^{\circ}\text{C} \dots +50^{\circ}\text{C}$
- humedad relativa:  $<85\%$  (sin condensación)
- compatibilidad electromagnética: EN 61326

### 8.2.5 Pinza F-1, F-2, F-3

La pinza flexible (bobina de Rogowski) F-1, F-2 y F-3 está diseñada para medir las corrientes alternas de frecuencias hasta 10 kHz en el rango 1A...3000A.

Las pinzas flexibles F-1, F-2 i F-3 se diferencian sólo por la circunferencia de la bobina. Los parámetros eléctricos son los mismos.

La señal de salida es una tensión proporcional a la derivada de la corriente medida con la sensibilidad de 38,83 mV/1000A para 50 Hz y 46,6 mV/1000A para 60 Hz.



Fig. 21 Pinza F-1.



Fig. 22. Pinza F-2



Fig. 23 Pinza F-3

La señal de salida es suministrada con el cable de 2 m con una clavija adaptada a la toma en el medidor.

La flecha situada en el cierre de las mordazas indica la dirección de flujo de corriente. Se considera que la corriente fluye en la dirección positiva si fluye desde la fuente hasta el receptor. Se requiere esta orientación para medir correctamente la potencia.



#### Nota

No está permitido utilizar el dispositivo en los conductores no aislados, con un potencial mayor a 1000 V respecto a tierra y en las instalaciones con la categoría de medición superior a III.

#### • Condiciones de referencia

- Temperatura:  $+18 \dots +22^{\circ}\text{C}$
- Posición del conductor: centrado respecto al bucle de pinza
- Campo magnético constante:  $<40$  A/m (campo magnético de la Tierra)
- Campo magnético externo variable: falta
- Campo eléctrico externo: falta

#### • Datos técnicos

- Rango de medición nominal: 1A...3000A (10000A pico para 50 Hz)
- Coeficiente de entrada/salida: 38,83mV/1000A (50 Hz)  
46,6mV/1000A (60 Hz)

- Incertidumbre básica:  $\pm 1\%$  en el rango de 1A...3000A
- Linealidad:  $\pm 0,2\%$
- Error adicional de la posición del conductor:  $\pm 2\%$  máx.
- Error adicional del campo magnético externo:  $\pm 0,5\%$  máx.
- **Otros datos:**
  - tipo de aislamiento: doble, según la norma EN 61010-1
  - categoría de medición según EN 61010-1: III 1000V,
  - grado de protección según la norma EN 60529: IP65
  - diámetro de bobina: 15,5 mm
  - Incertidumbre adicional de la temperatura:  $\pm 0,07\%$
  - Impedancia de salida: 30 $\Omega$ /400 mm
  - diámetro de fijación (máximo): 30 mm
  - circunferencia de bobina:
    - F-1: 120 cm
    - F-2: 80 cm
    - F-3: 45 cm
  - diámetro interior de pinzas después de cierre:
    - F-1: 360 mm
    - F-2: 235 mm
    - F-3: 120 mm
  - peso:
    - F-1: unos 410 g
    - F-2: unos 310 g
    - F-3: unos 220 g
  - longitud de cable con pinzas: 2 m
  - temperatura de trabajo:  $-20^{\circ}\text{C} \dots +80^{\circ}\text{C}$
  - compatibilidad electromagnética: EN 61000-6-3:2008  
EN 61000-6-2:2008

## 9 Más información

### 9.1 Limpieza y mantenimiento

**Nota**

*Se deben utilizar únicamente los métodos de conservación proporcionados por el fabricante en este manual.*

La carcasa del analizador puede ser limpiada con un paño suave y humedecido con detergentes comúnmente utilizados. No utilizar disolventes ni productos de limpieza que puedan rayar la carcasa (polvos, pastas, etc.).

Los cables se pueden limpiar con agua y detergentes, luego deben ser secados.

El sistema electrónico del analizador no requiere mantenimiento.

### 9.2 Almacenamiento

Durante el almacenamiento del dispositivo, hay que seguir las siguientes instrucciones:

- desconectar todos los cables del medidor,
- limpiar bien el medidor y todos los accesorios,
- para evitar la descarga total de las baterías durante el almacenamiento prolongado, las baterías deben ser recargadas periódicamente.

### 9.3 Desmontaje y utilización

Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos deben ser recogidos por separado, es decir, no se depositan con los residuos de otro tipo.

El dispositivo electrónico debe ser llevado a un punto de recogida conforme con la Ley de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

Antes de llevar el equipo a un punto de recogida no se debe desarmar ninguna parte del equipo.

Hay que seguir las normativas locales en cuanto a la eliminación de envases, pilas usadas y baterías.

### 9.4 Fabricante

El fabricante del dispositivo que presta el servicio de garantía y postgarantía es:

**SONEL S.A.**

ul. Wokulskiego 11

58-100 Świdnica

Polonia

tel. +48 74 858 38 60

fax +48 74 858 38 09

E-mail: [export@sonel.pl](mailto:export@sonel.pl)

Internet: [www.sonel.pl](http://www.sonel.pl)

**Nota**

*Para el servicio de reparaciones sólo está autorizado el fabricante.*

## 9.5 Servicios de laboratorio

El laboratorio de mediciones de la empresa SONEL S.A. proporciona la verificación y expide el certificado de calibración de los siguientes instrumentos relativos a la medición de valores eléctricos y no eléctricos:

- cámaras de infrarrojos,
- pirómetros,
- medidores para la medición contra electrochoques y de seguridad: resistencia de aislamiento, resistencia e impedancia de la toma de tierra, bucles de cortocircuito, parámetros de conmutadores diferenciales de corriente y medidores de múltiples funciones que en cuanto a las funciones incluyen los dispositivos mencionados,
- medidores de seguridad del equipo eléctrico,
- analizadores de calidad de alimentación,
- medidores de baja resistencia,
- medidores de tensión, corriente (también medidores con pinza), resistencia y multímetros,
- medidores de luz.

El certificado de calibración es un documento que confirma el cumplimiento de los parámetros declarados por el fabricante del dispositivo estudiado con el patrón nacional vigente, definiendo la incertidumbre de la medición.

De acuerdo con la norma **PN-ISO 10012-1, anexo A**-"Requisitos referentes al aseguramiento de la calidad para los equipos de medición. Sistema de confirmación metrológica del equipamiento de medición", la empresa SONEL S.A. recomienda para los instrumentos fabricados por ella el control metrológico periódico **cada 13 meses**.

Para poner en servicio los dispositivos totalmente nuevos con el Certificado de Calibración, el siguiente control metrológico (calibración) se debe realizar dentro de **los 13 meses** desde la fecha de compra, pero no más tarde de **19 meses** desde la fecha de su fabricación.

### **Nota**

***Para los instrumentos utilizados en estudios relacionados con la protección contra descargas eléctricas, la persona que realiza las mediciones debe estar totalmente segura de la infalibilidad del instrumento utilizado. Las mediciones realizadas con el medidor fallible pueden contribuir a una evaluación errónea de la eficacia de la protección de la salud e incluso de la vida humana.***

**NOTAS**

**NOTAS**