

**resipod family**

# **Manual de operación**

## Ensayos de durabilidad de hormigón



**proceq**

## Contenido

1	Seguridad y responsabilidad legal . . . . .	3
2	Para empezar . . . . .	3
2.1	Generalidades del Resipod . . . . .	3
2.2	El principio de medición del Resipod. . . . .	4
2.3	La pantalla del Resipod . . . . .	5
3	Medición de la resistividad con Resipod . . . . .	7
3.1	Realización de una medición . . . . .	7
3.2	Función de memoria . . . . .	8
4	Mediciones de resistividad en el emplazamiento . . . . .	10
4.1	Influencias . . . . .	10
4.2	Aplicaciones . . . . .	11
5	Aplicaciones de control de calidad . . . . .	13
5.1	Resipod Bulk Resistivity. . . . .	13
5.2	Resipod Geometric . . . . .	16
6	Unidades, partes y accesorios . . . . .	17
7	Especificaciones técnicas . . . . .	17
8	Mantenimiento y soporte . . . . .	18
9	Software ResipodLink . . . . .	20

# 1 Seguridad y responsabilidad legal

## Seguridad y precauciones en el uso

Este manual contiene información importante referente a la seguridad, el uso y el mantenimiento del Resipod. Lea el manual atentamente antes del primer uso del instrumento. Guarde el manual en un lugar seguro para consultararlo en el futuro.

## Responsabilidad

Nuestras "Condiciones generales de venta y de entrega" tienen vigor en cualquier caso. No habrá lugar a reclamos de garantía y de responsabilidad que resulten de daños personales y materiales si son la consecuencia de una o varias de las siguientes causas:

- La falta de usar el instrumento conforme a las condiciones previstas descritas en este manual.
- Una prueba de funcionamiento incorrecta para el manejo y el mantenimiento del instrumento y sus componentes.
- La falta de observar las secciones del manual referentes a la prueba de funcionamiento, al manejo y al mantenimiento del instrumento y sus componentes.
- Modificaciones estructurales no autorizadas del instrumento y sus componentes.
- Daños graves que sean el resultado de los efectos de cuerpos extraños, accidentes, vandalismo y fuerza mayor.

Toda la información contenida en esta documentación se presenta de buena fe y se supone correcta. Proceq SA no asume garantía y excluye cualquier responsabilidad con respecto a la integridad y/o la exactitud de la información.

## Instrucciones de seguridad

No está permitido que el instrumento sea manejado por niños o cualquier persona bajo influencia de alcohol, drogas o preparaciones farmacéuticas. Cualquier persona que no esté familiarizada con este manual deberá ser supervisada al estar usando el instrumento.

## 2 Para empezar



**Nota:** Durante el envío, los paquetes de baterías no están completamente cargados. Antes del uso, por favor cargar la batería completamente. Para prevenir daños de la batería, evitar la descarga total o el almacenamiento prolongado en estado vacío. Almacenar el instrumento a temperatura ambiente y cargar la batería completamente por lo menos una vez al año.

### 2.1 Generalidades del Resipod

#### Carga del Resipod

El símbolo del estado de la batería será visualizado si la batería está en el 10% de su capacidad. En este caso, todavía será posible realizar una gran cantidad de mediciones, pero se recomienda recargar la batería mediante la conexión de la unidad en un cargador USB o en un PC a través del puerto USB. Un ciclo de carga completo durará aproximadamente 6 horas. La autonomía es > 50 horas.

#### Funcionamiento: encendido / apagado

Pulsar el botón "Mantener" en el lado del Resipod para encender.

Pulsar y mantener el botón pulsado durante >2 s para apagar la unidad (apagado automático después de 10 min. de standby)

Mantener



Guardar

### Prueba de funcionamiento

Ejecutar una prueba de funcionamiento del modo descrito en el capítulo 8.

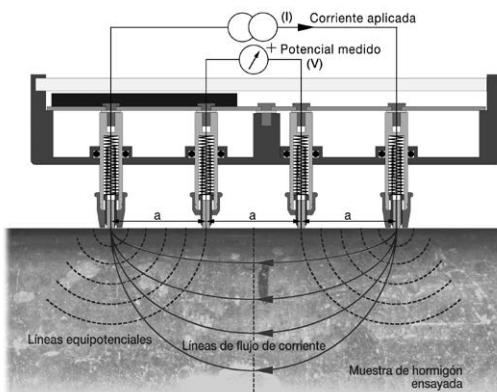
### Ejecución de un restablecimiento



Un pequeño botón de restablecimiento se encuentra debajo de la cubierta hermética al agua del puerto USB. Si el instrumento está bloqueado o no responde, usar un clip de papel para pulsar este botón y ejecutar un restablecimiento.

## 2.2 El principio de medición del Resipod

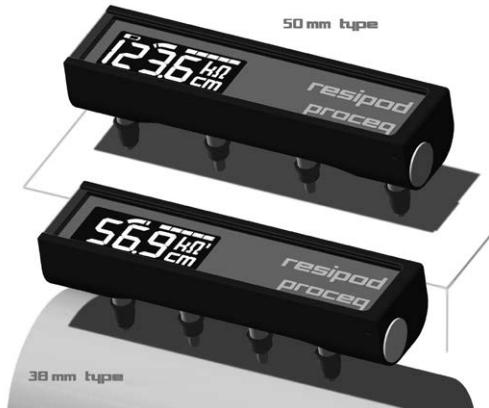
El Resipod es una evolución del medidor de resistividad de estándar industrial CNS Farnell RM MKII y funciona según el principio de la sonda Wenner.



El Resipod se ha concebido para medir la resistividad eléctrica de hormigón. Se aplica una corriente a dos sondas exteriores y se mide la diferencia de potencial entre las dos sondas interiores. La corriente es transportada por iones en el líquido en los poros. La resistividad calculada depende de la distancia entre las sondas.

$$\text{Resistividad } \rho = 2\pi a V/I \text{ [k}\Omega\text{cm]}$$

## Modelos del Resipod



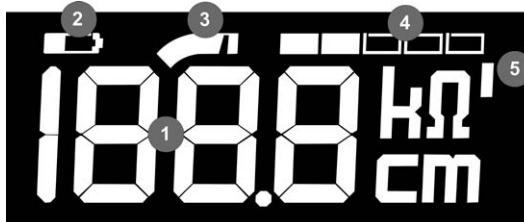
Están a disposición dos versiones del Resipod:

- El modelo de una distancia entre sondas de 50 mm está en conformidad con la norma industrial aceptada.
- El modelo de una distancia entre sondas de 38 mm (1.5") está en conformidad con la especificación del método de prueba de resistividad superficial AASHTO.

Debido a la naturaleza no homogénea del hormigón, se prefiere una distancia entre sondas más grande ya que esto permite un flujo más homogéneo de la corriente de medición. Sin embargo, esto por lo general tiene que balancearse con la necesidad de evitar la influencia del acero de la armadura (véase el capítulo 3). La distancia de 50 mm típicamente es considerada un buen compromiso.

Ambas unidades funcionan con corriente alterna 40 Hz generada de modo digital a máx. 38 V.

### 2.3 La pantalla del Resipod



1. Resistividad medida
2. Estado de la batería
3. Indicación del rango
4. Indicación de la corriente  
20%, 40%, 60%, 80%, 100%
5. Indicación de la lectura de escala

#### Resistividad medida

La resolución en la pantalla depende de la resistividad medida y del flujo de corriente nominal. Véanse los datos técnicos.

#### Estado de la batería

El símbolo del estado de la batería será visualizado si la batería está en el 10% de su capacidad. De lo contrario estará oculto.

## Indicación del rango

Resipod dispone de dos rangos de corriente.



Indicador de rango a la derecha: rango de 200 µA

Siempre que la resistencia externa (resistencia de contacto de las dos sondas exteriores más resistencia de la muestra) no sea demasiado alta, Resipod hará fluir la corriente máxima (200 µA) a través de la muestra.



Indicador de rango a la izquierda: rango de 10 a 50 µA

Si la resistencia externa es demasiado alta, Resipod automáticamente cambiará al suministro de 50 µA.

Para resistencias todavía más altas, la unidad aplicará el voltaje máximo a través de los electrodos exteriores y detectará la corriente a través de la muestra resultante. En este caso, la resistividad visualizada será un valor calculado (voltaje a través de las sondas interiores dividido por la corriente detectada en las sondas exteriores), y la lectura será redondeada a los kΩcm más aproximados. Este modo funciona hasta una corriente mínima de 10µA (1 segmento iluminado). Por debajo de este rango se indicará "OL" [línea abierta]. (Véase "Indicación de mala conexión" más abajo).

## Indicación de la corriente



Todos los cinco segmentos iluminados indican que se está aplicando el flujo pleno de 200 µA ó 50 µA al objeto de ensayo. Si esto no es posible (véase más arriba), la pantalla visualizará esta corriente en forma del múltiplo de 10 µA más aproximado.

## Indicación de la lectura de escala

El software ResipodLink le permite al usuario la introducción de una corrección para la lectura visualizada. Esto se usará típicamente en combinación con una distancia entre sondas no estandarizada, en cuyo caso el valor de distancia entre sondas usado para calcular la resistividad deberá ser cambiado. Si se desea, también podrá usarse para introducir una corrección basada en un factor de forma.



Siempre que esté iluminado el apóstrofo al lado derecho del símbolo kΩ, indicará que ha sido aplicado un factor de corrección.

### 3 Medición de la resistividad con Resipod

#### Preparación de la superficie de hormigón

La superficie de hormigón no deberá estar revestida de ningún recubrimiento eléctricamente aislante y debería estar limpia. La cuadrícula de barras debajo de la superficie debería haberse marcado con la ayuda de un detector de barras (p. ej. el Profoscope). Si el hormigón está completamente seco, no será posible realizar ninguna medición ya que la corriente es conducida por iones en el líquido de los poros (véase 2.2). Por lo tanto, es posible que sea necesario humedecer la superficie.

#### 3.1 Realización de una medición



Una buena conexión entre el instrumento y la superficie de hormigón es el factor más importante para obtener una medición fiable. Sumergir los contactos en agua varias veces antes de ejecutar una medición; usar un recipiente poco profundo, de modo que se pueda presionar contra el fondo, con lo cual se llenarán los depósitos. Presionar el Resipod firmemente hacia abajo hasta que los dos capuchones de goma exteriores estén apoyados en la superficie que deberá ensayarse.

#### Indicación de mala conexión

En el caso de una mala conexión, el Resipod visualizará una de las alertas siguientes.



#### Indicación de línea abierta "OL"

Mala conexión de las dos sondas exteriores con la superficie de hormigón. No será posible ninguna medición.



#### Las dos sondas interiores no están haciendo contacto.

(Verificar con respecto a agujeros o puntos secos en la muestra)

#### O la resistividad de la muestra es <1kΩcm

La resistividad del material es extremadamente baja.



#### Desbordamiento

La resistividad medida está fuera de rango. Este límite depende de la distancia pero típicamente será una resistividad de >1000 kΩcm.

#### Selección de contactos

La puntas de sonda de acero son robustas y pueden usarse para rascar y eliminar una capa delgada de placa sobre la superficie, para lograr una conexión mejor. Sin embargo, el tamaño del contacto significa que no siempre será posible hacer fluir los 200µA plenos en el hormigón para obtener la resolución de medición máxima.

Para permitir esto, junto con el Resipod también se entregan almohadillas de contacto de espuma de gran área de superficie. Simplemente desencajar los contactos de acero y sustituirlos con las almohadillas de espuma. Las mismas también deberán humedecerse antes de ejecutar cualquier medición.

### **Funciones Mantener y Guardar**

Una vez que se ha obtenido una lectura estable, hacer clic en el botón Mantener en el lado del Resipod para congelar la medición actual en la pantalla.

**Mantener**



- La pantalla parpadeará para indicar el estado de “mantener”.
- Volver a hacer clic en el botón Mantener para regresar al modo “dinámico” o:



**Guardar**

- Hacer clic en el botón Guardar para grabar la medición. Aparecerá una “m” para indicar que ha sido almacenada una nueva lectura en esta ubicación de la memoria. (En el ejemplo, la lectura es la primera lectura almacenada en el objeto de memoria 2.)

### **3.2 Función de memoria**

El Resipod puede almacenar hasta 512 mediciones. La memoria está organizada de tal modo que las lecturas son almacenadas en los objetos de 1 a 19. Cada uno de los objetos puede contener hasta 99 lecturas.



Objeto 1. Lectura 1



Objeto 19. Lectura 99

Es posible controlar el número de entrada “Objeto. Lectura” más reciente simplemente pulsando el botón “Guardar” cuando el instrumento no está en modo Mantener.

## Cambio al siguiente objeto

Para cambiar al siguiente objeto, simplemente apagar el Resipod y volverlo a encender,



**Nota:** El Resipod siempre cambiará al siguiente objeto si se apaga y se vuelve a encender. Si se desea continuar midiendo en el objeto previo, simplemente eliminar la lectura actual del modo descrito más abajo y se regresará al objeto previo.

## Eliminación de una lectura



4. 3 m

La última lectura ha sido almacenada en Objeto 4. Lectura 3.

Para eliminar esta lectura, pulsar el botón Mantener para que la pantalla empiece a parpadear.



OL kΩ cm

(Si el Resipod se detiene en el aire para ello, se visualizará la pantalla de línea abierta "OL" y estará parpadeando.)

Pulsar el botón "Guardar" durante 2 segundos para eliminar la lectura.



4. 2c

Se habrá eliminado Objeto 4. Lectura 3. La pantalla mostrará una pequeña "c" para indicar que la lectura más reciente ha sido cancelada. Las lecturas posteriores pueden ser canceladas de este modo pero sólo consecutivamente. No será posible desplazarse hacia atrás y eliminar una lectura anterior.

## Indicaciones del estado de memoria

Varias pantallas especiales proporcionan información acerca del estado de la memoria.



El número de objeto es >19.

Todos los 19 objetos han sido usados. Será necesario eliminar algunas lecturas antes de continuar usando la memoria (véase más arriba).



1. --

El número de lectura es >99.

El objeto actual está lleno. Desplazarse al siguiente objeto para continuar almacenando lecturas (véase más arriba).



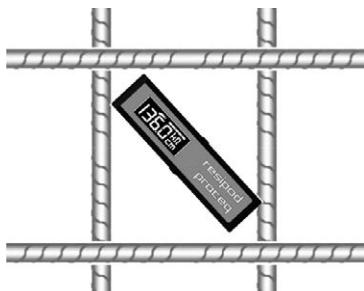
La memoria está vacía.

## 4 Mediciones de resistividad en el emplazamiento

### 4.1 Influencias

#### Influencia de barras en las mediciones de resistividad eléctrica

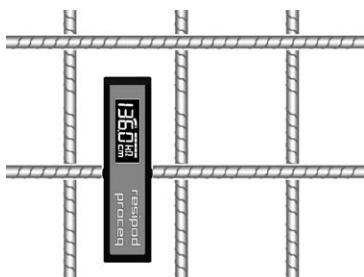
La presencia de barras perturba las mediciones de resistividad eléctrica ya que las mismas conducen la corriente mucho mejor que el hormigón a su alrededor. Esto es sobre todo el caso si la profundidad del recubrimiento es menos de 30 mm. En tanto que sea posible, las barras de armadura no deberán encontrarse directamente debajo de la sonda, y no deberán estar en posición paralela a la sonda. La orientación de medición recomendada es determinada por la distancia entre las barras en comparación con la distancia entre sondas.



La orientación óptima es una medición en diagonal a las barras del modo mostrado. Esto será posible, si la extensión de sondas es más corta que la trama de la cuadrícula de barras.

Para el Resipod de 38 mm, la extensión de sondas es de  $38 \times 3 = 114$  mm (4.5")

Para el Resipod de 50 mm, la extensión de sondas es de  $50 \times 3 = 150$  mm (5.9")



Si la distancia entre barras es tan corta que éstas no pueden esquivarse, la influencia del acero podrá minimizarse midiendo perpendicularmente a las barras del modo mostrado.

RILEM TC154-EMC: TÉCNICAS ELECTROQUÍMICAS PARA LA MEDICIÓN DE CORROSIÓN METÁLICA recomienda la ejecución de 5 lecturas del mismo lugar desplazando la sonda unos pocos mm entre cada medición y tomando la media de los 5 valores.

#### Influencia del tamaño de áridos

Como ya se había explicado en 2.2, la corriente fluye en el líquido en los poros de hormigón. Idealmente, la distancia entre sondas debería ser más grande que el tamaño de áridos máximo, ya que el material de áridos típicamente no es conductor. La distancia entre sondas variable proporcionada por el Resipod Geometric debería ser usada para tamaños de áridos que sobrepasen la distancia entre sondas estándar.

#### Influencia de la temperatura

La temperatura del hormigón debería ser medida y grabada junto con las mediciones de resistividad. La resistividad se reduce al aumentar la temperatura. Los valores de referencia para las mediciones de resistividad típicamente son citados para 20°C (68°F). Estudios empíricos han mostrado que un aumento de temperatura de un grado puede reducir la resistividad en un 3% para hormigón saturado y un 5% para hormigón seco.

#### Influencia del contenido de humedad

Un contenido de humedad más alto reducirá la resistividad. Esto puede ser a causa de saturación o a causa de un cambio de la relación agua/cemento.

## **Influencia de carbonatación**

El hormigón carbonatado dispone de una resistividad más alta que el hormigón sin carbonatación; sin embargo, siempre que la profundidad de la capa carbonatada sea significantemente más pequeña que la distancia entre sondas, el efecto de esta capa será mínima. Por consiguiente, si la capa carbonatada es gruesa, podrá ser necesario aumentar la distancia entre sondas para obtener buenos resultados.

## **4.2 Aplicaciones**

Pruebas empíricas y la teoría han mostrado que la resistividad está directamente enlazada tanto con la probabilidad de corrosión a causa de la difusión de cloruro como con la velocidad de corrosión una vez que ha tenido lugar la despasivación del acero.

### **Estimación de la probabilidad de corrosión**

Las mediciones de resistividad podrán usarse para estimar la probabilidad de corrosión. Si la resistividad eléctrica ( $\rho$ ) del hormigón es baja, aumentará la probabilidad de corrosión. Si la resistividad eléctrica es alta (p. ej. en el caso de hormigón seco y carbonatado), se reducirá la probabilidad de corrosión. Mediante pruebas empíricas se han obtenido los siguientes valores típicos para la resistividad medida, los cuales pueden ser usados para determinar la probabilidad de corrosión. Estos valores son válidos para cemento Portland corriente a 20°C.

En caso de $\geq 100 \text{ k}\Omega\text{cm}$	Riesgo de corrosión insignificante
En caso de $= 50 \text{ a } 100 \text{ k}\Omega\text{cm}$	Bajo riesgo de corrosión
En caso de $= 10 \text{ a } 50 \text{ k}\Omega\text{cm}$	Riesgo de corrosión moderado
En caso de $\leq 10 \text{ k}\Omega\text{cm}$	Alto riesgo de corrosión

### **Indicación de la velocidad de corrosión**

La siguiente interpretación de las mediciones de resistividad del sistema Wenner de cuatro sondas ha sido citada al referirse a acero despasivado (Langford y Broomfield, 1987).

$> 20 \text{ k}\Omega \text{ cm}$	Velocidad de corrosión baja
$> 10 \text{ -} 20 \text{ k}\Omega \text{ cm}$	Velocidad de corrosión baja a moderada
$5 \text{ -} 10 \text{ k}\Omega \text{ cm}$	Velocidad de corrosión alta
$< 5 \text{ k}\Omega \text{ cm}$	Velocidad de corrosión muy alta

### **Valores de referencia empíricos**

Se ha acumulado una gran cantidad de datos empíricos de resistividad mediante la realización de muchos estudios durante varios años. Los datos presentados aquí se han tomado de "Test methods for on-site measurement of resistivity of concrete – a RILEM TC-154 technical recommendation" [métodos de ensayo para la medición de resistividad de hormigón en el emplazamiento, una recomendación técnica RILEM TC-154] por Rob B. Polder. Los valores han sido convertidos en  $\text{k}\Omega\text{cm}$  para coincidir con la visualización en el Resipod. Más detalles acerca de la interpretación de los resultados pueden encontrarse en el documento antes mencionado.

## **Valores de referencia globales a 20°C para la resistividad eléctrica de hormigón de estructuras maduras (edad > 10 años).**

Ambiente	Resistividad del hormigón $\rho$ k $\Omega$ cm	
	Cemento Portland corriente (CEM I)	Cemento con escoria de alto horno (>65% escoria) o ceniza volante (>25%) o humo de sílice (5%)
Muy mojado, sumergido, zona de salpicaduras, cámara húmeda	5-20	30-100
En el exterior, expuesto	10-40	50-200
En el exterior, protegido, revestido, hidrofobizado (no carbonatado) (20°C / 80% HR)	20-50	100-400
En el exterior, protegido del modo descrito más arriba (carbonatado)	100 y más alto	200 -600 y más alto
Clima de interiores (carbonatado) 20°C / 50%HR	300 y más alto	400 -1000 y más alto

### **Cartografiado de la resistividad**

El cartografiado de la resistividad de una estructura permite realizar interpretaciones útiles comparando los valores con aquellos de la tabla más arriba. Por favor, observar que deberá tenerse en cuenta la corrección de temperatura descrita más arriba. Si las condiciones de exposición son las mismas, los valores de resistividad que varíen podrán indicar variaciones locales de la relación agua/cemento. Si se sabe que el hormigón es homogéneo a través de la estructura, las mediciones de resistividad podrán utilizarse para determinar qué tan relativamente húmedas o secas son ciertas zonas.

### **Correlación con la permeabilidad**

Estudios han mostrado que la resistividad puede ser directamente correlacionada con la velocidad de difusión de cloruro. El cartografiado en el emplazamiento de la resistividad de una estructura de hormigón identificará las zonas más permeables. En tales zonas es más alta la probabilidad de susceptibilidad a la penetración de cloruro. El modelo del Resipod de una distancia de 38 mm está en conformidad con el nuevo método de prueba de resistividad superficial AASHTO, el cual usa la resistividad superficial como una indicación de la permeabilidad de hormigón. Los detalles acerca de la prueba pueden encontrarse en la página web oficial de AASHTO: <http://aii.transportation.org/Pages/SurfaceResistivityTest.aspx>.

### **Evaluación en el emplazamiento de la eficiencia de curado**

Las mediciones de resistividad pueden usarse en el emplazamiento para determinar el secado prematuro de hormigón. Ésta es una aplicación particularmente importante en países calientes donde el secado prematuro puede causar una debilitación estructural a causa de no completarse la reacción de hidratación. El método usa la intensa dependencia de la resistividad de la humedad del hormigón. Las mediciones en el emplazamiento son comparadas con mediciones realizadas en un cilindro de referencia saturado para definir la resistividad relativa, la cual puede usarse para aislar los efectos de la humedad y, de este modo, determinar el secado prematuro. Por favor, véase “Electrical resistivity as a tool to on site assessment of curing efficiency [la resistividad eléctrica como herramienta para la evaluación en el emplazamiento de la eficiencia de curado] – por L. Fernandez Luco, C. Andrade y M.A. Climent (junio de 2009)”.

### **Mediciones de resistividad y sistemas de protección catódica**

La efectividad de un sistema de protección catódica depende en gran parte de la resistividad del hormigón. El cartografiado de la resistividad antes de la instalación permite la división de la estructura en zonas separadas que requieren diferentes niveles de flujo de corriente.

## 5 Aplicaciones de control de calidad

El modelo del Resipod de una distancia de 38 mm está en conformidad con el método de prueba de resistividad superficial AASHTO T 358, el cual usa la resistividad superficial como una indicación de la permeabilidad de hormigón. Los detalles acerca de la prueba pueden encontrarse en la página web oficial de AASHTO: <http://aii.transportation.org/Pages/SurfaceResistivityTest.aspx>.

La familia Resipod es completada con dos instrumentos más, los cuales se distinguen por su aplicación de la manera mostrada en la tabla:

Aplicación	Resipod	Resipod Geometric	Resipod Bulk Resistivity
Ensayo de resistividad superficial en cilindros estándar (4" x 8", 100 x 200mm) o (6" x 12", 150 x 300mm) con un tamaño de áridos máximo (1.5", 38mm). Distancia entre sondas fija (1.5", 38mm)	●	●	●
Ensayo de resistividad de volumen en cilindros de un diámetro de hasta 100mm (4")			●
Ensayo de resistividad superficial en cilindros no estandarizados, con tamaños de áridos que pueden ser > 1.5", 38mm		●	
Factor de corrección para la distancia entre sondas	●	●	●
Factor de corrección para la geometría de la muestra		●	
Factor de corrección definible por el usuario		●	
Distancia entre sondas variable		●	
Cartografiado de resistividad superficial in situ para: estimación de la probabilidad de corrosión, velocidad de corrosión e implementación de sistemas de protección catódica	●	●	

### 5.1 Resipod Bulk Resistivity

El accesorio comprende un soporte que permite un montaje conveniente del instrumento, cables que pueden ser fácilmente insertados en los conectores traseros y las placas de medición, con insertos de espuma conductora, apropiadas para cilindros de 4" x 8".



El soporte es adecuado para ambas versiones del Resipod (38 mm y 50 mm).



Resipod de 38 mm en el soporte



Resipod de 50 mm en el soporte

### Conexión de los cables



Los cables simplemente son conectados de la manera mostrada.

### Medición del desplazamiento

Los insertos de espuma proporcionan el contacto eléctrico con el cilindro, pero también muestran una resistencia que deberá ser medida y compensada para determinar la resistividad de volumen real del cilindro ensayado.

La resistencia de los insertos de espuma varía según la presión aplicada.

Las resistencias de los insertos superior e inferior se pueden medir de la manera siguiente:

Instalación de ensayo para medir la resistencia del inserto de espuma superior ( $R_{sup}$ ):

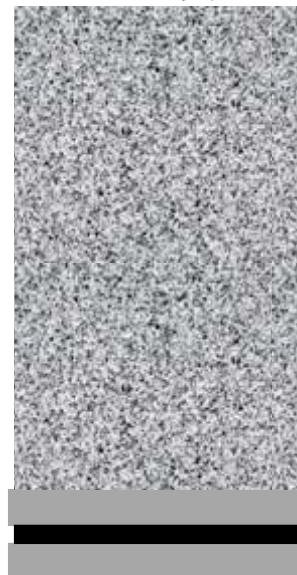


Placa superior

Inserto de espuma superior

Placa inferior

Instalación de ensayo para medir la resistencia del inserto de espuma inferior ( $R_{inf}$ ):



Cilindro ensayado

Placa superior  
Inserto de espuma inferior  
Placa inferior

Instalación de ensayo para medir la resistividad de volumen del cilindro ( $R_{medida}$ ):



Placa superior

Inserto de espuma superior

Cilindro ensayado

Inserto de espuma inferior  
Placa inferior

La resistencia medida es la suma de la resistencia del cilindro más la de los dos insertos; por lo tanto:

$$R_{cilindro} = R_{medida} - R_{sup} - R_{inf}$$

## Cálculo de la resistividad de volumen

El Resipod visualiza un número en  $\text{k}\Omega\text{cm}$ . El número obtenido de la pantalla del Resipod debe ser dividido por  $2\pi a$  (en lo que “a” es la distancia entre sondas, p. ej. o bien 3.8 cm ó 5.0 cm). Para un Resipod de una distancia entre sondas de 38mm:

Tamaño del cilindro	$2\pi a$	A (cm <sup>2</sup> )	L (cm)	A/L (cm)
4x8	23.88	81.07	20.32	3.99

La resistividad de volumen  $\rho = K \times R_{\text{cilindro}}$ , en lo que  $K = A/L$

### Ejemplo

$$R_{\text{cilindro}} = 52 \text{ k}\Omega\text{cm}$$

$$R_{\text{cilindro}} (\text{corregida}) = 52 / 23.88 = 2.18 \text{ k}\Omega$$

$$\text{Resistividad de volumen } \rho = K \times R_{\text{cilindro}} = 2.18 \times 3.99 = 8.69 \text{ k}\Omega\text{cm}$$

## Resistividad de volumen en ResipodLink

ResipodLink ofrece la posibilidad de calcular K automáticamente y descargarla al instrumento Resipod, de tal modo que la pantalla visualizará el valor correcto en  $\text{k}\Omega\text{cm}$  directamente. Véase el capítulo 9.

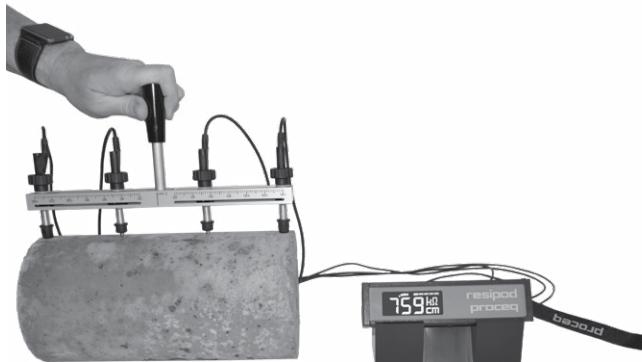
## 5.2 Resipod Geometric

El Resipod Geometric es entregado con un soporte para montar el Resipod y sondas de distancia variable que permiten variar la distancia entre sondas entre 40mm y 70mm. Esto le permite incluir tamaños de áridos más grandes.

El software ResipodLink (capítulo 9) le permite al usuario la introducción de la distancia entre sondas correcta y también de un factor de corrección geométrico para obtener la lectura de resistividad correcta directamente en el instrumento.

El Resipod Geometric está diseñado para cumplir con el proyecto de investigación más reciente destinado a ampliar los límites de la norma AASHTO T 358.

Adicionalmente, el usuario tiene la posibilidad de introducir un factor de corrección determinado por él mismo.



## 6 Unidades, piezas y accesorios

Nº de artículo	Descripción
381 10 000	Resipod, distancia entre sondas de 50mm, cinta de prueba, almohadillas de contacto de espuma, cargadora con cable USB, software, correa de carga, documentación y estuche.
381 20 000	Resipod, distancia entre sondas de 38mm (1.5"), cinta de prueba, almohadillas de contacto de espuma, cargadora con cable USB, software, correa de carga, documentación y estuche.
381 30 000	Resipod Bulk Resistivity, distancia entre sondas de 50mm, cinta de prueba, almohadillas de contacto de espuma, cargador con cable USB, software, correa de carga, documentación y estuche, accesorios de Bulk Resistivity.
381 40 000	Resipod Bulk Resistivity, distancia entre sondas de 38mm (1.5"), cinta de prueba, almohadillas de contacto de espuma, cargador con cable USB, software, correa de carga, documentación y estuche, accesorios de Bulk Resistivity.
381 50 000	Resipod Geometric, distancia entre sondas de 50mm, cinta de prueba, almohadillas de contacto de espuma, cargador con cable USB, software, correa de carga, documentación y estuche, accesorios Resipod Geometric.
381 60 000	Resipod Geometric, distancia entre sondas de 38mm, cinta de prueba, almohadillas de contacto de espuma, cargador con cable USB, software, correa de carga, documentación y estuche, accesorios Resipod Geometric.

Piezas y accesorios	Descripción
381 01 088	Accesorios de Bulk Resistivity
381 01 098	Accesorios de Resipod Geometric
381 01 094	Accesorios de distancia entre sondas variable
381 01 089	Soporte Resipod
381 01 043 S	Juego de almohadillas de contacto de espuma de repuesto (20 unidades)
381 01 092 S	Almohadillas de contacto Bulk resistivity Juego de 10 unidades
381 01 038	Cinta de prueba
381 01 031	Capuchón de contacto interno (véase la nota más abajo)
381 01 041	Capuchón de contacto externo (véase la nota más abajo)
381 01 033	Contacto completo (véase la nota más abajo)
381 01 036	Muelle de contacto
381 01 014	Cubierta de USB
381 01 070	Tecla para puerto USB
391 80 110	Correa de carga

Para sustituir uno de los contactos interiores se requerirán las piezas 381 01 031, 381 01 033 y 381 01 036.

Para sustituir uno de los contactos exteriores se requerirán las piezas 381 01 041, 381 01 033 y 381 01 036.

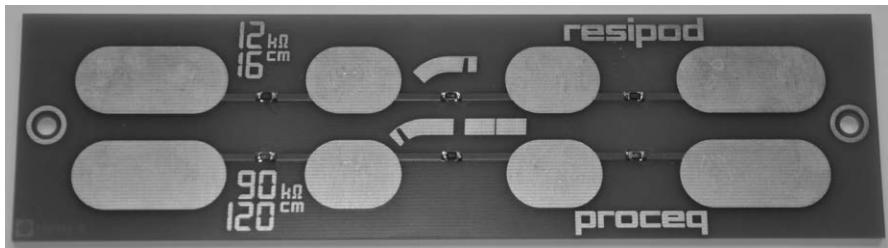
## 7 Especificaciones técnicas

Rango de medición:	De 1 k $\Omega$ cm a aprox. 1000 k $\Omega$ cm (en dependencia de la distancia entre sondas)
<b>Exactitud de medición de resistencia:</b>	
Corriente nominal de 200 $\mu$ A	$\pm 0.2$ k $\Omega$ cm ó $\pm 1\%$ (lo que sea más grande)
Corriente nominal de 50 $\mu$ A	$\pm 0.3$ k $\Omega$ cm ó $\pm 2\%$ (lo que sea más grande)
Corriente nominal <50 $\mu$ A	$\pm 2$ k $\Omega$ cm ó $\pm 5\%$ (lo que sea más grande)
Frecuencia	40 Hz
Memoria	No volátil, aprox. 500 valores medidos
Fuente de alimentación	Autonomía de >50 horas
Conexión de cargador	USB tipo B (5 V, 100 mA)
Dimensiones	197 x 53 x 69.7 mm (7.8" x 2.1" x 2.7")
Peso	318 g (11.2 oz)
Temperatura de servicio	De 0° a 50°C (de 32° a 122°F)
Temperatura de almacenamiento	De -10° a 70°C (de 14° a 158°F)

## 8 Mantenimiento y soporte

### Prueba de funcionamiento

El funcionamiento correcto del Resipod se puede verificar con la cinta de prueba entregada. La cinta de prueba se ha concebido para ser utilizada con ambos modelos del Resipod (distancias de 38 mm, 1.5" y 50 mm).



La hilera superior permite la prueba de funcionamiento usando el rango pleno de 200  $\mu$ A. La hilera inferior permite la prueba de funcionamiento usando el rango reducido de 50  $\mu$ A. Resistores hacia las almohadillas exteriores limitan la corriente máxima a aprox. 20  $\mu$ A, (únicamente dos segmentos del indicador de corriente estarán activos).

Los resultados de prueba esperados están resumidos en la tabla más abajo:

Rango de corriente	Resultado de prueba esperado Distancia de 38 mm (1.5")	Resultado de prueba esperado Distancia de 50 mm
200 $\mu$ A (hilera superior)	12 ( $\pm 0.2$ ) k $\Omega$ cm	16 ( $\pm 0.2$ ) k $\Omega$ cm
50 $\mu$ A (hilera inferior)	90 ( $\pm 1.8$ ) k $\Omega$ cm	120 ( $\pm 2.4$ ) k $\Omega$ cm

## **Limpieza de las sondas y del cuerpo**

Las sondas pueden ser desmontadas para su limpieza, sustitución o la fijación de accesorios de prueba, tales como las sondas de distancias variables. Están engatilladas, de manera que simplemente tendrán que retirarse. Poner atención a que no se pierda el muelle.

Después de la limpieza, volver a montar las sondas insertándolas en los ejes y engatillándolas firmemente. Asegurar la retención encajando el capuchón de goma a presión del modo mostrado en la figura. Los capuchones largos son para las sondas exteriores.

Las sondas no tendrán que mantenerse húmedas si la unidad no está utilizándose.

La unidad puede ser enjuagada con agua (asegurar que la cubierta de USB esté firmemente puesta). Puesto que el instrumento dispone de una impedancia de entrada extremadamente alta, verificar que el lado inferior de la caja esté limpio (suciedad o incrustaciones de sal podrán crear corrientes de fuga y producir lecturas incorrectas).

¡Nota! La gran longitud de los muelles es intencional, ya que asegura una presión constante en todas las cuatro sondas, permitiendo al mismo tiempo una desviación de  $\pm 4$  mm en las puntas interiores para acomodarse a superficies curvas o accidentadas.



## **Concepto de soporte**

Proceq provee el soporte completo para este instrumento mediante nuestro servicio postventa y establecimientos de soporte globales. Se recomienda que el usuario registre su producto en [www.proceq.com](http://www.proceq.com) para obtener las actualizaciones más recientes a disposición y otros datos de valor.

## **Garantía estándar y garantía extendida**

La garantía estándar cubre los componentes electrónicos del instrumento por 24 meses y los componentes mecánicos del instrumento por 6 meses. Es posible adquirir una garantía extendida por uno, dos o tres años adicionales para los componentes electrónicos del instrumento hasta 90 días después de la fecha de adquisición.

## 9 Software ResipodLink

### Instalación de ResipodLink



Localizar el archivo “ResipodLink Setup.exe” en el ordenador del usuario o en el CD, y hacer clic en él. Seguir la instrucciones que se visualizan en la pantalla.

Asegurar que esté marcada la casilla de verificación de “Launch USB Driver install”.

### Inicio de ResipodLink y vista de datos almacenados en Resipod



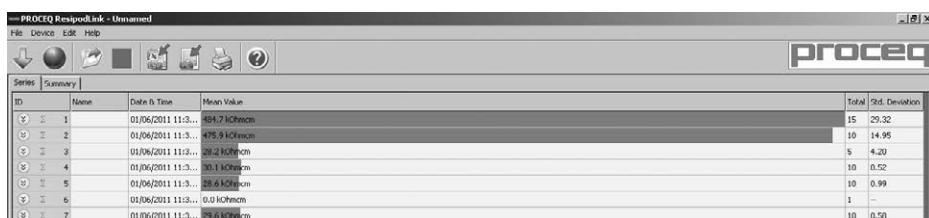
Hacer doble clic en el ícono de ResipodLink en el escritorio del usuario o iniciar ResipodLink a través del menú de inicio. ResipodLink se iniciará con una lista vacía.

### Configuración de la aplicación

El elemento de menú “Archivo – Configuración de la aplicación” le permite al usuario seleccionar el idioma y el formato de fecha y hora que deberá usarse.



Conectar el Resipod en un puerto USB; a continuación, hacer clic en este ícono para descargar todos los datos del Resipod.



Un número de “ID” identifica el objeto de medición.

La columna “Nombre” le permite al usuario asignarle un nombre al objeto de medición.

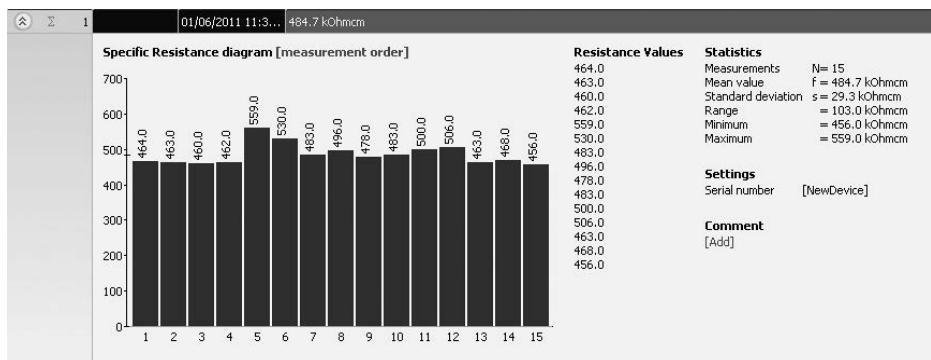
La “Fecha y hora” en la que los datos son descargados al PC.

El “Valor medio”.

El número “Total” de mediciones en esta serie.

La “Desviación estándar” de las mediciones en esta serie.

Hacer clic en el ícono de doble flecha en la columna “ID” para ver más detalles:



**Nota:** Hacer clic en “Agregar” para incorporar un comentario en el objeto.

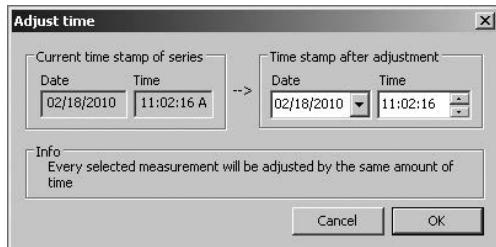
## Ventana Resumen

Además de la vista “Serie” descrita más arriba, ResipodLink también le proporciona una ventana “Resumen” al usuario. La misma es útil para ensayos de uniformidad, para identificar zonas o objetos de calidad inferior rápidamente. Hacer clic en la respectiva ficha para cambiar de una vista a la otra y viceversa.



Para incluir o excluir alguna serie del resumen, hacer clic en el símbolo de resumen en la columna ID. Este símbolo se visualizará de color “negro” o de “fondo gris”, lo cual mostrará si la serie está o no incluida en el resumen.

## Ajuste de la fecha y la hora



Hacer clic con el botón derecho del ratón en la columna “Fecha y hora”.

La hora únicamente será ajustada para la serie seleccionada.

Por favor, tener en cuenta que el Resipod no dispone de ningún reloj interno, de modo que la fecha y la hora visualizados para los datos descargados será el momento en el cual fueron descargados los mismos.

## Exportación de datos

ResipodLink le permite al usuario la exportación de objetos o el proyecto completo para su utilización en programas de terceros. Hacer clic en el (los) objeto(s) de medición que desean exportarse.



Hacer clic en el icono de “Exportar como archivo(s) CSV”. Los datos para este (estos) objeto(s) de medición serán exportados en forma de un(os) archivo(s) Microsoft Office Excel separados por coma. Las opciones de exportación pueden seleccionarse en la ventana siguiente.



Hacer clic en el icono de “Exportar como gráfico” para abrir la ventana que permitirá la selección de las varias opciones de exportación.

En ambos casos, una ventana de vista previa mostrará los efectos de la selección de emisión actual.

Terminar haciendo clic en Exportar para seleccionar la ubicación del archivo, darle un nombre al archivo y, en el caso de la emisión gráfica, ajustar el formato de emisión gráfica: .png, .bmp o .jpg.

### **Eliminación y restauración de datos**

El elemento de menú “Editar – Eliminar” permite eliminar una o varias series seleccionadas de los datos descargados.



**Nota:** Esto no eliminará los datos del Resipod, únicamente los datos en el proyecto actual.

### **Restauración de los datos descargados originales**

Seleccionar el elemento de menú “Archivo – Restaurar todos los datos originales” para restaurar los datos al formato original, del modo en el que habían sido descargados. Esto es una característica útil si se han estado manipulando los datos pero se desea regresar de nuevo a los datos sin procesar. Una advertencia será emitida para indicar que están por restaurarse los datos originales. Confirmar para restaurar.



**Nota:** Se perderá cualquier nombre o comentario que se haya agregado.

### **Eliminación de los datos almacenados en el Resipod**

Seleccionar el elemento de menú “Dispositivo – Eliminar todos los datos de medición en el Resipod” para eliminar todos los datos almacenados en el Resipod. Se emitirá una advertencia para indicar que están por eliminarse todos los datos. Confirmar para eliminar. No es posible eliminar series individuales.

### **Otras funciones**

Los siguientes elementos de menú están a disposición a través de los iconos en el borde superior de la pantalla:



Icono “PQUpgrade”: permite la actualización del firmware a través de Internet o archivos locales.



Icono “Abrir proyecto”: permite abrir un proyecto .pqr almacenado previamente.



Icono “Guardar proyecto”: permite guardar el proyecto actual.



Icono “Imprimir”: permite imprimir el proyecto. Se puede seleccionar el cuadro de diálogo de impresora si se desean imprimir todos los datos o únicamente lecturas seleccionadas.

### Ajuste de un factor de corrección

Véase el capítulo 2.2. La lectura estándar en la pantalla del Resipod indica:

Resistividad  $\rho = 2\pi a V/I$  [ $\text{k}\Omega\text{cm}$ ], en lo que “a” es la distancia entre sondas predeterminada del instrumento, (o bien 38mm ó 50mm).

El elemento de menú “Dispositivo – Ajustar configuración de medición” permite la descarga de un factor de corrección al instrumento, de modo que presentará una lectura directa de la resistividad al usarse con:

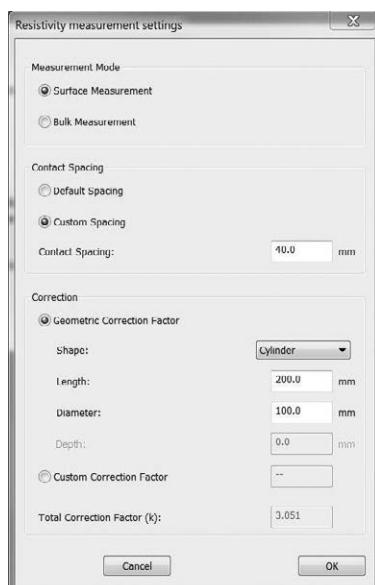
- La distancia entre sondas variable (381 01 094)
- Los accesorios Bulk Resistivity (381 01 088)
- Una geometría diferente de la muestra



**Nota:** Al estar trabajando con la norma AASHTO TP95-11 usando la versión de 38mm del Resipod, no se requerirá ninguna corrección porque ha sido considerada ya en las figuras indicadas en la norma.



**Nota:** Siempre que se ajuste alguna distancia entre contactos no estandarizada, o algún factor de corrección geométrico, serán eliminadas todas las mediciones en el Resipod. Por lo tanto, será importante guardar las mediciones almacenadas en el Resipod antes de comenzar.



## Modo de medición

- Medición de superficie para medición de sonda Wenner de 4 puntos.
- Medición de volumen para trabajar con los accesorios Bulk Resistivity.

## Distancia entre contactos

- Distancia predeterminada: o bien 38mm ó 50mm, dependiendo del modelo de Resipod.
- Distancia personalizada: con los accesorios de distancia entre sondas variable de 40mm a 70mm. También es posible ajustar una distancia más allá de este rango para el uso con cables de prolongación personalizados.

## Factor de corrección geométrico

- Plano: ajuste predeterminado usado para la medición en el emplazamiento y también para el uso con la norma AASHTO T 358.
  - Cilindro : ajuste de la longitud y el diámetro del cilindro ensayado.
- El factor de corrección de medición de superficie (k) es calculado según los resultados de la más reciente investigación.

$$k \approx \frac{2\pi}{1.09 - \frac{0.527}{d/a} + \frac{7.34}{(d/a)^2}}$$

d = diámetro del cilindro (mm), a = distancia entre sondas (mm), L = longitud del cilindro (mm)

Fórmula válida para:  $d/a \leq 4$  y  $L/a \geq 5$  (p. ej. para un cilindro de 200mm, la distancia entre sondas máxima permitida será de 40mm)

El factor de corrección de medición de volumen es calculado en conformidad con el método descrito en el capítulo 5.1:

Ejemplo:  $k = A/L = (\pi \times 5^2) / 20 = 3.927$

- Prisma: usado para cubos y prismas. Hasta ahora no ha sido implementado ningún factor de corrección para la medición de superficie. La medición de volumen es calculada en conformidad con el método descrito en el capítulo 5.1.
- Factor de corrección personalizado: para factores de corrección definidos por el usuario; seleccionar esta opción e introducir el valor de corrección directamente.  
De no haber sido seleccionado, el valor visualizado aquí indicará el valor de corrección (k) calculado a base de las opciones seleccionadas más arriba.

## Descarga del factor de corrección al Resipod

- Completar la acción pulsando Aceptar. Se visualizará una advertencia indicando que serán eliminadas todas las mediciones actualmente guardadas en el Resipod.

136.0' kΩ cm

Un apóstrofo aparecerá a la derecha del símbolo  $k\Omega$  para indicar que ha sido ajustado un factor de corrección.

Corrección aplicada =  $2\pi a/k$  ("a" en cm).

## Visualización de los valores de resistividad corregidos en ResipodLink

La configuración de corrección es registrada junto con los datos de medición y en ResipodLink de la manera mostrada en este ejemplo de una medición de resistividad de volumen

ID	Name	Date & Time	Mean Value
1		12/05/2012 ...	150.5 kΩcm
<b>Specific Resistance diagram</b> kΩcm		<b>Resistance Values</b>	<b>Statistics</b>
200		150.5 kΩcm	Measurements N = 1
200		Mean value f = 150.5 kΩcm	Mean value f = 150.5 kΩcm
200		Standard deviation s = -- kΩcm	Standard deviation s = -- kΩcm
200		Range = -- kΩcm	Range = -- kΩcm
200		Minimum = 150.5 kΩcm	Minimum = 150.5 kΩcm
200		Maximum = 150.5 kΩcm	Maximum = 150.5 kΩcm
<b>Settings</b>			
Serial number RP01-002-0122			
Measurement Mode Bulk			
Specimen Shape Cylinder			
Length 200.0 mm			
Diameter 100.0 mm			
Custom Correction 3.927			
<b>Comment</b>			
[Add]			

## Notas

## Notas

**Proceq Europe**

Ringstrasse 2

CH-8603 Schwerzenbach

Teléfono: +41 -43-355 38 00

Fax: +41 -43-355 38 12

info-europe@proceq.com

**Proceq UK Ltd.**

Bedford i-lab, Priory Business Park

Stannard Way

Bedford MK44 3RZ

Reino Unido

Teléfono +44-12-3483-4515

info-uk@proceq.com

**Proceq USA, Inc.**

117 Corporation Drive

Aliquippa, PA 15001

Teléfono: +1-724-512-0330

Fax: +1-724-512-0331

info-usa@proceq.com

**Proceq Asia Pte Ltd**

12 New Industrial Road

#02-02A Morningstar Centre

Singapore 536202

Teléfono: +65-6382-3966

Fax: +65 -6382-3307

info-asia@proceq.com

**Proceq Rus LLC**

Ul.Optikov 4

Korp. 2, lit. A, Office 410

197374 St. Petersburg

Rusia

Teléfono/Fax: + 7 812 448 35 00

info-russia@proceq.com

**Proceq Middle East**

P. O. Box 8365, SAIF Zone,

Sharjah, Emiratos Arabes Unidos

Teléfono: +971-6-557-8505

Fax: +971-6-557-8606

info-middleeast@proceq.com

**Proceq SAO Ltd.**

Rua Paes Leme, 136, cj 610

Pinheiros, São Paulo

Brasil Cep. 05424-010

Teléfono: +55 11 3083 38 89

info-southamerica@proceq.com

**Proceq China**

Unit B, 19th Floor

Five Continent International Mansion, No. 807

Zhao Jia Bang Road

Shanghai, 200032

Teléfono: +86 21-63177479

Fax: +86 21 63175015

info-china@proceq.com

**www.proceq.com**

Sujeto a modificaciones sin previo aviso.

Copyright © 2017 por Proceq SA, Schwerzenbach, Suiza

Número de artículo: 82038104S

The logo for Proceq, featuring the brand name in a bold, blue, sans-serif font.