

## Propiedades de los materiales aislantes y de cubierta para cables y conductores

Solo para los materiales básicos. Son posibles diferencias en función de la aplicación o la ejecución. Consulte al respecto la página correspondiente del catálogo.

| Criterios para el uso                                 | Material                                   |                       |             |                  |                        |   |
|---|--|-----------------------|-------------|------------------|------------------------|---|
|   | Material resistente a aceites biológicos   | Cloruro de polivinilo | Poliétileno | Poliuretano      | Poli tetrafluoretileno | Copolímero de tetrafluoretileno hexafluoropropileno |
| <b>Parámetros</b>                                     |  |                       |             |                  |                        |   |
| Abreviatura   | TPE especial                               | PVC                   | PE          | PUR              | PTFE                   | FEP   |
| Siglas según VDE                                      | —  | Y                     | 2Y          | 11Y              | 5Y                     | 6Y  |
| Temperatura de uso                                    | -50<br>+120                                | -30<br>+70            | -50<br>+70  | -50<br>+90       | -190<br>+260           | -100<br>+200  |
| Constante dieléctrica                                 | 2,4  | 4,0                   | 2,3         | 4,0 – 6,0        | 2,1                    | 2,1   |
| Resistividad de volumen ( $\Omega \times \text{cm}$ ) | $10^{15}$                                  | $10^{12} - 10^{15}$   | $10^{17}$   | $10^{12}$        | $10^{18}$              | $10^{18}$   |
| Resistencia a la tracción N/mm <sup>2</sup> (MPa)     | 5 – 20                                     | 10 – 25               | 15 – 30     | 15 – 45          | 15 – 40                | 20 – 25   |
| Alargamiento de rotura %                              | 400 – 600                                  | 150 – 400             | 400 – 800   | 300 – 600        | 240 – 400              | 250 – 350   |
| Absorción de agua (20 °C) %                           | 1 – 2                                      | 0,4                   | 0,1         | 1,5              | 0,01                   | 0,01  |
| Resistencia a la intemperie                           | muy buena                                  | buena                 | buena       | muy buena        | muy buena              | muy buena   |
| Resistencia a carburantes                             | buena                                      | moderada              | moderada    | buena            | muy buena              | muy buena   |
| Resistencia a aceites                                 | Resistencia a aceites biológicos muy buena | moderada              | moderada    | buena            | muy buena              | muy buena   |
| Inflamabilidad  | inflamable                                 | autoextinguible       | inflamable  | autoextinguible* | no inflamable          | no inflamable                                       |

| Criterios para el uso                                 | Material                  |                      |                         |                                   |   |  |
|---|---------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|
|   | Etileno tetrafluoretileno | Caucho de cloropreno | Caucho de silicona      | Caucho de etileno propileno dieno | Elastómero termoplástico basado en poliolefinas | Elastómero termoplástico basado en poliéster |
| <b>Parámetros</b>                                     |                           |                      |                         |                                   |   |  |
| Abreviatura   | ETFE                      | CR                   | SI                      | EPDM                              | TPE-O   | TPE-E  |
| Siglas según VDE                                      | 7Y                        | 5G                   | 2G                      | 3G                                | —   | 12Y  |
| Temperatura de uso                                    | -100<br>+150              | -40<br>+100          | -60<br>+180             | -30<br>+120                       | -40<br>+120                                     | -70<br>+125                                  |
| Constante dieléctrica                                 | 2,6                       | 6,0 – 8,0            | 2,8 – 3,2               | 3,2                               | 2,7 – 3,6                                       | 3,7 – 5,1                                    |
| Resistividad de volumen ( $\Omega \times \text{cm}$ ) | $10^{16}$                 | $10^{13}$            | $10^{15}$               | $10^{14}$                         | $5 \times 10^{14}$                              | $10^{12}$                                    |
| Resistencia a la tracción N/mm <sup>2</sup> (MPa)     | 40 – 50                   | 10 – 25              | 5 – 10                  | 5 – 25                            | $\geq 6$  | 3 – 25                                       |
| Alargamiento de rotura %                              | 100 – 300                 | 300 – 450            | 200 – 350               | 200 – 450                         | $\geq 400$                                      | 280 – 650                                    |
| Absorción de agua (20 °C) %                           | 0,01                      | 1                    | 1,0                     | 0,02                              | 1,5   | 0,3 – 0,6                                    |
| Resistencia a la intemperie                           | muy buena                 | muy buena            | muy buena               | buena                             | moderada  | muy buena                                    |
| Resistencia a carburantes                             | muy buena                 | moderada             | baja                    | moderada                          | moderada  | buena  |
| Resistencia a aceites                                 | muy buena                 | buena                | moderada                | moderada                          | moderada  | muy buena                                    |
| Inflamabilidad  | no inflamable             | autoextinguible      | difícilmente inflamable | inflamable                        | inflamable                                      | inflamable                                   |

\* solo con un inhibidor de llamas adicional

## Resistencia de aislamiento

El aislamiento de cables y conductores se utiliza para aislar eléctricamente las almas de los conductores. Por esta razón, en comparación con el conductor, el aislamiento debe tener resistencia eléctrica muy alta (que también se puede expresar como una conductividad baja).

Para lograr este objetivo, se pueden utilizar diferentes materiales. Las propiedades mecánicas y eléctricas de estos materiales pueden diferir. Los materiales más utilizados son mezclas a base de PVC, PE o TPE.

### Terminología

Se utilizan diferentes términos para describir la resistencia de aislamiento. Para ayudar a diferenciar y entender mejor estos términos, estos se explican brevemente aquí.

### La resistencia de volumen

Valor de resistencia que resulta de la medición de una muestra de ensayo cuando se aplica una tensión CC. Es el resultado de la tensión de ensayo aplicada a los dos electrodos, que se unen a las superficies de la muestra de ensayo (por ejemplo, aislamiento de conductor), y la corriente entre estos electrodos.

### Resistividad de volumen (resistencia de contacto específico)

Es un valor relativo que depende de las propiedades del material en términos de aislamiento eléctrico. En la práctica, este valor se refiere a una unidad de volumen; por lo general se especifica en  $\Omega \times \text{cm}$ . Para el aislamiento de un conductor de PVC un valor típico es:  $> 20 \text{ G}\Omega \times \text{cm}$

### Resistencia de aislamiento

La resistencia de aislamiento para un cable puede determinarse a partir de la resistividad de volumen y la relación del diámetro exterior del núcleo con el diámetro del conductor. Las unidades típicas de medida son  $\text{M}\Omega \times \text{km}$  o  $\text{G}\Omega \times \text{km}$ .

En las normas de tipo de cables y conductores, suelen ser necesarios los valores mínimos de la resistencia de aislamiento. Estos valores se especifican para la temperatura máxima de funcionamiento como una función de la sección de pared de aislamiento y el espesor transversal nominal.

Ejemplo: Para un cable de control H05VV5-F resistente al aceite, estos valores se definen en la norma EN 50525-2-51. El valor mínimo de la resistencia de aislamiento de un cable de  $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$  debe ser al menos de  $0,010 \text{ m}\Omega \times \text{km}$ .

Los valores del mundo real son a menudo de un orden de magnitud superior a estos valores, muy por encima de los requisitos de la norma.

### Métodos de medición

Debe diferenciarse entre las mediciones de laboratorio realizadas en un conductor para probar las medidas de aislamiento y las medidas a los cables ya instalados en aplicaciones reales.

### Determinación de la resistencia de aislamiento y la resistividad de volumen del conductor

La demostración de cumplimiento de los requisitos antes mencionados se logra con mediciones de acuerdo a la norma EN 50395 (VDE 0481-395). Para este propósito se necesita una muestra de 5 metros del cable, que debe estar desnudo (sin cubierta). Los conductores se colocan en un baño de agua durante 2 horas. El baño de agua debe haberse calentado previamente a la temperatura máxima de trabajo del cable (válido para cables con una temperatura máxima del conductor de hasta a  $90 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Entre el conductor y el baño de agua, se aplican entre  $80 - 500 \text{ V DC}$

y después de 1 minuto, se mide la resistencia de aislamiento de cada conductor. Con este valor, se calcula la resistencia de aislamiento de una longitud de 1 km para cada conductor. Ninguno de los valores calculados pueden estar por debajo del valor mínimo especificado en la norma tipo. Consulte el ejemplo anteriormente en "Resistencia de aislamiento".

La resistividad de volumen se puede utilizar para las comparaciones, ya que es una constante del material y es independiente del espesor de pared de aislamiento y la sección del conductor.

En las aplicaciones prácticas se utilizan estos valores para comparar diferentes materiales y representan un método de medición reproducible para los fabricantes de cables y conductores.

### Mediciones en cables completos (terminados)

Los valores anteriores no se pueden comparar con valores de resistencia que se determinan utilizando una "medición en seco" en el cable completo o en cables instalados. En estos casos, el valor de resistencia se determina utilizando la corriente de fuga entre dos conductores adyacentes de un mismo cable y la tensión de medición del medidor.

Los valores determinados usando este método tienen una variabilidad muy alta, ya que se ven influenciados por numerosos factores, tales como:

- Acondicionamiento del cable, en particular, la absorción de humedad por parte del aislamiento
- Las condiciones climáticas durante las mediciones, en particular, la temperatura del cable
- Las condiciones de contacto individuales de aislamiento de ambos conductores
- La conductividad de los materiales que tienen un contacto superficie común a los conductores aislados
- La situación de instalación del cable, como por ejemplo los lugares en los que el cable está sometido a presión externa, por ejemplo, debido a la flexión o a elementos de sujeción (ej.: prensaestopas), que pueden dar lugar a una deformación del aislamiento. Esto aumenta el área de contacto entre los conductores aislados, lo que aumenta la corriente de fuga y resulta en un valor inferior de resistencia de aislamiento.

Los efectos antes mencionados de temperatura y humedad del aire son significativos y varían mucho en aplicaciones prácticas, ya que las condiciones no están estandarizadas. Por ejemplo, las mediciones han demostrado que entre el  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  (temperatura ambiente común) y  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  (temperatura de funcionamiento máxima del cable) la resistencia de aislamiento puede cambiar por un factor de 1:100 a 1:1.000. Esto significa que la temperatura durante la medición tiene un efecto tal, que los resultados medidos a diferentes temperaturas ya no son comparables.

### Conclusión

Los datos proporcionados anteriormente sobre los cables pueden ser utilizados para comparar los diferentes tipos de cables, pero en ningún caso pueden ser utilizados para comparar con mediciones de cables terminados o sistemas eléctricos (como según VDE 0100-600 Parte 6).