



Mediciones de diagnóstico y análisis estadístico

Predicción fiable de la vida útil residual de cables de media tensión

Con un flujo de trabajo continuo desde el diagnóstico de cables hasta la evaluación, Baur GmbH ofrece a los gestores de activos una solución que les permite diagnosticar el estado de los cables de media tensión. Ahora, esta posibilidad se complementa con la estimación estadística de la vida útil del cable. Conocer el periodo de uso remanente permite planificar con más exactitud las inversiones en sustituciones y, a menudo, posponerlas un par de años.

Para los gestores de activos, cada vez resulta más difícil dar mantenimiento a las redes de distribución con los presupuestos disponibles. Muchos cables de media tensión se tendieron hace décadas y ahora tienen una edad en la que es más probable que fallen. A ello se suma, hoy en día, el esfuerzo adicional que a menudo soportan las redes por estar sometidas a una carga mayor debido al aumento del consumo o a la alimentación eléctrica descentralizada.

Mantenimiento según el estado en lugar de por intervalos

En estas condiciones, garantizar la alta disponibilidad de una red de media tensión, con eficiencia en los costes y pocos

fallos, solo es posible mediante una evaluación del estado de los cables. Gracias a ella, las inversiones en reparaciones y las inversiones en sustituciones se pueden planificar no partiendo de la edad (Imagen 1), sino del grado de envejecimiento real (Imagen 2). De lo contrario, los cables que han envejecido más rápido de lo esperado causarían fallos en la red, o los cables que siguen intactos se cambiarían antes de lo necesario. Ambos casos darían como resultado una relación coste-utilidad desfavorable.

Para evaluar el estado de los cables de media tensión, se han implantado dos métodos de diagnóstico: la medición de descargas parciales y la medición del factor de disipación (también llamada

medición de $\tan \delta$). La medición de descargas parciales es un procedimiento local. Con ella se pueden detectar, por ejemplo, defectos en accesorios o descargas parciales locales en un aislamiento plástico dañado y un aislamiento insuficiente de papel impregnado. La medición indica, además de los valores de la descarga parcial, la distancia hasta el punto de avería, simplificando así la búsqueda de los lugares que es preciso observar o reparar.

El factor de disipación proporciona indicios del envejecimiento real

La medición del factor de disipación, cuya evaluación se describe a continuación, es un procedimiento no destructivo para va-

lorar todo el tendido de cable medido. Con ella se obtienen indicaciones de arborescencias de agua (aislamiento dañado por el agua en cables con aislamiento plástico), así como de puntos de avería en el aislamiento de cables con aislamiento de papel impregnado, humedad en accesorios y posibles descargas parciales. Puesto que el factor de disipación aumenta cuando lo hacen las arborescencias de agua en el aislamiento, el valor constituye un indicio de la calidad aislante. En los cables nuevos, el factor de disipación es casi nulo. A medida que el cable envejece, este valor aumenta debido a las citadas influencias de la humedad en el aislamiento plástico.

Ya con la medición del factor de disipación, se pueden extraer conclusiones sobre el estado del cable. El Software Baur 4.0 permite al usuario utilizar secuencias de diagnóstico estandarizadas o definidas por él mismo, así como realizar las primeras evaluaciones incluso durante los ciclos de medición. Gracias al uso de unos ciclos de medición homogéneos y a la posibilidad de comparar resultados, los gestores de activos pueden contar con una evaluación objetiva del estado de la red de cables, lo que les proporciona una buena base para decidir cómo planificar el mantenimiento.

Estimación estadística de la vida útil residual

Con el nuevo software independiente statex, los resultados de medición se pueden evaluar más ampliamente, sobre todo para cables con aislamiento plástico (Imagen 3). statex está distribuido exclusivamente por Baur y ha sido desarrollado conjuntamente con la compañía Korea Electric Power Corporation (Kepeco). Esta empresa opera en Corea del Sur una red eléctrica que incluye, entre otros elementos, 41000 km de cables subterráneos ($U_0 = 13,2 \text{ kV}$). Con el fin de configurar un mantenimiento de redes lo más económico posible, Kepeco empezó a dedicarse intensamente al diagnóstico de cables hace cerca de diez años y comparó los procedimientos que eran habituales por aquel entonces. Tras realizar esa comparación, este operador de redes eligió la medición de descargas parciales y la medición del factor de disipación con fuentes de tensión sinusoidal VLF (Very Low Frequency). A continuación, Kepeco desarrolló, en colaboración con la universidad coreana de Mokpo, un método y un software que permiten predecir la vida útil residual. Baur y Kepeco han desarrollado el sof-

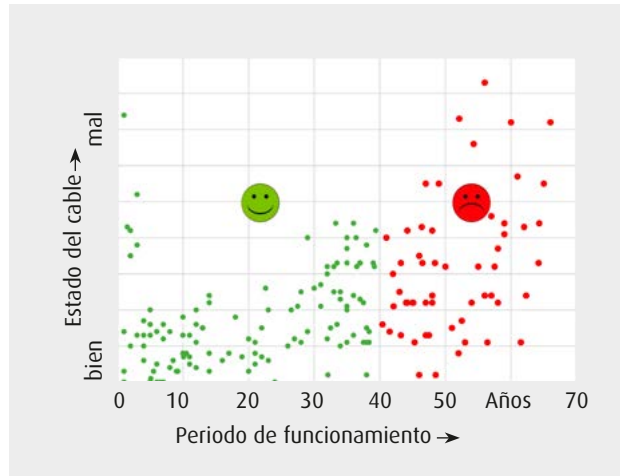


Imagen 1. Una estrategia de sustitución basada en la edad absoluta tendría como consecuencia la sustitución de muchos cables aún intactos (representados en la zona inferior derecha del diagrama).

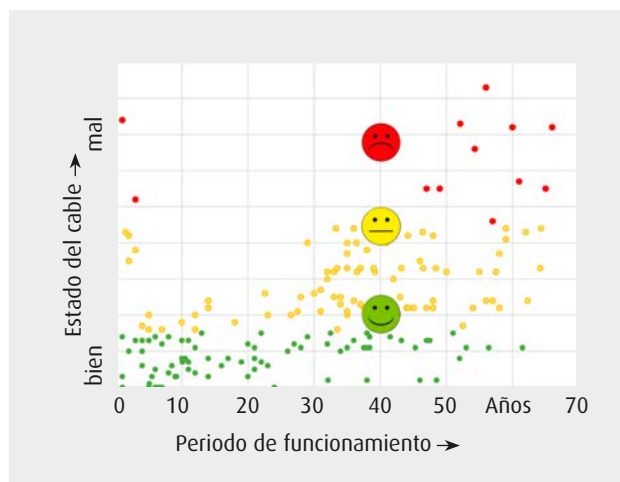


Imagen 2. Un cuidado de la red guiado por el estado de la misma y basado en mediciones de diagnóstico permite seguir utilizando los cables antiguos aún intactos, además de detectar y cambiar a tiempo los más recientes que estén en mal estado. Con ello, se minimizan los costes y aumenta la disponibilidad de la red.

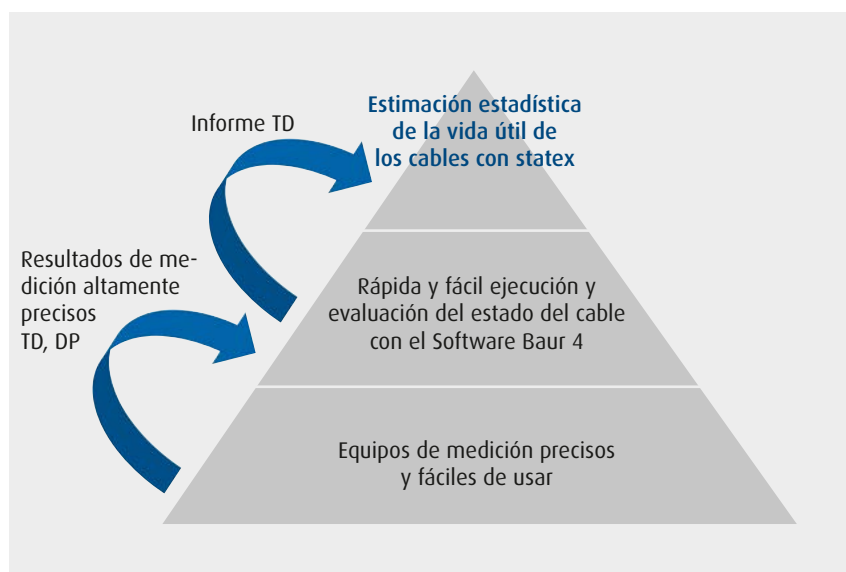


Imagen 3. Con el nuevo software statex, a partir de los valores de la medición del factor de disipación se puede predecir la vida útil residual de los cables de media tensión.

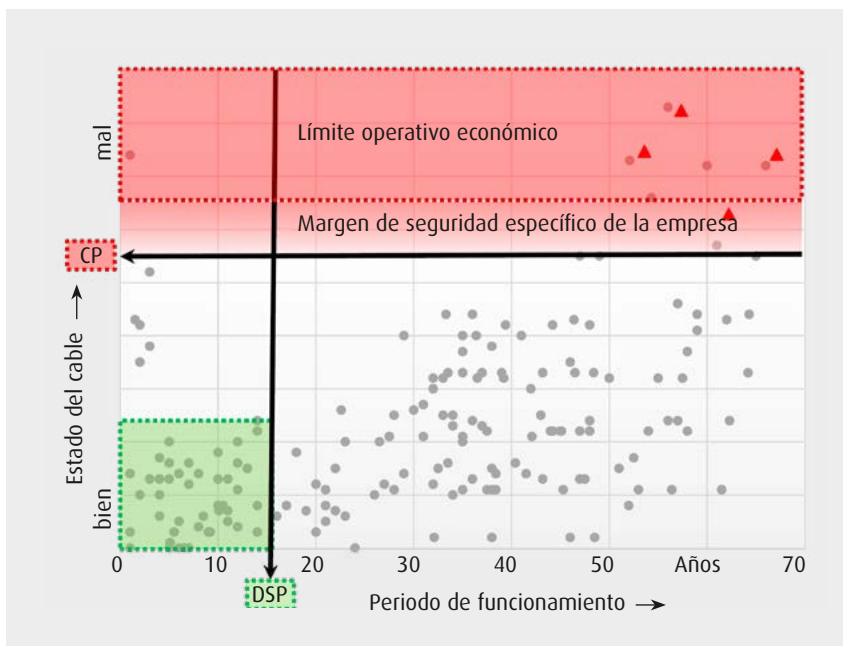


Imagen 4. En los cables XLPE, lo habitual es que el proceso de envejecimiento no comience hasta después de diez años, cuando los antioxidantes presentes en el aislamiento del cable están desgaseificados y se forman las primeras arborescencias de agua.

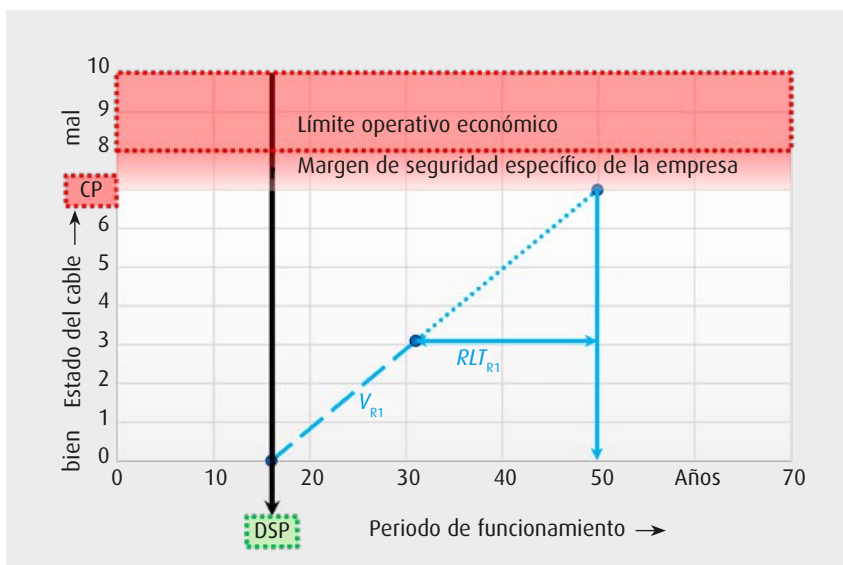


Imagen 5. El software stutex puede, mediante los valores de medición $\tan \delta$, calcular el índice de envejecimiento y estimar la vida útil residual del cable.

ware adecuado para ello, que ahora se puede adquirir con el nombre de stutex. Se ha aplicado a los valores de medición de muchos miles de cables con aislamiento plástico. Hasta hoy se han incorporado alrededor de 90000 resultados de medición.

Calcular el índice de envejecimiento a partir de los valores de medición

Para calcular la vida útil residual de un cable XLPE, son esenciales tres aspectos:

- Cuándo comienza el envejecimiento
- A qué velocidad progresa el envejecimiento
- A partir de qué estado se clasifica el cable como crítico

En cuanto al momento en que comienzan a envejecer los aislamientos plásticos (Imagen 4), el Kepco Research Institute ha efectuado análisis para averiguarlo. Para los cables de Kepco, el Degradation Starting Point (DSP) rondaba en promedio los 13 años.

El índice de envejecimiento del cable medido es el resultado de

$$R = \sqrt{TD_{norm}^2 + DTD_{norm}^2 + TD_{skirt}^2}$$

TD_{norm} es el valor de $\tan \delta$ y DTD_{norm} la diferencia (Delta) de $\tan \delta$. TD_{skirt} indica con qué estabilidad se comporta el factor de disipación a lo largo de varios valores de medición, ya que en los cables con pérdida de aislamiento pueden detectarse indicios. Por ejemplo, el aumento o la disminución constante del valor $\tan \delta$, o su fluctuación dentro de un nivel de tensión, pueden dar indicios de su grado de envejecimiento.

Para determinar TD_{skirt} , se traza una línea virtual entre el valor más grande y el más pequeño de $\tan \delta$ a partir de ocho mediciones consecutivas. Una tendencia lineal (ascendente) en los valores de medición señala una alteración en las pérdidas dieléctricas del aislamiento del cable. En cambio, una tendencia descendente o no lineal suele ser indicio de humedad o descargas eléctricas en uno o varios accesorios.

Determinar la vida útil residual con solo una medición de $\tan \delta$

El índice de envejecimiento R se puede calcular mediante una medición del factor de disipación (Imagen 5). Si la medición se repite varias veces en el mismo cable, el software estadístico tiene en cuenta los nuevos resultados y afina el pronóstico (Imagen 6). A partir del índice de envejecimiento y la edad real menos el DSP, se puede calcular la velocidad de envejecimiento y, con ello, el periodo de tiempo en el que se alcanzará un punto crítico. En el Life Time Wizard del software, los usuarios pueden definir ellos mismos el punto crítico para cada tipo de cable y, de ese modo, incorporar un plus de seguridad individual. También se puede predeterminar el DSP. Además de comunicar la vida útil residual estimada, el software recomienda cuándo se debe realizar el siguiente diagnóstico de cables o para cuándo se deben planear los trabajos de mantenimiento o la sustitución del cable.

Como información complementaria, stutex proporciona, para el cable o los cables medidos, una visualización tridimensional de los valores de medición (Imagen 7). En esta visualización en 3D, los usuarios pueden ver comparativas con otros valores de medición propios o resultados de Kepco guardados en stutex y comparar entre sí los estados de los cables.

Predicciones más fiables sobre la vida útil residual

En Kepco, statex se utiliza desde hace ya algunos años. Gracias a este software, fue posible posponer algunas inversiones al determinar que los cables medidos estaban, de media, en un estado mejor que el que su edad permitía suponer. En los cables medidos más antiguos, el número de averías por km era incluso menor que en los cables que aún no habían alcanzado el DSP (en este caso: 13 años). Si Kepco hubiera planificado sus inversiones en sustituciones basándose en la medición del factor de disipación y en la evaluación según IEEE 400.2, hubiera tenido que cambiar 255 de los 15.000 kilómetros de cable medidos. Sin embargo, statex permitió calcular que solo se debían cambiar urgentemente 54 kilómetros de cable. En comparación con los criterios del IEEE, el resultado fue, en promedio, una vida útil residual alrededor de once años más larga.

Distintas versiones de software

Con statex, los clientes de Baur disfrutaban en exclusiva de la posibilidad de predecir la vida útil residual. statex se puede adquirir con distintos modelos de licencia:

- statex Core permite el mantenimiento y la monitorización de datos de cable en la base de datos, así como su administración. Además, con la versión Core se puede calcular el índice de envejecimiento R, realizar un análisis del estado, crear una gráfica en 3D y elaborar informes.
- statex Pro ofrece además una función que permite determinar la vida útil residual estadística. La versión Pro contiene un Life Time Wizard en el que los usuarios pueden introducir un DSP individual (el punto de inicio del proceso de envejecimiento) y un Critical Point (punto crítico) basado en la experiencia propia. Junto con la licencia de software, se ofrece al cliente una formación introductoria de dos días en su propia empresa y otro curso de dos días para profundizar los conocimientos adquiridos. Mediante una licencia adicional, otros trabajadores pueden acceder a la base de datos de statex Pro. Sin embargo, el Life Time Wizard solamente puede configurarlo un usuario a fin de garantizar la consistencia de los datos.

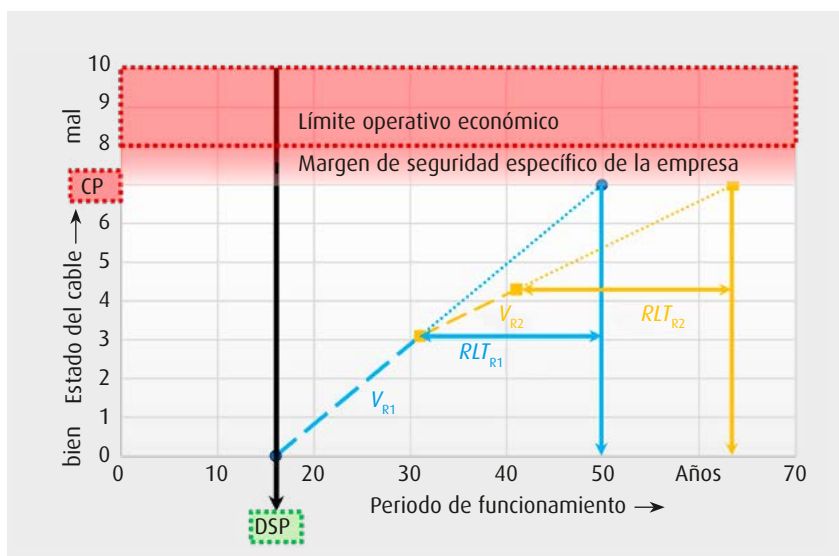


Imagen 6. Si las mediciones se repiten, statex vuelve a calcular la vida útil residual.

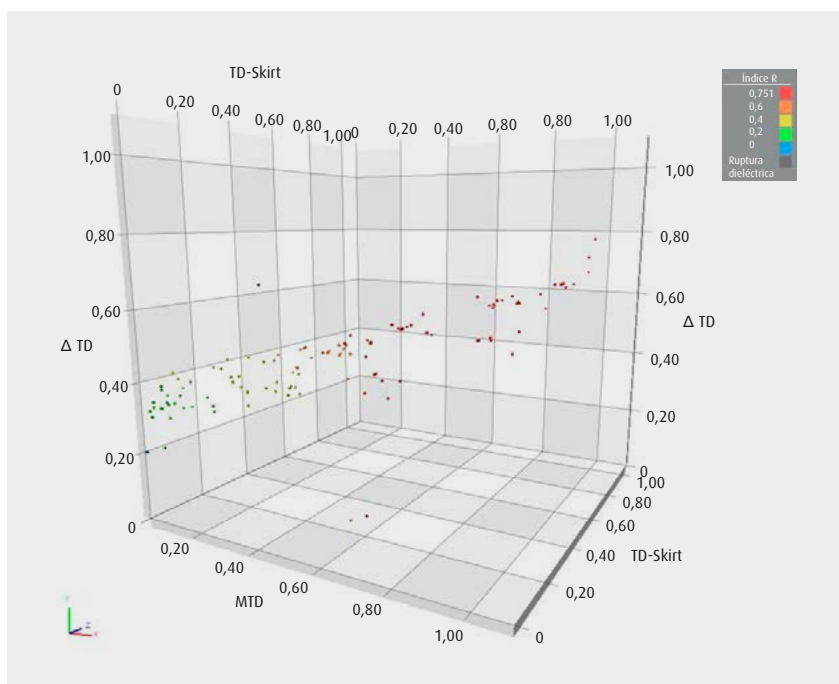


Imagen 7. Visualización, en una gráfica tridimensional, del índice de envejecimiento R (véase la leyenda) de todas las fases medidas. Cada punto representa el estado de una fase medida.

statex proporciona información y recomendaciones al gestor de activos

Gracias a la combinación de la tecnología de medición VLF, el software Baur para mediciones y la interpretación inmediata de los valores, además del software statex para la predicción estadística de la vida útil residual de los cables, los gestores de activos tienen a su disposición toda una serie de herramientas para optimizar aún más el coste del mantenimiento de sus redes de distribución. Gracias los re-

sultados que arroja el software statex, los cables de media tensión se pueden utilizar, en promedio, unos cuantos años más de lo que sería posible si se tomara como base su edad absoluta, la evaluación de su estado según criterios del IEEE o su clasificación según los valores de $\tan \delta$.

- >> **Martin Jenny**,
Director de Gestión de productos,
Baur GmbH, Sulz/Austria
- >> headoffice@baur.at
- >> www.baur.at