

ENSAYOS PREVIOS

“Mejor es prevenir que curar”

Erasmus de Rotterdam, *Colección de adagios*

Las verificaciones eléctricas previas a la primera puesta en servicio o después de una modificación o reparación, consisten principalmente en determinar si los conductores y elementos asociados tienen su debida continuidad eléctrica y si sus aislamientos se encuentran en buen estado.

Dichas comprobaciones propenden a revelar eventuales averías potenciales y/o manipulaciones desafortunadas durante la ejecución de los trabajos, que de no manifestarse en la ocasión podrían ser causa sorpresiva de precariedad de servicio, daños al equipamiento conectado, y peor aún, electrocución e incendio. Con frecuencia en nuestro legítimo afán de trabajar debemos asumir la responsabilidad de intervenir en instalaciones existentes acerca de cuya ejecución no tenemos constancias aunque sí sospechas.

Algunos de los ensayos eléctricos que pasaremos a mencionar ayudarán a revelar vicios ocultos cuya manifestación permitirá prevenir males mayores.

Continuidad

Hemos subrayado la importancia de esta verificación porque si bien las interrupciones de con-

Por Prof. Luis Miravalles
 Consultor en Formación
 Profesional
 mrvlls.ls@gmail.com

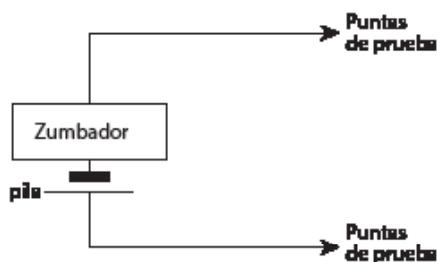


ductores activos en monofásica, se manifiestan pasivamente como “falta de corriente”, un neutro interrumpido en trifásica dará lugar a sobretensiones y subtensiones variables y duraderas capaces, además, de provocar daños permanentes. Peor si la anomalía corresponde a conductores de protección (PE, FE) que no “avisan” hasta que una primera avería, en vez de hacer disparar la protección aguas arriba, contamina a los artefactos conectados convirtiéndolos en propagadores del riesgo originado precisamente por la avería que debían proteger.

La prueba de continuidad consiste en verificar resistencias de muy bajo valor que corresponden a la de los conductores y de los contactos cerrados de los interruptores, a la de los empalmes y otro tipo de conexiones, y de los fusibles si los hubiese. Esta prueba permite por añadidura la constatación de que los conductores han sido conectados como corresponde (sin permutaciones erróneas, por ejem-

plo: vivo por neutro, PE por neutro) revelando de paso eventuales cortocircuitos previos a la puesta en servicio, algunos de los cuales no siempre se manifiestan (corto PE-neutro, por ejemplo).

Una verificación rápida de continuidad se logra con la ayuda de la chicharra o zumbador del multímetro que releva al operador de tener que estar mirando la escala del instrumento cuando lo que se debe mirar muy bien es la inserción de las puntas de prueba en los contactos que correspondan. De no contarse con el dispositivo mencionado, se puede improvisar uno mediante una chicharra o zumbador de despertador, una pila y un juego de puntas de prueba (*attenti* a la calidad de las puntas de prueba: algunas vienen con un baño anticorrosivo de alta resistencia de contacto). A poco de comenzar su uso, el dispositivo pasará a ser un auxiliar irremplazable.



Va de suyo que la constatación precisa se logrará solo con un puente de resistencias dado que los valores suelen ser tan reducidos, que el óhmetro del *tester* será inadecuado no solo por su escala sino muy especialmente por la resistencia de contacto de sus puntas de prueba: un puente de resistencias, en cambio, completa su circuito interno en las morzas de conexión, al extremo del bucle creado cortocircuitando el extremo remoto de un par de los conductores bajo prueba. Para tener una idea de lo reducido que son estos valores acudimos a una

de las tablas de un importante fabricante de cables: veamos qué pasa con una línea de 2 x 2,5 mm² cuya longitud sea de 20 m: cortocircuitada en el extremo remoto, el bucle tendrá 40 m (0,04 km), y su resistencia a razón de los casi 8 Ω/km declarados por el fabricante, nos dará $8 \times 0,04 = 0,32 \Omega$, resistencia tan baja que, aunque la escala del *tester* nos permitiese apreciarla, las resistencias de contacto de las puntas de prueba y la de sus conductores asociados enmascararían la medición. A falta de un puente de resistencias, una batería de 12 V (máxima tensión reglamentaria para pruebas de continuidad) establecería una corriente de $12/0,32 = 37,5 \text{ A}$, prueba última capaz de mostrarnos el comportamiento no solo de los conductores sino también de las resistencias de contacto de empalmes (prohibidos en las troncales de los conductores de protección) y de interruptores (inexistentes en conductores de protección). Cuando se realice este tipo de constatación hay que intercalar la protección apropiada para no dañar por sobrecarga al cable bajo prueba.

Aislamiento

¿Por qué hay que emplear tensiones elevadas para probar el aislamiento?

Porque las averías de aislación no son lineales.

Fallas potenciales que no se manifiestan para nada usando instrumentos cuya fuente de alimentación es de baja tensión (multímetro de aguja con pila de 1,5 V o *tester* electrónico con batería de 9 V), se harán evidentes con el empleo de tensiones mayores.

Hay que tener en cuenta, asimismo, que una tensión eficaz de 220 V representa una tensión máxima (tensión de pico) 1,41 veces superior, prácticamente 310, V razón por la cual es menester ir a los 500 V de continua para estar seguros.

Estos 500 V son de continua, porque en alterna circularían corrientes capacitivas que enmascararían los resultados, y porque ciertas averías potenciales se manifiestan o franquean más fácilmente con continua. Los megóhmetros electrónicos a pilas tienen la ventaja de su peso reducido contra la desventaja del benemérito *megger* con generador a manivela (marca de fábrica que identifica al megóhmetro por antonomasia), cuyo peso queda en parte compensado al no requerir pilas causantes de indisponibilidad.

Puesta a tierra de seguridad

¿Por qué hay que repetir periódicamente los ensayos de puesta a tierra?

Porque una interrupción o falso contacto en ella o en sus conductores asociados “no dan aviso”.

La pérdida de efectividad de un dispersor para puesta a tierra (jabalina, por ejemplo) ya sea por corrosión, desmoronamiento u otras alteraciones que provocan aumento incompatible con las condiciones de seguridad de la resistencia de puesta a tierra, al igual que otras alteraciones que pueden obrar en sentido contrario como ser el contacto indeseado con la tierra de servicio a través de una cañería metálica por ejemplo, pueden ser advertidos como alteraciones sospechosamente altas o sospechosamente bajas de la resistencia de puesta a tierra.

Pruebas alternativas

¿Pequeñas reparaciones exigen también esos ensayos?

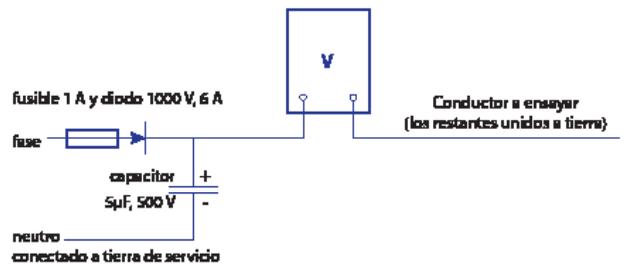
Las verificaciones siempre son necesarias:

No bastan las simplemente visuales ni tampoco las simplemente mecánicas: las verificaciones eléctricas son siempre necesarias, aunque para salir del

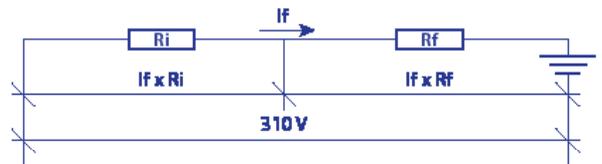
paso se empleen algunas pruebas alternativas como las que citaremos a continuación a simple título de ejemplo.

Una prueba bastante aceptable se logrará generando 310 V de continua con un diodo de silicio (silicón) y un capacitor, midiendo con el *tester*.

Montaje para la medición



Circuito equivalente



Evaluación

Como vamos a tener 310 V de continua, para no correr el riesgo de quemar el *tester*, seleccionamos la escala de 250 V por ejemplo, que va a aguantar: Si no apreciamos desvío en la aguja, el aislamiento es aceptable (lectura equivalente a infinito en el *megger*).

Cálculo

Si hubiese en cambio una indicación sensible o importante, habrá que tomar en cuenta las características del *tester* (digamos $2000 \Omega / V$ de sensibilidad) para determinar en primer lugar su resistencia interna en la escala de medición elegida (250 V en nuestro caso):



$$R_f = 2.000 \Omega / V \times 250 V = 500.000 \Omega = 500 \text{ k}\Omega = 0,5 \text{ M}\Omega$$

Y la intensidad de corriente para indicación a escala máxima (lectura de 250 V):

$$I_M = 1 V / 2.000 \Omega = 0,0005 A = 0,5 \text{ mA}$$

En nuestro ejemplo la lectura es de 125 V (50 % del total). La corriente de fuga será:

$$I_f = 50 \% I_M = 0,00025 A = 0,25 \text{ mA}$$

La resistencia de falla que desencadenará esa tensión de prueba de 310 V será a su vez:

$$R_f = (310 V - 125 V) / 0,00025 A = 740.000 \Omega = 740 \text{ k}\Omega = 0,74 \text{ M}\Omega$$

Por último verificamos la validez del método aplicando la segunda regla de Kirchhoff:

$$0,00025 A \times (740.000 \Omega + 500.000 \Omega) = 0,25 \text{ mA} \times 1240 \text{ k}\Omega = 310 V$$

¡Atención! Si bien la resistencia medida podría permitir pasar una inspección, ese valor indica una potencial avería en algún componente de la instalación. En general el mantenimiento de la tensión de prueba durante mucho tiempo posibilita el agravamiento de la avería (franquear la falla) facilitando su localización.

Comprobación de la tensión

Lámpara de prueba = Lámparas en serie

La lámpara de prueba se comporta como un voltímetro de poca sensibilidad. Es la herramienta clásica del electricista y simultáneamente su elemento

de seguridad por excelencia (todas las herramientas del electricista son a la vez elementos de seguridad). Su estado de conservación debe ser perfecto por los graves efectos de una avería cuando se esté probando en un punto de la instalación cuyo nivel de cortocircuito sea muy importante, o por las falsas indicaciones que una condición inestable del instrumento podrían originar.

¡Atención! La lámpara de prueba siempre debe estar constituida por dos lámparas en serie, por las razones siguientes:

- ▶ Una lámpara hace las veces de fusible de la otra y viceversa en caso de avería en una de ellas (cortocircuito en su portalámpara, por ejemplo).
- ▶ Ambas lámparas de igual potencia para 220 V en serie soportarán el doble, lo que permitirá probar también 380 V.

Precaución: Si bien la lámpara de prueba se comporta como un voltímetro analógico, pues su brillo es proporcional a la tensión, voltajes todavía peligrosos inferiores a los 100 V no serán visibles.

Recomendación: se colocarán siempre lámparas nuevas de primera calidad cuyos soportes de filamento tienen intercalados unos delgados conductores soldados al culote que hacen las veces de fusibles internos (su carencia en unidades de inferior calidad permite la propagación de los efectos del cortocircuito interno originado por la volatilización del filamento en el momento de quemarse). Esto último explica por qué a veces salta la protección domiciliar cuando se quema una lamparita. Asimismo:

- ▶ Las potencia de ambas lámparas deberá ser idéntica, porque de no ser así, la de mayor potencia (poca resistencia) brillará menos, y la de potencia menor (resistencia mayor) se quemará con mayor facilidad.
- ▶ Lámparas de mucha potencia (poca resistencia) disminuyen la sensibilidad y no encenderán aún cuando se esté recibiendo tensión de retorno a través de una avería, o del primario de un transformador de campanilla por ejemplo.

Lámparas de poca potencia (muchas resistencias) aumentan la sensibilidad y encenderán aunque se esté recibiendo alimentación a través de algún falso contacto o de alguna carga (tensión de retorno).

¡Atención! Jamás se aceptará una indicación nula como certeza de ausencia de tensión porque el instrumento de verificación podría haberse deteriorado en esa precisa circunstancia, debiendo efectuar comprobaciones de respaldo con otros instrumentos bien verificados.

Buscapolo

Se comporta también como un voltímetro, una de cuyas puntas de prueba es el cuerpo del operador al probar tensión contra tierra. Los modelos más sencillos están constituidos por una lamparita de descarga gaseosa que se caracteriza por su sensibilidad. Pero como en toda lámpara gaseosa hay que limitar la corriente, la vida del operador depende de una minúscula resistencia serie.

¡Atención! Si el operador se encuentra aislado de tierra (suelas de goma, pisos encerados en tiempo seco) se tendrá una falsa indicación de ausencia de tensión.

¡Precaución! Buscapolos huecos condensan humedad en su interior pudiendo conducir corrientes peligrosas a través del cuerpo del operador.

Voltímetro

Caben las mismas recomendaciones que para el uso de la lámpara de prueba, debiendo agregarse la importancia de preseleccionar la escala adecuada so riesgo de quemar el instrumento: en caso de duda empezar siempre por la escala de valor mayor. Acerca de la precisión que viene indicada bajo la denominación clase (porcentaje de error), es recomendable comparar con otro instrumento confiable.

Sensibilidad de un voltímetro

Si bien la generalidad de los voltímetros son suficientemente sensibles para el uso habitual, algunas mediciones requieren determinada sensibilidad como se vio antes y se verá inmediatamente por ejemplo en el tema puesta a tierra. En los multímetros (*tester*) la sensibilidad viene expresada en ohmios por volt [Ω/V]. Un instrumento de 2 k Ω por voltio [$2 \text{ k}\Omega/V = 2.000 \Omega/V$] como ocurre en los *testers* más comunes, tendrá en la escala de 20 V, por ejemplo, una resistencia interna R_i de:

$$R_i = 20 \text{ V} \times 2.000 \Omega/V = 40.000 \Omega = 40 \text{ k}\Omega$$

Intensidad

Pinza amperométrica

Tiene la ventaja de no requerir la interrupción del conductor para intercalarla, como sí ocurre con el amperímetro clásico. Aprovecha en cambio el campo magnético engendrado en cada conductor. Si se abrazan ambos conductores de un mismo circuito monofásico, o todos los de uno trifásico incluyendo el neutro, los resultados serán nulos (principio de

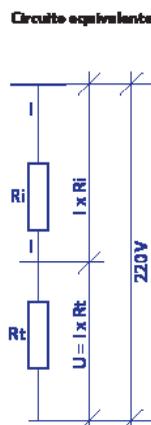
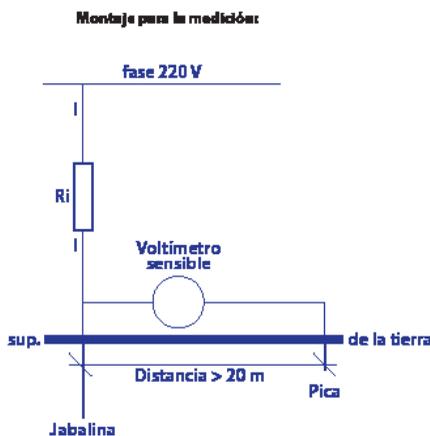
funcionamiento del interruptor diferencial).

Ampliación del campo de medida: las pinzas amperométricas más comunes arrancan con una escala de 6 A que no permite una buena apreciación de intensidades mucho más pequeñas como suele ocurrir en mediciones que se describen más adelante. Considerando que el conductor lineal abrazado por la pinza representa media espira, si arrollamos una vuelta completa tendremos el doble de sensibilidad debiendo multiplicarse por dos los valores que se lean, y así sucesivamente.

Puesta a tierra

Resistencia de puesta a tierra de la jabalina

- ▶ Principio de medición: se hace circular una corriente limitada de fase a tierra. La intensidad no deberá ser excesiva para que no peligre la fuente, ni tan pequeña que no permita una buena lectura en la escala más baja de la pinza amperométrica.
- ▶ Seguridad: como este método exige la anulación momentánea del interruptor diferencial, solo podrá ser aplicado por personal especializado.



Evaluación

En el circuito equivalente, los 220 V aplicados a la serie formada por la resistencia limitadora R_i y la resistencia de puesta a tierra R_t , originan una única corriente I por tratarse de un circuito serie: si medimos dicha corriente con la pinza amperométrica, por ejemplo, y la caída de tensión U entre la cabeza accesible de la jabalina y la tierra propiamente dicha, podremos obtener el valor deseado

$$U = I \times R_t \rightarrow R_t = U / I$$

Por ejemplo, si usamos una resistencia limitadora de 50Ω , nos aseguramos en primer lugar de que en caso hipotético extremo de resistencia de tierra nula la intensidad máxima quede limitada a un valor aceptable: $220 \text{ V} \div 50 \Omega = 4,4 \text{ A}$; ahora sí podremos conectar: supongamos que el montaje imponga a la jabalina una corriente $I = 2,5 \text{ A}$ y que la diferencia de potencial entre cabeza de jabalina y tierra propiamente dicha sea $U = 9 \text{ V}$, entonces:

$$R_t = 9 \text{ V} / 2,5 \text{ A} = 3,6 \Omega$$

Precaución: para que se cumplan las condiciones requeridas, es menester que el voltímetro represente una carga despreciable a efectos de no alterar la magnitud a medir: cualquier voltímetro electrónico o *tester* de aguja satisfará este requerimiento, no así los instrumentos clásicos de tablero, que suelen ser comparativamente de menor impedancia. La pica de prueba puede ser un destornillador largo cuya hoja limpia se deberá enterrar a más de 20 m de distancia de la jabalina bajo verificación. Como en todo trabajo de electricidad, siempre todas las conexiones deben ser firmes, absolutamente seguras.

¡Atención! Esta medición puede ser afectada por corrientes que circulen por la porción de tierra involucrada, provenientes de instalaciones vecinas defectuosas: confirmar resultados llevando la pica de prueba (puesta a tierra de referencia) a otro emplazamiento distante del anterior.

Tensión de paso y tensión de contacto

Para evaluar los riesgos que generaría en su entorno una jabalina (u otro dispositivo de toma de tierra) sometida a tensión permanente de defecto por carencia de protección diferencial aguas arriba, se puede recurrir al mismo montaje anterior, colocando picas a un metro de distancia. Se denomina "tensión de contacto" a la diferencia de potencial que sufriría una persona que parada a un metro tocase la cabeza de la jabalina o un elemento conductor vinculado, y tensión de paso la diferencia de potencial entre los pies de alguien cuyo paso fuese de un metro.

¡Atención! Para atenuar estos efectos riesgosos en las inmediaciones de las puestas a tierra, respaldando a su vez la función del interruptor diferencial, se colocan dispersores, que son extensiones metálicas horizontales enterradas, siendo sin embargo preferible la puesta en paralelo de varias tomas de tierra si ello fuese necesario.



¡Atención! Al igual que en el caso de la medición de la resistencia de puesta a tierra con instrumental mínimo, en este mero ejemplo la alimentación del conjunto de ensayo deberá protegerse con una resistencia limitadora RI para no comprometer a la instalación en caso de muy bajo valor de resistencia de puesta a tierra, lo que podría llegar a originar una intensidad de corriente exagerada: una resistencia de estufa o de calentador será suficiente, y aún una lámpara de 200 W en casos de alta resistencia de puesta a tierra.

Precaución: Para este montaje se deberá también suprimir momentáneamente el interruptor diferencial. Va de suyo que un ensayo de esta naturaleza exige la participación exclusiva de personal especializado ■



Puente de Thomson

