



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 306 689**

51 Int. Cl.:
H04M 3/30 (2006.01)
H04M 3/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **01272066 .0**
86 Fecha de presentación : **17.12.2001**
87 Número de publicación de la solicitud: **1344379**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **17.09.2003**

54 Título: **Sistema de gestión de fallos para una red de comunicaciones.**

30 Prioridad: **22.12.2000 GB 0031534**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.11.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.11.2008

73 Titular/es: **BRITISH TELECOMMUNICATIONS
public limited company
81 Newgate Street
London EC1A 7AJ, GB**

72 Inventor/es: **Maxwell, Richard**

74 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 306 689 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de gestión de fallos para una red de comunicaciones.

5 La presente invención se refiere a un sistema de gestión de fallos para gestionar fallos en los circuitos de terminación de una red de comunicaciones, y también a un procedimiento para utilizar dicho sistema de gestión de fallos.

10 Una red de comunicaciones convencional comprende un número relativamente pequeño de conmutadores principales interconectados y un número muy superior de conmutadores locales, cada uno de los cuales está conectado a uno o dos conmutadores principales. Los conmutadores locales están conectados a los circuitos de terminación de la red y los extremos lejanos de estos circuitos están conectados a los equipos terminales, tales como los aparatos telefónicos suministrados a los usuarios de la red. La red constituida por los conmutadores principales y los conmutadores locales se denomina “red central”, mientras que la red constituida por los circuitos de terminación puede denominarse “red de acceso” o “bucle local”. En la presente memoria, se utilizará la expresión “red de acceso”. Algunos circuitos de terminación se conectan a un concentrador remoto, que puede disponer o no de la capacidad de conmutación. El concentrador remoto se conecta, pues, con un conmutador local. En la presente memoria, la expresión “conmutador local” pretende abarcar tanto los conmutadores locales como los concentradores remotos.

20 En una red de acceso convencional, cada circuito de terminación está constituido por un par de hilos de cobre. Habitualmente, cada par de hilos de cobre pasa a través de una serie de nodos (o elementos de red) entre el conmutador local y el equipo terminal. Entre los ejemplos de dichos nodos cabe citar los puntos de interconexión primarios, los puntos de interconexión secundarios, los puntos de distribución (DP) y los nodos y empalmes de cables.

25 Recientemente, se han utilizado fibras ópticas para formar circuitos de terminación en redes de acceso. En una red de acceso moderna, se utilizan tanto pares de hilos de cobre como pares de fibras ópticas para formar los circuitos de terminación. Cuando el circuito de terminación se forma mediante una fibra óptica, el circuito habitualmente pasa a través de varios nodos entre el conmutador local y el equipo terminal. En cada nodo, la fibra de entrada del conmutador local se divide en un grupo de fibras de salida que se ramifican en diversas direcciones. Cuando el circuito de terminación se forma mediante una fibra óptica del conmutador local, la última parte del circuito puede formarse mediante un par de hilos de cobre. Desgraciadamente, los circuitos de terminación son propensos a los fallos. En el caso de un circuito de terminación formado mediante un par de hilos de cobre, ejemplos de dichos fallos son la desconexión, un cortocircuito entre dos hilos de un par de hilos y un cortocircuito entre uno de los hilos y tierra. En el caso de una red de acceso convencional formada mediante pares de hilos, las causas de los fallos comprenden la entrada de agua en un nodo y, asimismo, el daño físico en un nodo.

35 Cuando un cliente comunica un fallo, el circuito de terminación puede ser sometido a una comprobación para detectar la causa del fallo y, entonces, el fallo puede ser reparado. Sin embargo, el usuario no disfruta del servicio mientras el fallo está siendo reparado.

40 Se conoce un conjunto de pruebas que pueden realizarse en cada circuito de terminación de una red de acceso de manera rutinaria, por ejemplo, cada noche. Dichas pruebas rutinarias pueden detectar fallos en los circuitos de terminación. Dichos fallos pueden repararse, incluso antes de que el usuario del circuito de terminación se dé cuenta de que ha perdido el servicio. También es conocida la forma de medir la calidad operativa de los nodos individuales de una red de acceso. Cuando la calidad operativa de un nodo es deficiente, es probable que se produzcan fallos en los circuitos de terminación que pasan a través del nodo. No obstante, aunque es posible medir la calidad operativa de un nodo, en los sistemas actuales el administrador de la red no recibe información que indique qué tipo de recursos se necesitan y cuándo se necesitan o si el fallo o los fallos se han producido realmente para poder repararlos.

50 Según un aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento para utilizar un sistema de gestión de fallos para una red de comunicaciones, comprendiendo dicha red de comunicaciones un conmutador y una red de acceso de uno o más circuitos de terminación que conectan dicho conmutador con los equipos terminales suministrados a los usuarios de la red de comunicaciones, pasando dicho o cada uno de dichos circuitos de terminación a través de uno o más nodos entre dicho conmutador y su respectivo equipo terminal, y comprendiendo dicho procedimiento las etapas siguientes:

55 realizar una prueba de circuito en el circuito o en cada circuito de por lo menos un subconjunto de dichos circuitos de terminación y generar un resultado de prueba para el circuito o cada circuito que ha sido comprobado, comprendiendo el o cada uno de los resultados de prueba uno o más elementos de datos de pruebas y

60 determinar la presencia o no de un fallo en el circuito o en cada circuito;

identificar los circuitos que tienen probabilidades de presentar un fallo dentro de un período predeterminado;

65 asociar un coste de reparación a cada fallo o fallo potencial y

calcular una medida del coste de reparación posible del circuito durante el período predeterminado, para el circuito o cada uno de los circuitos.

ES 2 306 689 T3

La provisión de una indicación del coste relativo de la reparación de un circuito o elemento de red permite instaurar los recursos que es probable que se necesiten para realizar la reparación. Además, puede realizarse un mantenimiento proactivo en áreas problemáticas para evitar los fallos detectados. Este servicio también ayuda a planificar el mantenimiento de la red.

5

Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de gestión de fallos para una red de comunicaciones que comprende un conmutador y una red de acceso de circuitos de terminación que conecta dicho conmutador con los equipos terminales suministrados a los usuarios de la red de comunicaciones, pasando cada uno de dichos circuitos de terminación a través de una serie de nodos entre dicho conmutador y su respectivo equipo terminal, y comprendiendo dicho aparato de gestión de fallos:

10

un aparato de comprobación de circuitos dispuesto para efectuar pruebas en dichos circuitos de terminación y obtener los resultados de las pruebas;

15

una memoria que contiene los datos relativos a dichos circuitos de terminación y

unos medios para determinar si se ha producido o no algún fallo en el circuito o cada uno de los circuitos;

20

unos medios para identificar los circuitos que tienen probabilidades de presentar algún fallo dentro de un período predeterminado;

unos medios para asociar un coste de reparación a cada fallo o fallo potencial y

25

unos medios, para el circuito o cada uno de los circuitos, operativos para calcular una medida del coste de reparación posible del circuito durante el período predeterminado.

A continuación, se describe la presente invención con mayor detalle y a título de ejemplo, y considerada conjuntamente con los dibujos adjuntos, en los cuales:

30

la Figura 1 es un diagrama de bloques de una red de acceso y un conmutador local asociado que forman parte de una red de comunicaciones en la que puede utilizarse la presente invención;

35

la Figura 2 es un diagrama de bloques que representa los componentes de la red de comunicaciones que se utilizan para obtener una forma de realización de un sistema de gestión de fallos según la presente invención para la red de acceso de la Figura 1;

40

la Figura 3 es un diagrama de conexiones que ilustra algunas de las mediciones que se efectúan cuando se prueba un circuito de terminación;

la Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra el procesamiento realizado en el sistema de gestión de fallos para detectar fallos en la red;

45

las Figuras 5 a 10 son tablas de datos y parámetros utilizados en el procesamiento ilustrado en la Figura 4;

la Figura 11 es un diagrama de flujo de las etapas que se realizan en el sistema de gestión de fallos para obtener datos de referencia sobre los fallos de la red;

50

las Figuras 12 a 18 son tablas de datos y parámetros utilizados en el procesamiento ilustrado en la Figura 11, y

la Figura 19 es un gráfico que representa los datos de utilización de la presente invención en un sistema de comunicaciones.

55

Haciendo referencia a la Figura 1, se representa un conmutador local 10 y una red de acceso convencional 12 conectada al conmutador local 10. El conmutador local 10 y la red de acceso 12 forman parte de una red de comunicaciones. El conmutador local 10 está conectado a los circuitos o líneas de terminación de la red de acceso 12. Habitualmente, un conmutador local se conecta a varios miles de circuitos de terminación. Cada circuito o línea de terminación pasa a través de varios nodos antes de llegar a su respectivo equipo terminal. Estos nodos comprenden puntos de interconexión primarios, puntos de interconexión secundarios, puntos de distribución (DP) y empalmes, ejemplos de los cuales se describen más adelante.

60

En la red de acceso convencional 12 representada en la Figura 1, cada línea o circuito de terminación se forma a partir de un par de hilos de cobre. Los hilos de cobre salen del conmutador local 10 en forma de uno o más cables. En la Figura 1, se representa uno de estos cables designado mediante el número de referencia 14. El extremo alejado del cable 14 del conmutador 10 está conectado a un punto de interconexión primario 16 que puede estar alojado en una cabina de servicio o una caja de conexiones subterránea. Desde el punto de interconexión primario 16, las líneas de terminación se ramifican como cables en varias direcciones. Para simplificar, en la Figura 1 se representan sólo tres

65

ES 2 306 689 T3

5 cables 18, 20 y 22. El extremo alejado del cable 18 está conectado a un empalme 19. El empalme 19 está conectado a un punto de interconexión secundario 24 mediante el cable 21. Los extremos alejados de los cables 20 y 22 están conectados, respectivamente, a los puntos de interconexión secundarios 26 y 28. Para simplificar, a partir de los puntos de interconexión secundarios 24 y 26, no se representan las continuaciones de las líneas de terminación. Los puntos de interconexión secundarios 24, 26 y 28 se hallan dentro de cajas de conexiones que pueden estar situadas encima o debajo del suelo.

10 Desde el punto de interconexión secundario 28, las líneas de terminación vuelven a ramificarse en varias direcciones en forma de cables. A título ilustrativo, la Figura 1 representa los cables 40, 42 y 44 que salen del punto de interconexión secundario 28. Los cables 40 y 44 están conectados, respectivamente, a los empalmes 46 y 48. Los empalmes 46 y 48 están conectados, respectivamente, a los cables 50 y 52, y los extremos alejados de éstos están conectados a los puntos de distribución 54 y 56. El extremo alejado del cable 42 está conectado a un empalme 60. El empalme 60 está conectado a un punto de distribución 64 por medio del cable 62. Para simplificar, no se representa el recorrido de las líneas de terminación a partir de los puntos de distribución 54 y 56.

15 Los puntos de distribución se implementan como cajas de conexiones que habitualmente se instalan en postes telefónicos. Desde cada punto de distribución, las líneas terminales se ramifican como pares de hilos de cobre individuales hasta los lugares donde se hallan los equipos terminales suministrados a cada usuario de la red. A título de ejemplo, la Figura 1 representa dos pares de hilos de cobre individuales 70 y 72 que salen del punto de distribución 64. Los extremos alejados de los pares de hilos de cobre 70 y 72 están conectados, respectivamente, a los equipos terminales 74 y 76. Como es bien conocido, un equipo terminal puede adoptar diversas formas. Un equipo terminal puede ser, por ejemplo, un teléfono instalado en una cabina telefónica, un instrumento telefónico instalado en una vivienda o una oficina o un fax o un ordenador instalado en un edificio del cliente. En el ejemplo representado en la Figura 1, cada uno de los empalmes 19, 46, 48 y 60 se utiliza para conectar entre sí dos cables. Los empalmes también pueden utilizarse para conectar dos o más cables pequeños a un cable más grande.

20 En cada línea de terminación, los dos hilos de cada par se designan como hilo A e hilo B. Para suministrar corriente a la línea, en el conmutador local 10 se aplica una tensión de polarización de 50 V entre el hilo A y el hilo B. Puesto que en las primeras centrales la tensión de polarización se aplicaba utilizando una batería, la tensión de polarización todavía se denomina "tensión de batería". En el equipo terminal, los hilos A y B se conectan mediante un condensador, la presencia del cual puede detectarse cuando el equipo terminal no está siendo utilizado.

25 Las líneas de terminación de la red de acceso 10 son propensas a los fallos. Las causas principales de estos fallos son la entrada de agua y el daño físico de los nodos a través de los cuales pasan las líneas de terminación entre el conmutador local 10 y el equipo terminal. Debido a causas originadas en los nodos, se producen cinco tipos de fallos principales: fallo de desconexión, fallo de cortocircuito, fallo de tensión de batería, fallo de toma de tierra y fallo de baja resistencia de aislamiento 5. Se produce un fallo de desconexión cuando se interrumpe una línea de terminación entre el conmutador local y el equipo terminal. Se produce un fallo de cortocircuito cuando los hilos A y B de una línea se conectan entre sí. Se produce un fallo de tensión de batería cuando el hilo A o el hilo B de una línea de terminación presentan una conexión en cortocircuito con el hilo B de otra línea. Se produce un fallo de toma de tierra cuando el hilo A o el hilo B se conecta a tierra o al hilo A de otra línea. Se produce un fallo de baja resistencia de aislamiento cuando la resistencia entre el hilo A y el hilo B o entre uno de los hilos y tierra o entre uno de los hilos y un hilo de otra línea se halla por debajo de un valor aceptable.

30 Para detectar fallos en las líneas de terminación de la red de acceso 12, el conmutador local 10 está provisto de un comprobador de líneas 80. El comprobador de líneas 80 puede utilizarse desde el conmutador local 10 o, como se describirá con mayor detalle más adelante, desde un emplazamiento remoto. El comprobador de líneas 80 es capaz de realizar diversas pruebas, ejemplos de las cuales se describen más adelante. Existen diversos modelos de comprobadores de líneas para conmutadores locales disponibles en el mercado. En el presente ejemplo, el comprobador de líneas 80 es un equipo de pruebas Teradyne o Vanderhoff. En algunos casos, es posible utilizar ambos tipos de equipos de pruebas. Además de proveer datos de medición de resistencia, capacitancia y tensión de la línea, estos elementos del equipo también proveen datos denominados "enunciados de terminación", tales como "Bell Loop", "Master Jack Loop" y "Bridged". Estos enunciados de terminación son condiciones especiales de la línea que el equipo puede detectar.

35 La patente US nº 5.790.634 describe un sistema de pruebas para un circuito de acceso de telecomunicaciones que realiza pruebas, comúnmente todas las noches, y analiza los resultados de las pruebas para determinar si una línea particular requiere mantenimiento.

40 Haciendo referencia a la Figura 2, se representa el conmutador local 10 y los componentes de la red de comunicaciones que forman un sistema de gestión de fallos para la red de acceso 12. Estos componentes comprenden el comprobador de líneas 80, un sistema de servicio al cliente 100 para la red de comunicaciones y un sistema de gestión de la red de acceso 102. El comprobador de líneas 80 comprende una cabeza de prueba 104 que contiene el equipo electrónico para realizar físicamente pruebas de líneas y un controlador 106 para la cabeza de prueba 104. El controlador 106 adopta la forma de un ordenador. El controlador 106 puede utilizarse desde una estación de trabajo 108 que está conectada a éste y que está situada en la central local 10. El controlador 106 también está conectado al sistema de servicio al cliente 100 y al sistema de gestión de la red de acceso 102 y puede ser utilizado por las estaciones de trabajo conectadas al sistema de servicio al cliente 100 o al sistema de gestión de la red de acceso 102.

ES 2 306 689 T3

El sistema de servicio al cliente 100 también es un ordenador y puede utilizarse desde cualquiera de las diversas estaciones de trabajo que están conectadas a éste. En la Figura 3, se representa una de dichas estaciones de trabajo que se designa por el número de referencia 110. El sistema de servicio al cliente 100 es utilizado por los operadores de la red de comunicaciones que tienen contacto con los clientes de la red. Junto con estos operadores, el sistema de servicio al cliente se encarga de prestar servicios diversos a los clientes.

El sistema de gestión de la red de acceso 102 también es un ordenador y puede ser utilizado desde una de las diversas estaciones de trabajo existentes. En la Figura 3, se representa una de estas estaciones de trabajo que se designa mediante el número de referencia 112. El sistema de gestión de la red de acceso 102 es responsable de la gestión de la red de acceso 12 así como de un grupo de redes de acceso diferentes de la misma área geográfica general que la red de acceso 12. El sistema de gestión de la red de acceso gestiona diversas operaciones para cada una de las redes de acceso que gestiona. Estas operaciones comprenden la provisión de nuevos equipos, el registro de datos sobre los trabajos realizados por los técnicos en la red, el mantenimiento de datos sobre las líneas de terminación y los nodos de cada red de acceso y la detección y la gestión de fallos. Las estaciones de trabajo que están conectadas al sistema de gestión de la red de acceso 102 también están conectadas al sistema de servicio al cliente 100. Como se representa en la Figura 3, el sistema de servicio al cliente 100 y el sistema de gestión de la red de acceso 102 están conectados entre sí.

Las operaciones realizadas por el sistema de servicio al cliente 100 y el sistema de gestión de la red de acceso 102, excepto las operaciones de detección y gestión de fallos en la red de acceso 12, no forman parte de la presente invención y, por lo tanto, no se describen con mayor detalle.

Aunque en el presente ejemplo el sistema de gestión de fallos para la red de acceso 12 está constituido por el comprobador de líneas 80, el sistema de servicio al cliente 100 y el sistema de gestión de la red de acceso 102, el sistema de gestión de fallos también puede estar constituido únicamente por el comprobador de líneas 80, siendo entonces necesario incorporar el software adecuado al ordenador que constituye el controlador 106. En una red pequeña, ésta puede ser una forma adecuada de formar el sistema de gestión de fallos. No obstante, en una red de gran tamaño resulta ventajoso integrar el sistema de gestión de fallos en el sistema de servicio al cliente 100 y el sistema de gestión de la red de acceso 102.

El controlador 106 está programado para hacer que la cabeza de prueba 104 realice una serie de pruebas rutinarias todas las noches en cada línea de terminación de la red de acceso 12. Estas pruebas se describen haciendo referencia al diagrama de conexiones representado en la Figura 3.

Antes de comprobar una línea, ésta debe desconectarse del conmutador 10 y conectarse a la cabeza de prueba 104. La Figura 3 representa una línea 300 que está siendo comprobada. La línea 300 presenta un hilo A 302 y un hilo B 304. El extremo de la línea 300 alejado del conmutador 10 está conectado al equipo terminal 306. Cada una de las líneas 302, 304 presenta una resistencia que depende de su diámetro y de la distancia desde el conmutador local hasta el equipo terminal 306. Cada uno de los hilos 302, 304 está recubierto de un material aislante. La función del material aislante es proveer aislamiento entre un hilo y los hilos adyacentes. El daño sufrido por el material aislante y la oxidación del metal de un hilo pueden provocar la reducción de la resistencia entre dos hilos adyacentes.

La eficacia del aislamiento entre los hilos 302, 304 puede determinarse midiendo la resistencia R1 entre el hilo A 302 y el hilo B 304 y la resistencia R2 entre el hilo B 304 y el hilo A 302. Las resistencias R1 y R2 pueden ser diferentes debido a la rectificación indicada por los diodos D1 y D2. En un circuito en buenas condiciones, las resistencias R1 y R2 son altas y superiores a un 1 megaohm. El daño en el material aislante o la oxidación provocan la reducción de las resistencias R1 y R2 hasta un nivel que depende de la gravedad del daño o la oxidación. Si el material aislante está totalmente destruido, de tal forma que los hilos A y B entran en contacto físico uno con el otro, los valores de las resistencias R1, R2 dependen de la distancia entre la cabeza de prueba 80 y el punto del daño, aunque habitualmente están comprendidos entre 0 y 1500 ohms. La oxidación puede determinar que los hilos entren en contacto uno con el otro.

Sólo se desconectan los hilos A y B 302, 304 de la línea 300 que se está comprobando. En las otras líneas, la tensión de polarización de 50 volts se aplica entre el hilo A y el hilo B. En la Figura 3, los hilos A de las otras líneas se representan globalmente como un hilo 310 que, en el conmutador 10, está conectado a tierra. Los hilos B de las otras líneas se representan globalmente como un hilo 312 que, en el conmutador, está conectado a un potencial de -50 volts.

Si el material aislante que separa el hilo A 302 o el hilo B 304 de uno de los hilos A o B adyacentes resulta dañado, o si uno de los hilos sufre oxidación, puede establecerse flujo de corriente. La eficacia del aislamiento entre los hilos A y B 302, 304 y los hilos A y B adyacentes puede determinarse midiendo la resistencia R3 entre el hilo A 302 y los hilos A adyacentes 310, la resistencia R4 entre el hilo A 302 y los hilos B adyacentes 312, la resistencia R5 entre el hilo B 304 y los hilos A adyacentes 310 y la resistencia R6 entre los hilos B 304 y los hilos B adyacentes 312.

En un circuito en buenas condiciones, las resistencias R3, R4, R5, R6 son altas y superiores a 1 megaohm. El daño en el material aislante puede determinar el descenso de una o más resistencias R3, R4, R5, R6 hasta un valor

ES 2 306 689 T3

que depende de la gravedad del daño. Si el material aislante entre el hilo A 302 o el hilo B 304 y un hilo adyacente está totalmente destruido, de tal forma que los dos hilos entran en contacto físico uno con el otro, la resistencia entre los dos hilos que se tocan depende de la distancia entre la cabeza de prueba 80 y el punto del daño, aunque habitualmente está comprendida entre 0 y 1500 ohms. La oxidación también puede determinar que los dos hilos entren en contacto.

Los hilos A y B 302, 304 y el material aislante entre éstos actúan como un condensador. En la Figura 3, la capacitancia entre los hilos A y B representada tiene el valor C1. El valor de la capacitancia entre los hilos A y B de una línea depende de la longitud de la línea. Una rotura en la línea 300 provoca la reducción del valor de la capacitancia C1 medido en la cabeza de prueba 80. En la Figura 3, también se representa la capacitancia C2 entre el hilo A 302 y tierra y la capacitancia C3 entre el hilo B 304 y tierra.

Cada noche, el controlador 106 utiliza la cabeza de prueba 80 para medir las resistencias R1, R2, R3, R4, R5, R6 y las capacitancias C1, C2, C3 de cada línea de terminación de la red de acceso 12. El controlador 106 también utiliza la cabeza de prueba 80 para comprobar si existe algún equipo terminal conectado al extremo de la línea. El equipo terminal presenta un valor de capacitancia estándar. Cuando hay algún equipo terminal conectado, el valor de su capacitancia se resta de la capacitancia medida por la cabeza de prueba para obtener la capacitancia C1. Los resultados de las pruebas de cada línea de terminación se almacenan junto a su número de guía en el sistema de gestión de la red de acceso 102.

El controlador 106 transmite los resultados de las pruebas al sistema de gestión de la red de acceso 102. El sistema de gestión de la red de acceso 102 examina los resultados de las series de pruebas de cada línea de terminación para averiguar si se ha producido un fallo esperado. Los posibles fallos incluyen desconexiones, cortocircuitos, fallos de tensión de la batería, fallos de tierra y bajas resistencias de aislamiento. Cuando se sospecha que se ha producido un fallo, el nombre del fallo y los resultados de la prueba para la línea se almacenan en el sistema de gestión de la red de acceso 102, junto a su número de guía o un identificador, en la central asociada a la línea. La información sobre los fallos sospechados hallados cada noche puede ser revisada por un operador del sistema de gestión de la red de acceso 102. Cuando proceda, el operador podrá dar instrucciones para reparar los fallos.

El sistema de gestión de la red 102 también es operativo para realizar un procesamiento adicional de los datos recopilados en las pruebas nocturnas. Este procesamiento adicional está diseñado para comprobar fallos potenciales en lugar de fallos reales, de tal forma que, cuando corresponda, sea posible emprender los trabajos de reparación antes de que el cliente detecte el fallo. Estas pruebas utilizan las mediciones de resistencia y capacitancia indicadas anteriormente para generar una indicación de la probabilidad de que una línea determinada presente un fallo dentro de un período de tiempo predeterminado. Las pruebas también indican si es probable que el fallo se produzca en la parte de la red que está debajo del suelo o en la parte aérea de la red. La ubicación subterránea o aérea del fallo tiene un efecto significativo sobre el coste de la reparación del fallo y, por consiguiente, es un factor importante a la hora de decidir cuál de los diversos fallos potenciales debe ser tratado primero.

A continuación, se describe de forma general el procesamiento realizado por el sistema de gestión de la red 102 con respecto a la Figura 4 y, además, se facilita un ejemplo del procesamiento. El procesamiento se inicia en la etapa 401, ya sea de forma automática como respuesta a la recepción de los datos adecuados o bien por medio de un operador humano, y el procesamiento continúa por la etapa 403. En la etapa 403, utilizando procedimientos conocidos (que serán descritos en detalle más adelante), se analizan los datos de las pruebas de todas las líneas en cuestión para comprobar si se ha producido algún fallo. Dichos fallos se denominan “fallos permanentes” y se dividen en dos categorías, la de los “fallos de desconexión” y la de los “fallos de bucle rectificado” y presentan características eléctricas identificables que permiten ser distinguidos como tales.

Una vez que se han detectado estos fallos permanentes, el procesamiento continúa por la etapa 405, en la cual se realiza un análisis adicional del resto de los datos de las pruebas. Este análisis conlleva una nueva inspección de los datos de las pruebas para determinar qué líneas presentan características que indican la probabilidad de que se produzca un fallo permanente dentro de un período de tiempo predeterminado. Los parámetros para realizar esta determinación se obtienen a partir de los datos históricos.

En la etapa 407, los datos de las líneas con fallos permanentes previstos se someten a un posterior análisis para evaluar la probabilidad de que el fallo se produzca dentro de un período de tiempo especificado (que en la presente forma de realización es de un año). Como en la etapa 405 anterior, este análisis se realiza en cada línea basándose en los datos históricos y da por resultado la atribución de una puntuación a cada línea que se comprueba. A continuación, en la etapa 409 se realiza un posterior análisis de los datos para indicar la probabilidad de que el fallo se halle en la parte aérea (OH) o en la parte subterránea (UG) de la red, obteniéndose una puntuación o una probabilidad de que el fallo se produzca en cada una de esas áreas. A continuación, en la etapa 411 se combinan las puntuaciones UG y OH para generar una puntuación conjunta que se utiliza para determinar si el fallo previsto tiene más probabilidades de ser un fallo UG o un fallo OH.

Por último, en la etapa 413 se suman las puntuaciones de cada línea que atraviesa un elemento de red, tal como un DP o un nodo de cable, para obtener una puntuación para el elemento (para obtener la probabilidad de que se produzca un fallo permanente en el elemento de red en el próximo año). La puntuación del elemento de red puede asignarse, entonces, basándose en sus puntuaciones UG, sus puntuaciones OH o su puntuación combinada. Será posible, pues,

ES 2 306 689 T3

clasificar un grupo de elementos de red, por ejemplo, los situados en un área geográfica determinada, para determinar los elementos que necesitan con más urgencia mantenimiento preventivo.

5 A continuación, se describe con mayor detalle la presente invención utilizando un ejemplo práctico, en el que se representan los datos de las pruebas de un conjunto de líneas que atraviesan un DP común que se procesan de la manera resumida anteriormente con referencia a la Figura 4. La Figura 5 representa los datos de las pruebas de cada una de las nueve líneas que pasan a través del DP. Para cada línea, los datos de las pruebas comprenden cuatro mediciones de capacitancia entre el hilo A y tierra, entre el hilo A y el hilo B (una medición actual y una medición previa) y entre el hilo B y tierra. Los datos también comprenden una medición de distancia para cada línea y una serie de mediciones de resistencia de cada combinación entre el hilo A, el hilo B, la batería y tierra. Estas mediciones corresponden a las capacitancias C1, C2, C3 y las resistencias R1, R2, R3, R4, R5, R6 descritas anteriormente con referencia a la Figura 3. Además, existe una lectura de capacitancia previa entre los hilos A y B y un marcador de terminación (Term) suministrados por el equipo Vanderhoff o Teradyne.

15 Como se ha indicado, la primera etapa del procesamiento es la determinación de fallos permanentes. Esta tarea se realiza analizando uno por uno los datos de las pruebas de cada línea y estableciendo si los datos de las pruebas caen dentro del conjunto de parámetros expuesto en la Figura 6. Para cada elemento de los datos de las pruebas de la Figura 5, la Figura 6 define un umbral que, si es sobrepasado por el elemento, puede indicar la presencia de un fallo permanente de desconexión para esa línea. Los elementos de los datos de pruebas de una línea de la Figura 5 se comparan con los parámetros de la Figura 6, conforme a la regla siguiente:

Si resistencia A a tierra \geq VD3
Y resistencia de B a tierra \geq VD4
25 Y resistencia de A a batería \geq VD5
Y resistencia de B a batería \geq VD6
Y resistencia de A a B \geq VD7
Y resistencia de A a B \geq VD8
30 Y (((descenso de capacitancia A – B > VD1 de valor anterior) Y (Capacitancia A – B < VD2))
O (capacitancia resultante > VD9)
O (MÍN(Capacitancia A a tierra, Capacitancia B a tierra) < VD10))
35 Y (enunciado de terminación "Sin terminación")
O ("Bell Loop" de Vanderhoff)
O ("Master Jack-loop" de Vanderhoff)
40 O ("Bridged" de Teradyne)
ENTONCES el circuito presenta un FALLO PERMANENTE.

Tomando los datos de la línea 1 indicados en la Figura 5 y utilizando los parámetros de la Figura 6, puede observarse que todas las mediciones de resistencia sobrepasan los parámetros (es decir, todas las mediciones de 700.000 ohms sobrepasan el umbral de 1 megaohm), que dos de las tres mediciones de capacitancia caen dentro del rango proporcionado y que se satisface el marcador "bridged" de Teradyne. Como se satisfacen todas las cláusulas de la regla, puede deducirse que la línea 1 presenta un fallo permanente de desconexión.

50 La siguiente etapa del procesamiento indicado es el análisis de los datos de las pruebas para hallar los posibles fallos permanentes de bucle rectificativo. La Figura 7 representa los parámetros para los datos de las pruebas que se han utilizado en la determinación de los fallos permanentes de bucle rectificativo, utilizando también en este caso una regla para aplicar los parámetros a los datos. La regla para la detección de bucles rectificativos es la siguiente:

55 Cuando MÍN de tramo B a tramo A = MÍN (resistencia tramo B a tramo A, resistencia tramo A a tramo B) Y
MÁX de tramo B a tramo A = MÁX (resistencia tramo B a tramo A, resistencia tramo A a tramo B)
60 Entonces SI MÍN de tramo B a tramo A \leq TR1 ohms
Y MÍN de tramo B a tramo A > TR2
Y MÍN de tramo B a tramo A NO está entre TR4 y TR3
65 Y MÁX de tramo B a tramo A > TR5 x MÍN de tramo B a tramo A

ES 2 306 689 T3

Y (resistencia de A a batería \leq TR7

resistencia B a batería \leq TR8

resistencia B a tierra \leq TR9

resistencia B a tierra \leq TR10)

ENTONCES el circuito presenta un fallo permanente de bucle rectificado.

Para cada uno de los elementos de los datos de pruebas de la Figura 5, la Figura 7 define un umbral que, si es sobrepasado por el elemento, puede indicar la presencia de un fallo permanente de bucle rectificado para esa línea. Los elementos de los datos de pruebas de una línea de la Figura 5 se comprueban con los parámetros de la Figura 7 conforme a una regla (expuesta más adelante). Tomando los datos de la línea 2 de la Figura 5 y aplicando las reglas, se observará que se satisfacen todas las cláusulas de la regla, es decir, la resistencia mínima del tramo B a A se halla entre 10 y 30 kohms y no en el rango de 700 a 5000 ohms, la resistencia máxima del tramo B a A no es superior al doble del mínimo del tramo B a A y por lo menos una de las resistencias A o B a tierra o a la batería es inferior o igual a 400 kohms. En consecuencia, se considera que la línea 2 presenta un fallo permanente de bucle rectificado.

Una vez que se han analizado los datos de las pruebas de todas las líneas para detectar fallos permanentes, el procesamiento de los datos de las pruebas avanza hasta la siguiente etapa, como se ha indicado anteriormente, donde se efectúa un posterior análisis de los datos. El propósito de este análisis adicional es determinar las líneas que, a pesar de que todavía no han sufrido un fallo permanente, presentan características que sugieren que probablemente van a sufrir un fallo en un período de tiempo especificado. Nuevamente, los datos se analizan conforme a una regla y se cotejan con el conjunto de umbrales expuestos en la Figura 8.

Mediante la regla para determinar los fallos permanentes previstos, se comprueba de uno en uno los elementos de datos de pruebas y se decide si están comprendidos dentro de los dos umbrales de cada elemento definidos en la Figura 8. Entonces, se cuenta el número de elementos que caen dentro de los umbrales y, si el recuento sobrepasa otro umbral, se considera que la línea presenta un fallo permanente previsto. La regla es la siguiente:

PARA N = AHF 1 a AHF 19

SI umbral 1 (N) < lectura de prueba (N) < umbral 2 (N)

ENTONCES fallos permanentes previstos = fallos permanentes previstos + 1

(recuento)

Y SI AHF 2 \leq fallos permanentes previstos

ENTONCES el circuito presenta un fallo permanente previsto.

Además de las mediciones de resistencia y capacitancia, el equipo de comprobación también está dispuesto para realizar un conjunto de mediciones de tensión, que comprenden seis mediciones de tensión CC entre la línea A y una tierra negativa/positiva, la línea B y una tierra negativa/positiva y entre la línea A y la línea B cuando la línea B es negativa y cuando es positiva. Las mediciones de tensión también comprenden tres mediciones de tensión CA entre la línea A y la línea B y entre cada línea y tierra. Estas mediciones de tensión pueden utilizarse en el procesamiento para determinar fallos permanentes previstos y son la base de la descripción del ejemplo detallado. No obstante, la utilización de las mediciones de tensión es opcional y el procesamiento puede llevarse a cabo sin éstas. Las mediciones de tensión para la línea 2 del ejemplo actual se representan en la columna "Actual" de la tabla de la Figura 8. Las mediciones de tensión para las otras líneas no se representan.

Tomando los datos de las pruebas de la línea 2 de la Figura 5, puede observarse que las mediciones de resistencia de A a B y de B a A se hallan dentro de los límites especificados, igual que las mediciones de tensión AHF 8, 9 y 12. Por consiguiente, cinco parámetros contribuyen a alcanzar una puntuación global que sobrepasa el parámetro umbral, y eso lleva a considerar que la línea 2 presenta un fallo permanente previsto.

Una vez que se determina que la línea 2 presenta un fallo permanente previsto (es decir, un fallo permanente que se espera que se produzca en el período de tiempo especificado de un año), la siguiente etapa del procesamiento consiste en determinar la probabilidad de que dicho evento tenga lugar, dicho de otro modo, la probabilidad de que el deterioro de las características eléctricas de la línea se mantenga dentro de un rango en el cual es probable que la calidad de la línea se vea afectada. En este caso también, en el procesamiento se utiliza el conjunto de parámetros expuestos en la Figura 9 en combinación con el par de reglas indicadas a continuación.

ES 2 306 689 T3

Entonces, la probabilidad de que se produzca un fallo de características eléctricas es la siguiente:

PARA $n = PB1$ a $PB19$

A – SI límite inferior (n) < límite superior (n)

Y límite superior (n) > lectura de prueba (n) \geq límite inferior (n), ENTONCES
 probabilidad de fallo (n) = $\text{mínimo}(1, \frac{(\text{límite superior}(n) - \text{lectura de prueba}(n))}{(\text{límite superior}(n) - \text{límite inferior}(n))})$

EN OTROS CASOS, probabilidad de fallo (n) = 0,0

B – SI límite inferior (n) > límite superior (n)

Y límite superior (n) \leq lectura de prueba (n) < límite inferior (n), ENTONCES
 probabilidad de fallo (n) = $\text{mínimo}(1, \frac{(\text{lectura de prueba}(n) - \text{límite superior}(n))}{(\text{límite inferior}(n) - \text{límite superior}(n))})$

EN OTROS CASOS, probabilidad de fallo (n) = 0,0

SI no se satisface ninguna de las anteriores cláusulas, la probabilidad de fallo = 0,0

Los parámetros de la Figura 9 comprenden, para cada elemento de datos de pruebas, un conjunto de límites que la regla anterior utiliza para decidir si el elemento particular de datos de pruebas se halla dentro del rango de un año para que se produzca un fallo permanente. Si el elemento está fuera de este rango, entonces la probabilidad de fallo asignada a éste es cero. Si el elemento se halla dentro del rango, significa que es probable que se produzca un fallo permanente en un año. En este caso, se aplica la regla anterior que se basa en las diferencias relativas entre el elemento de datos de pruebas y el límite superior y el límite inferior del elemento, definidos en la Figura 9. Dicho de otro modo, puesto que el límite superior es el nivel en el cual es probable que se produzca un fallo permanente en el tiempo de un año y el límite inferior es el nivel en el cual dicho fallo permanente es inminente, la probabilidad se determina en función de la proximidad del elemento de datos de prueba con el límite inferior relativa al límite superior.

Las dos reglas anteriores (la regla A y la regla B) se utilizan para realizar el mismo cálculo, pero la regla A está diseñada para ser utilizada cuando el rango de parámetros es positivo, mientras que la regla B está diseñada para ser utilizada cuando el rango de parámetros es negativo. En la columna “Tipo” de la Figura 9, se indica el tipo de regla que debe utilizarse (tipo A o tipo B).

Tomando el primer elemento de datos de pruebas de la línea 2-PB1, se observa que una medición de resistencia de 22700 ohms se halla entre los valores de umbral superior e inferior y, en consecuencia, la probabilidad resultante es de 0,98. Análogamente, en el elemento PB6, una medición de la resistencia de 351.656 ohms da por resultado una probabilidad de 0,64.

Una vez que se han calculado las probabilidades de cada elemento de datos de pruebas, se continúa por la siguiente etapa del procesamiento, en la que las probabilidades se modifican según la ubicación en la red prevista para el fallo (es decir, encima del suelo o debajo del suelo). Esto es posible puesto que ciertas características eléctricas pueden correlacionarse con tipos de degradación particulares de los cables que son atribuibles al entorno físico particular de éstos. El procedimiento de modificación se efectúa multiplicando cada probabilidad por una ponderación subterránea (UG) y por una ponderación aérea (OH), obteniéndose dos probabilidades revisadas para cada elemento de datos. A continuación, se suman entre sí todas las probabilidades UG y todas las probabilidades OH para obtener una puntuación UG para la línea y una puntuación OH para la línea. Las fórmulas para calcular estas puntuaciones son las siguientes:

$$\text{Puntuación OH} = \sum_{\text{Para todas las pruebas (PB1 a PB19)}} \text{probabilidad de fallo}(n) \times \text{ponderación OH}(n)$$

$$\text{Puntuación UG} = \sum_{\text{Para todas las pruebas (PB1 a PB19)}} \text{probabilidad de fallo}(n) \times \text{ponderación UG}(n)$$

La Figura 10 representa estos cálculos para los datos de las pruebas de la línea 2 que generan una puntuación UG de 38,85 y una puntuación OH de 49,39. Estas puntuaciones se obtienen aplicando los factores de ponderación UG y

ES 2 306 689 T3

OH a las probabilidades de cada elemento de datos de pruebas y sumando los resultados entre sí conforme a la regla anterior. En la Figura 10, puede observarse que para las mediciones de resistencia uno de los valores de ponderación es cero. Esto significa que el elemento en cuestión no presenta indicios significativos de fallo en dicha categoría (OH o UG) y, en consecuencia, su probabilidad se pondera a cero. El nivel de ponderación aplicado depende de la evidencia empírica, es decir, de los datos sobre fallos reales producidos.

En la siguiente etapa del procesamiento, se determina, a partir de las puntuaciones UG y OG totales de la línea, una puntuación combinada que se compara con un valor umbral para obtener una indicación de la ubicación más probable del fallo permanente previsto, es decir, si el fallo va a localizarse en la red OH o en la red UG. Se utiliza la siguiente regla para combinar las puntuaciones OH y UG de una línea:

$$\text{ÁNGULO} = \frac{\text{ÁNG1} \times \text{puntuación OH}}{\sqrt{(\text{ÁNG1} \times (\text{puntuación OH})^2) + (\text{ÁNG2} \times (\text{puntuación UG})^2)}}$$

A continuación, se utiliza la siguiente regla para comparar el “ángulo” de la puntuación combinada OH - UG con un ángulo umbral. Si el ángulo de la puntuación combinada es superior al umbral, se espera que la ubicación del fallo previsto sea aérea, mientras que, si dicha puntuación es inferior al ángulo umbral, se espera que la ubicación del fallo previsto sea subterránea. La regla utilizada es la siguiente:

Si $\text{ÁNGULO} \geq \text{seno}(\text{ÁNG3})$
ENTONCES fallo previsto se halla en RED ÁEREA
Si $\text{ÁNGULO} < \text{seno}(\text{ÁNG3})$
ENTONCES fallo previsto se halla en RED SUBTERRÁNEA

(ÁNG1, ÁNG2 y ÁNG3 son variables, y en este ejemplo ÁNG1 y ÁNG2 se establecen en el valor entero 1 y ÁNG3 en 45 grados. Estas variables pueden utilizarse para ajustar el rendimiento del algoritmo anterior.)

Siguiendo con el ejemplo anterior, la puntuación OH de 38,85 y la puntuación UG de 49,39 se combinan según la fórmula anterior para obtener una puntuación combinada de 62,86. A continuación, dicha puntuación se utiliza para calcular el ángulo, que es 0,7867 y por lo tanto superior a $\text{seno}(45) = 0,7071$, hecho que indica que la ubicación esperada del fallo previsto es la red aérea.

El procesamiento de los datos de las pruebas continúa hasta que todas las líneas que se están investigando han sido procesadas de la manera descrita anteriormente y se ha indicado la presencia de fallos previstos y fallos permanentes previstos o la ausencia de fallos. Las líneas que presentan fallos permanentes previstos pueden clasificarse u ordenarse en términos de sus puntuaciones aéreas, sus puntuaciones subterráneas o sus puntuaciones combinadas. Esto permite, entonces, establecer la prioridad de la reparación preactiva de los fallos permanentes previstos según la probabilidad que éstos tienen de convertirse más pronto en fallos permanentes y también según la localización del fallo. Es importante disponer de la información de ubicación de un fallo para programar las reparaciones, puesto que las habilidades de los reparadores y el coste de la reparación normalmente difieren mucho dependiendo de si los fallos son subterráneos o aéreos.

Como se ha indicado, las líneas de la red pasan a través de puntos de interconexión, tales como los DP o los nodos de cable. Comúnmente, los fallos se producen en estos puntos que son los lugares donde los cables se juntan físicamente unos a otros y, por consiguiente, donde es más probable que las conexiones o los aislamientos se rompan y provoquen fallos. En consecuencia, si los datos de las pruebas de todas las líneas que pasan a través de un DP u otro elemento de red se procesan de la forma descrita anteriormente, éstos pueden combinarse para generar una puntuación para el elemento de red. Las puntuaciones UG, OH y las puntuaciones combinadas de cada línea que pasa a través del elemento de red se suman entre sí para generar la puntuación global del elemento.

La disponibilidad de las puntuaciones de los propios elementos aporta unas ventajas adicionales cuando se realiza o se programa el mantenimiento proactivo de la red. Por ejemplo, todos los DP pueden clasificarse por orden de puntuación OH o puntuación UG, lo cual permite determinar correctamente el conjunto de habilidades que deben poseer los técnicos encargados de la reparación de un fallo determinado. Además, las puntuaciones (UG, OH y combinadas) pueden utilizarse para decidir cuál de los elementos con fallos permanentes existentes deberá ser reparado en primer lugar. Por ejemplo, cuando dos DP presentan dos fallos permanentes cada uno y uno de los DP presenta asimismo una puntuación UG, OH o combinada mucho más alta, el DP que se reparará con más urgencia es el DP que más probabilidades tiene de presentar otros fallos permanentes en un futuro cercano.

El sistema de gestión de la red 102 puede ser operativo además para procesar los datos recopilados durante las pruebas nocturnas y generar resultados que indiquen los futuros costes de reparación probables a la red durante un período de tiempo predefinido. Este procesamiento tiene en cuenta los fallos permanentes que se han reconocido así como los fallos permanentes previstos. A continuación, se proporciona una visión general del procesamiento con refe-

ES 2 306 689 T3

rencia a la Figura 11 y un ejemplo más detallado. El procesamiento se inicia en la etapa 1101, ya sea automáticamente como respuesta a la recepción de los datos adecuados o por medio de un operador humano, y continúa por la etapa 1103. En la etapa 1103, se determinan los fallos permanentes y se clasifican (como desconexiones o bucles rectificad-
5 fallos permanentes previstos de la misma manera que en la etapa 405. Asimismo, se calcula la probabilidad de fallo de cada parámetro de los datos de las pruebas según las etapas descritas anteriormente con referencia a la etapa 407 de la Figura 4.

En la etapa 1105, las probabilidades se ponderan dependiendo de su importancia en el cálculo de la puntuación final de la línea con las que están relacionadas y, a continuación, las probabilidades de cada elemento (ponderadas) se suman entre sí con algunos otros factores para generar una puntuación global de la línea, denominada puntuación AFS. Esta puntuación también se pondera dependiendo de si se ha determinado o no que la línea presenta un error permanente o un fallo previsto en la etapa 1103. Las etapas 1103 y 1105 se realizan para las líneas con respecto a las
15 se aplica un algoritmo de suavizado que tiene por efecto compensar los datos ausentes de tal forma que los resultados del procesamiento no estén sesgados.

A continuación, en la etapa 1109, se calculan las probabilidades UG, OH y combinadas de las líneas del elemento de red con respecto a las cuales se dispone de datos, de la misma manera que en las etapas 409 y 411 de la Figura 4 anterior. También se calcula si el fallo previsto es UG u OH, de la misma manera que en la etapa 411 anterior. A continuación, en la etapa 1113, los datos acumulados se combinan según tres fórmulas separadas para obtener una puntuación global para el DP. Estas tres fórmulas tienen en cuenta los costes relativos de reparación de tipos parti-
25 UG, OH y combinadas para asignar un orden al DP actual en relación con las puntuaciones equivalentes de otros DP y elementos de red. La clasificación de los elementos de red según los costes relativos facilita la elaboración de presupuestos por el administrador de red, puesto que permite estimar los costes de reparación para el próximo año. Los datos clasificados también ponen de manifiesto los puntos de la red que deben ser sometidos a trabajos de mantenimiento preventivo.

A continuación, se describe la presente invención a título de ejemplo práctico, en el que se representa cómo se procesan los datos de las pruebas de un conjunto de líneas que pasan a través de un DP, de la manera resumida anteriormente con referencia a la Figura 11. Se utiliza el mismo ejemplo de datos de pruebas de la Figura 5 que se ha utilizado para describir el procesamiento en relación con la Figura 4. La primera etapa del procesamiento consiste
35 en determinar los fallos permanentes y los fallos permanentes previstos y sus correspondientes probabilidades, de la misma manera que se ha descrito anteriormente con referencia a las etapas 403, 405 y 407 de la Figura 4. A continuación, como se observa en la Figura 12, las probabilidades se multiplican por un factor de ponderación, con lo cual se seleccionan de forma eficaz las mediciones de resistencia AFS1 a 6 para el subsiguiente procesamiento. Las probabilidades resultantes se suman según la fórmula siguiente:

$$\text{Puntuación AFS} = \left\{ \sum_{\text{Para todas las pruebas (AFS1 a AFS19)}} \text{Probabilidad de fallo (n)} \times \text{ponderación AFS(n)} \right. \\ \left. + \text{AFS20 (SI circuito de fallo permanente)} \right. \\ \left. + \text{AFS21 (SI circuito de fallo permanente previsto)} \right\}$$

Como puede observarse en la fórmula anterior, además de las probabilidades sumadas de cada elemento de datos, se añaden dos ponderaciones más. La primera ponderación se añade si en la etapa 1103 se ha detectado que la línea presentaba un fallo permanente, y la segunda se añade si en la etapa 1103 se ha detectado que la línea presentaba también un fallo permanente previsto. A continuación, la puntuación AFS se compara con una tabla de valores repre-
55 efectuaran de inmediato las reparaciones correspondientes. Se calcula la puntuación AFS para cada una de las líneas que se están investigando. Tomando el ejemplo de la línea 2, a partir de la Figura 12 puede comprobarse que la suma de las probabilidades ponderadas es de 4,51, a la cual se suma después la ponderación 5 por el fallo permanente y la ponderación 3 por el fallo permanente previsto, dando un resultado de 12,51. Esta puntuación AFS se compara con la tabla de la Figura 13 según la regla siguiente, dando por resultado el valor AFS real de 1.

Para $n = \text{SC1 a SC12}$ (véase la tabla de la Figura 13)
SI $\text{intervalo inferior (n)} \leq \text{puntuación AFS} < \text{intervalo superior (n)}$
65 ENTONCES, $\text{AFS real} = \text{AFS de circuito}$
EN OTROS CASOS, $\text{AFS} = 0$

ES 2 306 689 T3

5 Cuando se ha calculado la puntuación AFS para cada línea investigada, la siguiente etapa del procesamiento es la aplicación de un algoritmo de suavizado para compensar las situaciones en las que no se pueden obtener los datos de las pruebas de una o más líneas. Si se utilizan los datos de la Figura 5 en el ejemplo actual, se dispondrá de todos los datos del DP. No obstante, si se carece de los datos de las líneas 3 y 7, entonces debe aplicarse el algoritmo de suavizado. El algoritmo de suavizado se diseña de tal forma que es posible realizar una comparación significativa de todas las puntuaciones AFS de los DP de los cuales se carecen de datos con las puntuaciones de otros DP. El algoritmo de suavizado es el siguiente:

$$10 \quad \text{SMV del DP} = \text{Mín} (1 + \text{SMV1}, \frac{\text{Nº de circuitos DN exclusivos / combinaciones de n}^{\text{os}} \text{ de líneas que componen un DP)}}{\text{Nº de DN exclusivos / combinaciones de n}^{\text{os}} \text{ de líneas que se han comprobado en un DP}}$$

15 La regla anterior adopta el valor mínimo entre el parámetro de suavizado más 1 y la relación entre el número total de líneas investigadas y el número total de líneas investigadas de las cuales se han obtenido datos de pruebas. El parámetro de suavizado se establece en 0,6 y se suministra para que el límite superior del parámetro de suavizado pueda ajustarse. Continuando con el ejemplo, si se disponen los datos de las pruebas para sólo siete de las nueve líneas posibles, entonces el factor de suavizado se calcula como el mínimo de 1,6 (1 = 0,6) y 1,28 (7/9) que es 1,28. Este factor de suavizado va a utilizarse en el subsiguiente cálculo de las puntuaciones AFS para los elementos de red (p. ej. DPS o nodos de cable).

20 La Figura 14 representa los resultados del procesamiento de los datos de la Figura 5 conforme a las etapas descritas hasta ahora. El examen de estos datos permite observar que las líneas uno y seis no presentan ningún fallo. La línea dos descrita anteriormente presenta un fallo permanente y un fallo permanente previsto en la red aérea. La línea dos tiene obtiene también una puntuación AFS de uno. Las líneas tres a cinco presentan algunas características que indican posibles fallos, aunque ninguno de éstos sea un fallo permanente y ninguno sea suficientemente grave para ser considerado un fallo permanente previsto. Sin embargo, las indicaciones son suficientemente significativas para sugerir que, en caso de que se produzca uno de dichos fallos, éste se producirá en la red subterránea. La posibilidad de que todavía se puedan producir fallos potenciales también se refleja en las puntuaciones AFS de cada una de estas líneas que presentan puntuaciones AFS de 0,3, 0,3 y 0,4, respectivamente. Dicho de otro modo, aunque no se han detectado fallos reales en dichas líneas y no se espera que se produzca ningún fallo en dichas líneas dentro del período de un año, cabe la posibilidad de que se produzca un fallo dentro de ese año.

35 Las puntuaciones de cada línea se resumen en la parte inferior de la tabla de la Figura 14, en la que se exponen las puntuaciones OH, UG y combinadas totales de los DP y la cantidad total de fallos permanentes y fallos permanentes previstos para la red subterránea. Además, se exponen las cantidades totales de posibles fallos y las puntuaciones AFS totales, diferenciándose entre los de red subterránea y los de red aérea.

40 La siguiente etapa del procesamiento consiste en utilizar los datos de la tabla de la Figura 14 para calcular las puntuaciones (UG, OH y combinadas) para el DP en su conjunto. Esto se realiza según tres fórmulas. La fórmula para calcular la puntuación aérea del DP se representa en la Figura 15. Para cada línea de datos que presenta un fallo potencial o real en la red aérea, la fórmula suma entre sí la puntuación OH total, el número total de fallos permanentes previstos, el número total de fallos permanentes y el número total de circuitos. Al resultado, se le resta la diferencia entre el número total de circuitos del DP y el número de circuitos OH. Cada uno de los elementos de datos se multiplica también por el factor de suavizado (que, en el presente ejemplo es uno, puesto que se dispone de datos para todas las líneas que pasan a través del DP). Asimismo, cada elemento se multiplica por un valor de clasificación obtenido en la parte inferior de la tabla de la Figura 15. El valor de clasificación se utiliza para modificar el efecto que tiene cualquiera de los cinco valores sumados anteriormente sobre la puntuación OH global del DP. El resultado de estos cálculos expuesto en la Figura 15 es una puntuación OH total para el DP de 181,04.

50 Las Figuras 16 y 17 representan las fórmulas y parámetros de clasificación equivalentes para el cálculo de la puntuación UG del DP y para la puntuación combinada del DP. La diferencia en las fórmulas UG es que, en lugar de las puntuaciones OH y los circuitos OH de la fórmula OH, las fórmulas UG se refieren a las puntuaciones UG y los circuitos UG. La fórmula de puntuación combinada comprende la puntuación combinada de todos los circuitos del DP, todos los fallos permanentes, los fallos permanentes previstos y los circuitos de fallo sospechado.

55 Los resultados del procesamiento según las tres fórmulas de las Figuras 15 a 17 son una puntuación UG de 181,04, una puntuación OH de 209,10 y una puntuación combinada de 261,10 para el DP. Como comprenderán los expertos en la materia, las fórmulas expuestas en las Figuras 15, 16 y 17 pueden modificarse para obtener las puntuaciones de otros elementos de red a través de los cuales pueden pasar más líneas, tales como un nodo de cable por el cual pueden pasar 100 líneas.

60 La etapa final de procesamiento de los datos consiste en calcular la puntuación de ahorro anual de fallos (AFS, por sus siglas en inglés) del DP en su conjunto (en vez de para un único circuito como se ha descrito anteriormente). La fórmula que se utiliza para realizar dicho cálculo se expone en la Figura 18. Para la AFS UG, se suma la AFS de cada circuito del DP, obteniéndose en el presente ejemplo una AFS UG de 1,0 (a partir de las líneas 3, 4 y 5, es decir, 0,3 + 0,3 + 0,4) para el DP. La AFS OH del DP es 1,0 también (a partir de la AFS de la línea 2). La puntuación AFS combinada adopta el valor 2,0.

ES 2 306 689 T3

La puntuación AFS descrita anteriormente puede establecerse para una única línea (o circuito) o bien para un elemento de red tal como un DP o un nodo de cable. La puntuación AFS combina la probabilidad de que se produzca un fallo en el período de tiempo determinado con el coste de la reparación del fallo (si se diera el caso). Además, el coste de reparación tiene en cuenta la ubicación esperada del fallo, es decir, la red subterránea o la red aérea. La AFS permite al administrador de la red clasificar los datos de las pruebas de la red, basándose en las líneas o los elementos de red. Cuando se realiza la clasificación basada en los elementos de red, la puntuación AFS se calcula de una manera que permite realizar una comparación significativa de los elementos, aunque se carezca de algunos datos o aunque los números de líneas que pasan por los elementos que se comparan sean diferentes. Puesto que la puntuación AFS presenta un elemento UG y un elemento OH, así como un elemento combinado, la puntuación AFS puede utilizarse para clasificar los datos de las pruebas desde la perspectiva de la red subterránea o de la red aérea (y también global). Todas estas características permiten a los administradores de la red analizar y procesar más fácilmente los datos de las pruebas y ayudan a reducir los costes de mantenimiento de la red y a aumentar la eficacia.

Todos los parámetros descritos anteriormente haciendo referencia a las Figuras 6 a 10, 12, 13 y 15 a 17 dependen de las características de la red que se está comprobando y supervisando. Los parámetros pueden modificarse para ajustar el procesamiento de los datos de las pruebas y generar resultados que midan con más precisión el rendimiento de la red. La mayoría de valores umbral pueden obtenerse a partir del análisis de las características eléctricas históricas en combinación con los registros históricos o cronológicos de los fallos. Esta información puede utilizarse para establecer los valores iniciales del umbral, pudiéndose entonces comparar dicho umbral con el subsiguiente rendimiento de la red y ajustarlo como sea preciso.

La Figura 19 representa los resultados de ciertos trabajos experimentales realizados en los nodos de una red de acceso que forma parte de una red de comunicaciones. En dichos trabajos, se evaluó la puntuación de un gran número de nodos y se supervisó, en cada uno de ellos, la presencia de informes de fallos procedentes de un cliente durante los 3 meses siguientes. En la Figura 11, se representa gráficamente la puntuación de cada uno de los nodos frente a los informes de fallos recibidos durante los tres meses siguientes a la evaluación de la puntuación del nodo. Estos resultados experimentales muestran una gran correlación entre la puntuación del nodo y el número de informes de fallos.

Aunque la presente invención ha sido descrita haciendo referencia a una red de acceso en la que cada circuito se realiza con un tramo de hilo de cobre, la presente invención también puede utilizarse en circuitos de terminación realizados con fibras ópticas.

Los expertos en la materia comprenderán que el aparato que constituye la forma de realización de la presente invención puede ser un ordenador universal provisto de software operativo para realizar el análisis y el procesamiento de los datos de las pruebas. El ordenador puede ser un único ordenador o un grupo de ordenadores y el software puede ser un único programa o un conjunto de programas. Además, una parte o la totalidad del software utilizado para implementar la presente invención puede estar contenido en diversos medios de transmisión o de almacenamiento, tales como un disquete, un CD-ROM o una cinta magnética, y de ese modo el programa puede copiarse en uno o más ordenadores universales o descargarse a través de una red informática utilizando unos medios de transmisión adecuados.

A menos que el contexto requiera lo contrario, los términos “comprende”, “comprenden” y similares utilizados en la presente descripción y reivindicaciones no deben interpretarse en sentido exclusivo ni exhaustivo sino en sentido inclusivo o, mejor dicho, en sentido inclusivo pero no limitativo.

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento de funcionamiento de un sistema de gestión de fallos (80, 106) para una red de comunicaciones (12), comprendiendo dicha red de comunicaciones un conmutador (10) y una red de acceso de uno o más circuitos de terminación (18, 20, 21, 22, 40, 42, 44, 50, 52, 62, 70, 72) que conectan dicho conmutador con los equipos terminales (74, 76) previstos para los usuarios de la red de comunicaciones, pasando dicho o cada uno de dichos circuitos de terminación a través de uno o más nodos (16, 24, 26, 28, 54, 56, 64) entre dicho conmutador y su respectivo equipo terminal, y comprendiendo dicho procedimiento las etapas siguientes:

10 realizar una prueba de circuito en el circuito o en cada circuito de por lo menos un subconjunto de dichos circuitos de terminación y generar un resultado de prueba para el circuito o cada circuito que ha sido comprobado, comprendiendo el o cada uno de los resultados de prueba uno o más elementos de datos de pruebas; y

15 determinar la presencia o no de un fallo en el circuito o en cada circuito;

caracterizado porque se identifican los circuitos que tienen probabilidades de presentar un fallo dentro de un período predeterminado;

20 se asocia un coste de reparación a cada fallo o fallo potencial; y

se calcula una medida del coste de reparación posible del circuito durante el período predeterminado, para el circuito o cada uno de los circuitos.

25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende asimismo la etapa de combinación de las medidas de coste de cada circuito asociado a un elemento de red para obtener una medición del coste del elemento de red.

30 3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que se carece de los datos de uno o más circuitos que pasan a través del elemento de red y en el que se aplica un algoritmo de suavizado para compensar los datos ausentes.

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1, 2 ó 3, en el que la medida del coste puede diferenciar entre elementos con fallos producidos en la parte aérea de la red y elementos con fallos producidos en la parte subterránea de la red.

35 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se calcula la medida del coste para una pluralidad de circuitos o elementos de red y, a continuación, ésta se utiliza para clasificar los circuitos o las líneas unos respecto a otros.

40 6. Aparato de gestión de fallos (80, 106) para una red de comunicaciones (12) que comprende un conmutador (10) y una red de acceso de circuitos de terminación (18, 20, 21, 22, 40, 42, 44, 50, 52, 62, 70, 72) que conecta dicho conmutador con los equipos terminales (74, 76) previstos para los usuarios de la red de comunicaciones, pasando cada uno de dichos circuitos de terminación a través de una serie de nodos (16, 24, 26, 28, 54, 56, 64) entre dicho conmutador y su respectivo equipo terminal, y comprendiendo dicho aparato de gestión de fallos:

45 un aparato de comprobación de circuitos dispuesto para efectuar pruebas en dichos circuitos de terminación y obtener los resultados de las pruebas;

una memoria que contiene los datos relativos a dichos circuitos de terminación y

50 unos medios para determinar si se ha producido o no algún fallo en el circuito o cada uno de los circuitos;

caracterizado porque presenta:

55 unos medios para identificar los circuitos que tienen probabilidades de presentar algún fallo dentro de un período predeterminado;

unos medios para asociar un coste de reparación a cada fallo o fallo potencial y

60 unos medios, para el circuito o cada uno de los circuitos, que pueden funcionar para calcular una medida del coste de reparación posible del circuito durante el período predeterminado.

7. Aparato según la reivindicación 6, que comprende asimismo unos medios para combinar las medidas de coste de cada circuito asociado a un elemento de red y obtener una medida del coste del elemento de red.

65 8. Aparato según la reivindicación 7, que comprende asimismo unos medios para aplicar un algoritmo de suavizado cuando se carece de los datos de uno o más circuitos que pasan a través del elemento de red, para compensar los datos ausentes.

ES 2 306 689 T3

9. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 6, 7 u 8, que comprende asimismo unos medios para dividir la medida del coste entre un elemento asociado a los fallos de la parte aérea de la red o en la parte subterránea de la red.

5 10. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, que comprende asimismo unos medios para calcular la medida del coste para una pluralidad de circuitos o elementos de red y, a continuación, utilizar la medida del coste para clasificar los circuitos o las líneas unos respecto a otros.

10 11. Programa informático o conjunto de programas informáticos que comprenden unos medios de código adaptados para realizar, cuando dicho programa o programas se ejecutan en un ordenador universal o un grupo de dichos ordenadores, cada una de las etapas del procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.

15

20

25

30

35

40

45

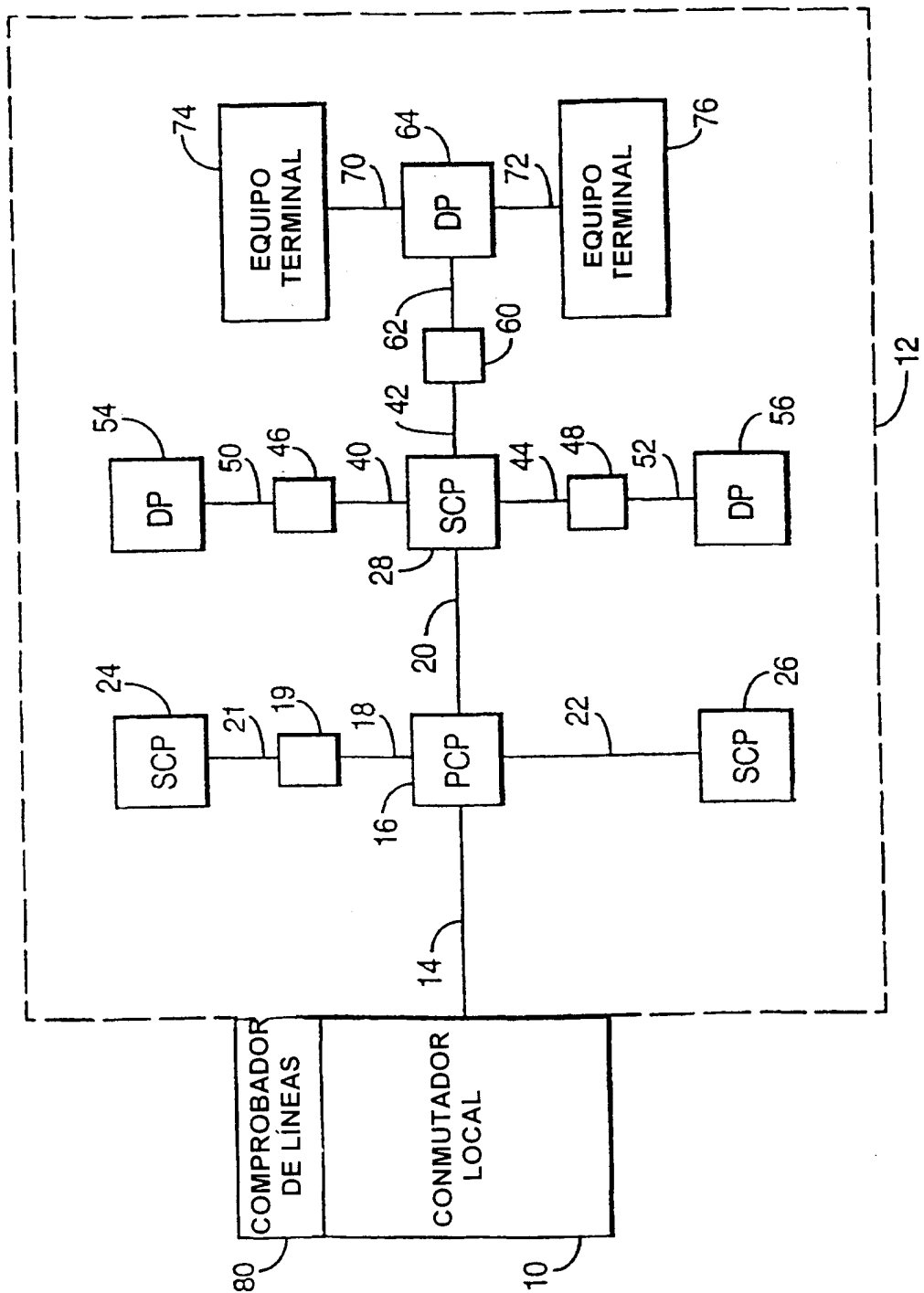
50

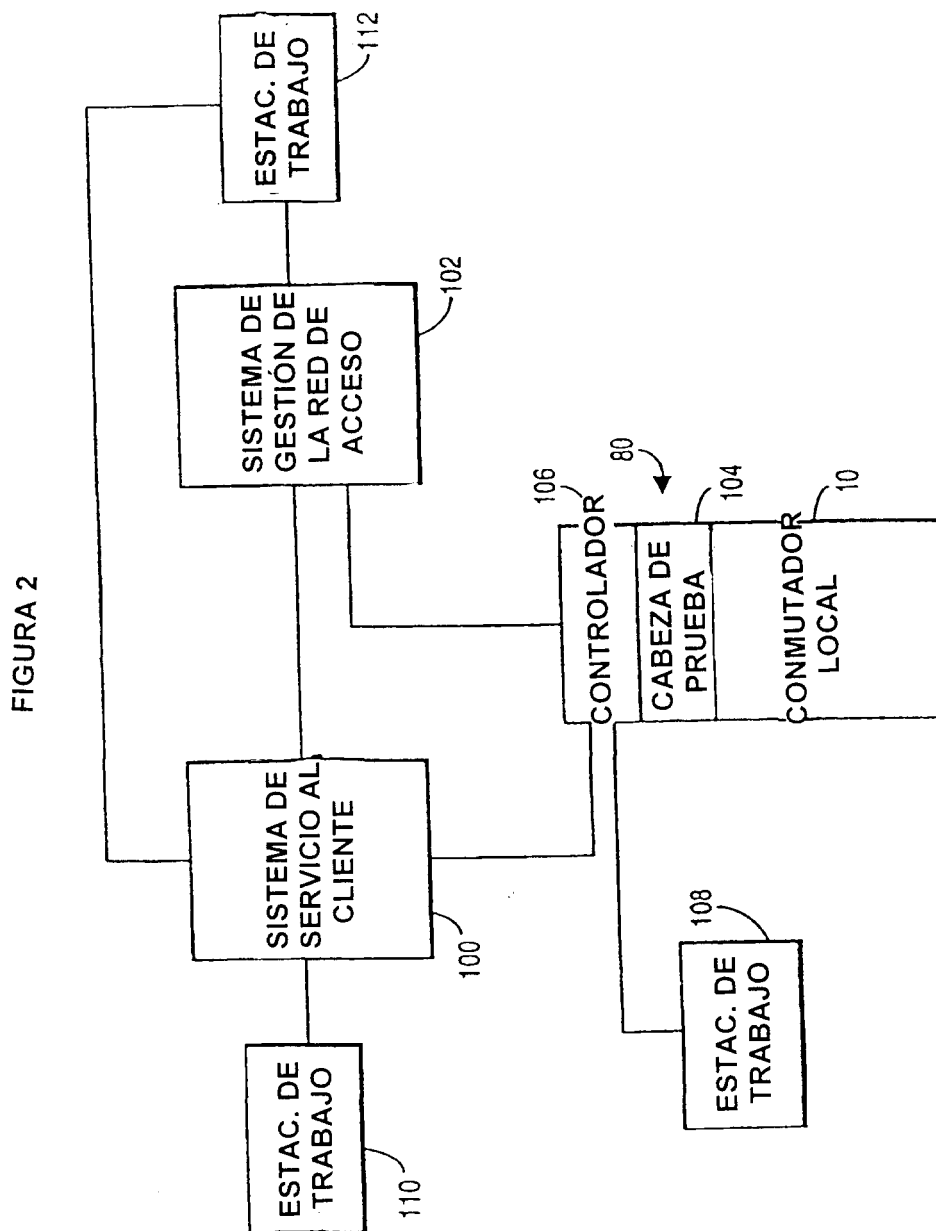
55

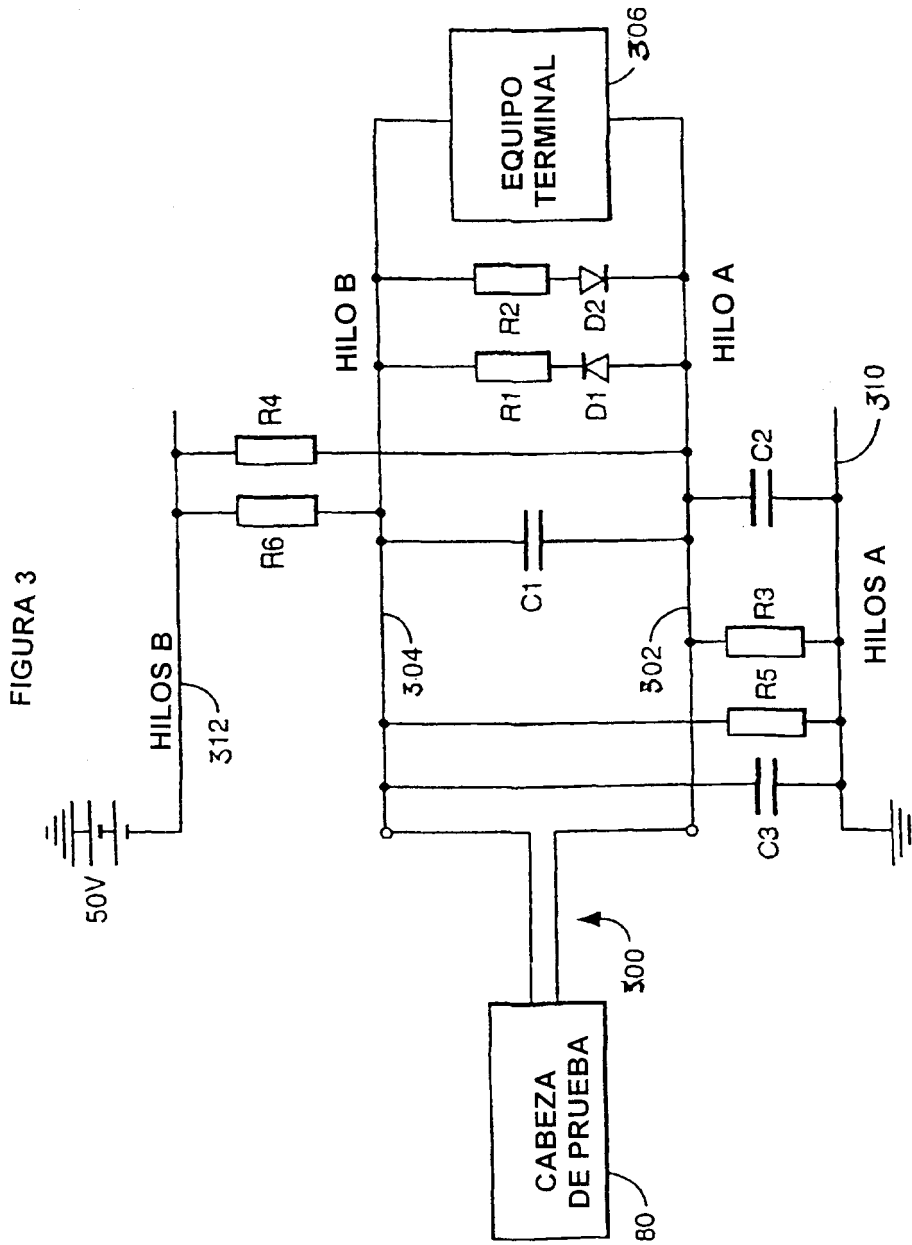
60

65

FIGURA 1







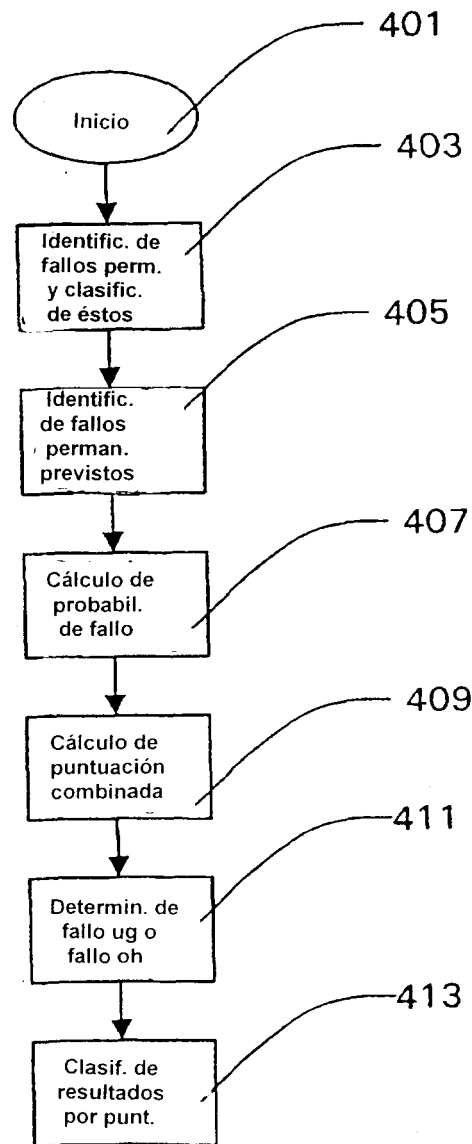


FIGURA 4

MUESTRA DE DATOS SOSPECHADOS PARA UN DP

| nO. | Cap A_E | Cap A_B | Cap A_B Prev | Cap B_E | Dist | AB_Res | ABt_Res | AE_Res | BA_Res | BBT_Res | BE_Res | Term |
|------------|------------|------------|--------------------|------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------|
| Línea nº 1 | 84 | 16 | 32 | 85 | 1400 | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | Puente |
| Línea nº 2 | 89 | 193 | 188 | 86 | 1432 | 22700 | 350200 | 350100 | 10100 | 390656 | 361656 | Puente |
| Línea nº 3 | 81 | 31 | 29 | 86 | 1348 | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | 42528 | >1M ohm | Puente |
| Línea nº 4 | 68 | 44 | 36 | 124 | 1132 | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | 392704 | 659456 | Puente |
| Línea nº 5 | 86 | 40 | 39 | 92 | 1432 | 247808 | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | 390656 | >1M ohm | Sin termin. |
| Línea nº 6 | 88 | 622 | 666 | 83 | 1382 | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | Sin termin. |
| Línea nº 7 | 80 | 30 | 30 | 81 | 1334 | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | Sin termin. |
| Línea nº 8 | 89 | 700 | 694 | 83 | 1382 | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | Sin termin. |
| Línea nº 9 | 84 | 29 | 29 | 84 | 1400 | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | >1M ohm | Sin termin. |

FIGURA 5

| Valores de parámetros CÓDIGO | Valores umbral de parámetros Descripción de parámetros A-B | Caracteres de campo | Unidad | Tipo | Valores por omisión | Rango |
|---------------------------------|---|---------------------|-------------------------|--------|---------------------|---------------|
| VD1 | Descenso de capacitancia A-B | 3 | % | Entero | 15 | 0 – 999 |
| VD2 | Capacitancia A-B | 5 | 10 ⁻⁹ Farads | Entero | 100 | 0 – 9,999 |
| VD3 | Resistencia A-tierra | 7 | Ohms | Entero | 700.000 | 0 – 9,999,999 |
| VD4 | Resistencia B-tierra | 7 | Ohms | Entero | 700.000 | 0 – 9,999,999 |
| VD5 | Resistencia A-batería | 7 | Ohms | Entero | 700.000 | 0 – 9,999,999 |
| VD6 | Resistencia B-batería | 7 | Ohms | Entero | 700.000 | 0 – 9,999,999 |
| VD7 | Resistencia A-B | 7 | Ohms | Entero | 700.000 | 0 – 9,999,999 |
| VD8 | Resistencia B-A | 7 | Ohms | Entero | 700.000 | 0 – 9,999,999 |
| VD9 | Capacitancia resultante | 3 | % | Entero | 20 | 0 – 999 |
| VD10 | Capacitancia A,B-tierra | 5 | 10 ⁻⁹ Farads | Entero | 50 | 0 – 9,999 |

FIGURA 6

| Valores de parámetros | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------------|---------------------|--------|----------|---------------------|---------------|--|--|--|
| CODIGO | Valores umbral de parámetro | Caracteres de campo | Unidad | Tipo | Valores por omisión | Rango | | | |
| TR1 | Tramo B-A (superior) | 7 | Ohms | Entero | 30.000 | 0 – 9.999.999 | | | |
| TR2 | Tramo B-A (inferior) | 7 | Ohms | Entero | 10 | 0 – 9.999.999 | | | |
| TR3 | B-A (centro superior) | 7 | Ohms | Entero | 5000 | 0 – 9.999.999 | | | |
| TR4 | B-A (centro inferior) | 7 | Ohms | Entero | 700 | 0 – 9.999.999 | | | |
| TR5 | Multiplicador A-B | 5 | Nº | Flotante | 2,00 | 0,00 – 999,99 | | | |
| TR7 | Resistencia A – batería | 7 | Ohms | Entero | 400.000 | 0 – 9.999.999 | | | |
| TR8 | Resistencia B – batería | 7 | Ohms | Entero | 400.000 | 0 – 9.999.999 | | | |
| TR9 | Resistencia A – tierra | 7 | Ohms | Entero | 400.000 | 0 – 9.999.999 | | | |
| TR10 | Resistencia B – tierra | 7 | Ohms | Entero | 400.000 | 0 – 9.999.999 | | | |

FIGURA 7

| n | Parámetros de lectura | Lectura de prueba (N) | Umbral 1 | Umbral 2 | Unidad | Real | Prevista |
|------------------------|------------------------------|-------------------------|----------|----------|-------------------------|---------------|----------|
| AHF 1 | Resistencia A-B | Resistencia A – B | 7000 | 100.000 | Ohm | 22700 | Si |
| AHF 2 | Resistencia B-A | Resistencia B – A | 7000 | 100.000 | Ohms | 10100 | Si |
| AHF 3 | Resistencia A – batería | Resistencia A – batería | 500 | 100.000 | Ohms | 350200 | No |
| AHF 4 | Resistencia B – batería | Resistencia B – batería | 500 | 100.000 | Ohms | 390656 | No |
| AHF 5 | Resistencia A – tierra | Resistencia A – tierra | 500 | 100.000 | Ohms | 350100 | No |
| AHF 6 | Resistencia B – tierra | Resistencia B – tierra | 500 | 100.000 | Ohms | 361656 | No |
| AHF 7 | Volts CC A – tierra negativa | Volts CC A – tierra | -50 | -30 | Voltios | +48 | No |
| AHF 8 | Volts CC A - tierra positiva | Volts CC A – tierra | +5 | +50 | Voltios | +48 | Si |
| AHF 9 | Volts CC B – tierra negativa | Volts CC B – tierra | -50 | -30 | Voltios | -48 | Si |
| AHF 10 | Volts CC B – tierra positiva | Volts CC B – tierra | +5 | +50 | Voltios | -48 | No |
| AHF 11 | Volts CC A – B negativa | Volts CC A – B | -50 | -30 | Voltios | 10 | No |
| AHF 12 | Volts CC A – B positiva | Volts CC A – B | +5 | +50 | Voltios | 10 | Si |
| AHF 13 | Capacitancia A – tierra | Capacitancia A – tierra | 0 | 20 | 10 ⁻⁹ Farads | 89 | No |
| AHF 14 | Capacitancia B – tierra | Capacitancia B – tierra | 0 | 20 | 10 ⁻⁹ Farads | 86 | No |
| AHF 15 | Capacitancia A – B | Capacitancia A – B | 0 | 20 | 10 ⁻⁹ Farads | 193 | No |
| AHF 16 | Capacitancia resultante | Capacitancia resultante | 20 | 100 | Porcentaje | (89-86)/86 3% | No |
| AHF 17 | Volts CA A – tierra | Volts CC A – tierra | 0 | 0 | Voltios | 5 | No |
| AHF 18 | Volts CA B – tierra | Volts CC B – tierra | 0 | 0 | Voltios | 6 | No |
| AHF 19 | Volts A A – B | Volts CC A – B | 0 | 0 | Voltios | 6 | No |
| Parámetro umbral AHF20 | | | 2 | | Nº | | |

El número de valores de "sí" es 5 > 2, el parámetro umbral. Esto puede clasificarse como un fallo permanente previsto

FIGURA 8

FIGURA 9

| CÓDIGO | n | Limite infer. L | Limite super. U | Pond. UG | Pond. OH | Real | Tipo | | Cálculos | Probabilidad |
|--------|---|-----------------------|-----------------------|-------------|-------------|-----------------|-------|-------|---|--------------|
| | | | | | | | L<U A | L>U B | | |
| PB1 | | 7000 | 1,000,000 | 0 | 15 | 22700 | A | | $\min(1, (1,000,000-22700)/(1,000,000-7,000)) = \min(1, 0.98)$ | 0.98 |
| PB | | 7000 | 1,000,000 | 0 | 15 | 10100 | A | | $\min(1, (1,000,000-10700)/(1,000,000-7,000)) = \min(1, 0.99)$ | 0.99 |
| PB3 | | 500 | 1,000,000 | 30 | 0 | 350200 | A | | $\min(1, (1,000,000-350200)/(1,000,000-7,000)) = \min(1, 0.65)$ | 0.65 |
| PB4 | | 500 | 1,000,000 | 30 | 0 | 390656 | A | | $\min(1, (1,000,000-390656)/(1,000,000-7,000)) = \min(1, 0.60)$ | 0.60 |
| PB5 | | 500 | 1,000,000 | 0 | 15 | 350100 | A | | $\min(1, (1,000,000-350100)/(1,000,000-7,000)) = \min(1, 0.65)$ | 0.65 |
| PB6 | | 500 | 1,000,000 | 0 | 15 | 351656 | A | | $\min(1, (1,000,000-351656)/(1,000,000-7,000)) = \min(1, 0.64)$ | 0.64 |
| PB7 | | -50 | -0 | 0.5 | 0.1 | +48 | A | | Fuera de rango | 0.0 |
| PB8 | | +50 | +0.1 | 0.5 | 0.1 | +48 | B | | $\min(1, (48 - 0.1)/(50 - 0.1)) = \min(1, 0.96)$ | 0.96 |
| PB9 | | -50 | -0 | 0.5 | 0.1 | -48 | A | | $\min(1, (0 - (-48))/(0 - (-50))) = \min(1, 0.96)$ | 0.96 |
| PB10 | | +50 | +0.1 | 0.5 | 0.1 | -48 | B | | Fuera de rango | 0.0 |
| PB11 | | -50 | -0 | 0.5 | 0.1 | +10 | A | | Fuera de rango | 0.0 |
| PB12 | | +50 | +0.1 | 0.5 | 0.1 | +10 | B | | $\min(1, (10 - 0.1)/(50 - 0.1)) = \min(1, 0.20)$ | 0.20 |
| PB13 | | 0 | 20 | 0 | 0 | 89 | A | | Fuera de rango | 0.0 |
| PB14 | | 0 | 20 | 0 | 0 | 86 | A | | Fuera de rango | 0.0 |
| PB15 | | 0 | 20 | 0 | 0 | 193 | A | | Fuera de rango | 0.0 |
| PB16 | | 0 | 20 | 0 | 0 | (89-86)/89 = 3% | B | | $\min(1, (20 - 3)/(20 - 0)) = \min(1, 0.85)$ | 0.85 |
| PB17 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | A | | Fuera de rango | 0.0 |
| PB18 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 | A | | Fuera de rango | 0.0 |
| PB19 | | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 | A | | Fuera de rango | 0.0 |

FIGURA 10

| CODIGO n | Limite infer. L | Limite super. U | Pond. UG | Pond. OH | Real | Tipo | | Prob. x ponder. UG | Prob. x ponder. OH |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------|-------------|-----------------|-------|-------|--------------------------|--------------------------|
| | | | | | | L<U A | L>U B | | |
| PB1 | 7000 | 1,000,000 | 0 | 15 | 22700 | A | 0.98 | 0.0 | 14.76 |
| PB2 | 7000 | 1,000,000 | 0 | 15 | 10100 | A | 0.99 | 0.0 | 14.95 |
| PB3 | 500 | 1,000,000 | 30 | 0 | 350200 | A | 0.65 | 19.50 | 0.0 |
| PB4 | 500 | 1,000,000 | 30 | 0 | 390656 | A | 0.60 | 18.28 | 0.0 |
| PB5 | 500 | 1,000,000 | 0 | 15 | 350100 | A | 0.65 | 0.0 | 9.75 |
| PB6 | 500 | 1,000,000 | 0 | 15 | 351656 | A | 0.64 | 0.0 | 9.73 |
| PB7 | -50 | -0 | 0.5 | 0.1 | +48 | A | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| PB8 | +50 | +0.1 | 0.5 | 0.1 | +48 | B | 0.96 | 0.48 | 0.10 |
| PB9 | -50 | -0 | 0.5 | 0.1 | -48 | A | 0.96 | 0.48 | 0.10 |
| PB10 | +50 | +0.1 | 0.5 | 0.1 | -48 | B | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| PB11 | -50 | -0 | 0.5 | 0.1 | +10 | A | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| PB12 | +50 | +0.1 | 0.5 | 0.1 | +10 | B | 0.20 | 0.10 | 0.02 |
| PB13 | 0 | 20 | 0 | 0 | 89 | A | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| PB14 | 0 | 20 | 0 | 0 | 86 | A | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| PB15 | 0 | 20 | 0 | 0 | 193 | A | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| PB16 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0(89-86)/89 =3% | B | 0.85 | 0.0 | 0.0 |
| PB17 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | A | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| PB18 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 | A | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| PB19 | 0 | 1 | 0 | 0 | 6 | A | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Total | | | | | | | | 38.85 | 49.39 |

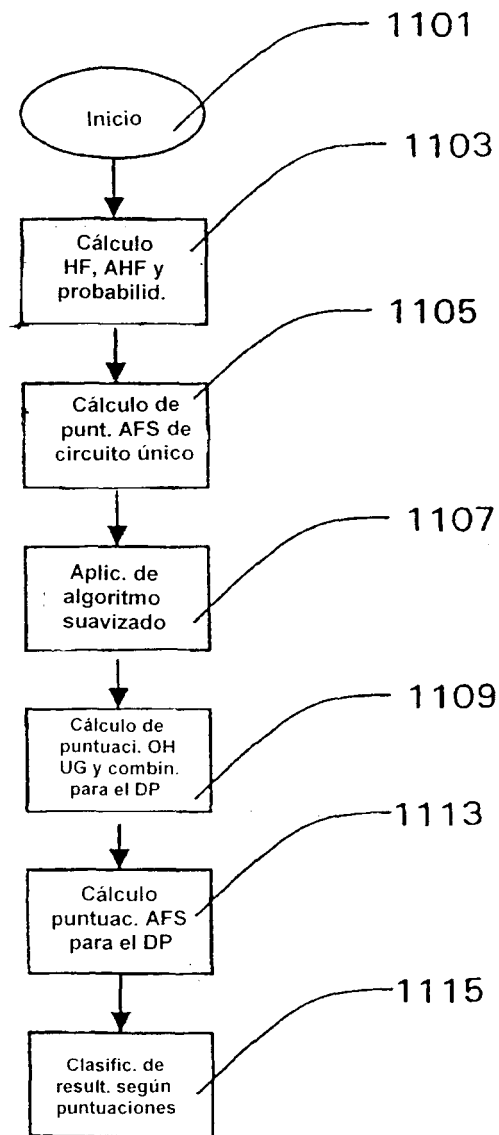


FIGURA 11

| CÓDIGO | Parámetros de lectura | Lectura de prueba (N) | Pond. AFS (n) | Unidades | Prob. | Prob. x pond. |
|--------|------------------------------|-------------------------|------------------|----------|-------|---------------|
| n | | | | | | |
| AFS 1 | Resistencia A-B | Resistencia A – B | 1 | 0 – 100 | 0,98 | 0,98 |
| AFS 2 | Resistencia B-A | Resistencia B – A | 1 | 0 – 100 | 0,99 | 0,99 |
| AFS 3 | Resistencia A – batería | Resistencia A – batería | 1 | 0 – 100 | 0,65 | 0,65 |
| AFS 4 | Resistencia B – batería | Resistencia B – batería | 1 | 0 – 100 | 0,60 | 0,60 |
| AFS 5 | Resistencia A – tierra | Resistencia A – tierra | 1 | 0 – 100 | 0,65 | 0,65 |
| AFS 6 | Resistencia B – tierra | Resistencia B – tierra | 1 | 0 – 100 | 0,64 | 0,64 |
| AFS 7 | Volts CD A – tierra negativa | Volts CD A – tierra | 0 | 0 – 100 | 0,0 | 0,0 |
| AFS 8 | Volts CD A - tierra positiva | Volts CD A – tierra | 0 | 0 – 100 | 0,96 | 0,0 |
| AFS 9 | Volts CD B – tierra negativa | Volts CD B – tierra | 0 | 0 – 100 | 0,96 | 0,0 |
| AFS 10 | Volts CD B – tierra positiva | Volts CD B – tierra | 0 | 0 – 100 | 0,0 | 0,0 |
| AFS 11 | Volts CD A – B negativa | Volts CD A – B | 0 | 0 – 100 | 0,0 | 0,0 |
| AFS 12 | Volts CD A – B positiva | Volts CD A – B | 0 | 0 – 100 | 0,20 | 0,0 |
| AFS 13 | Capacitancia A – tierra | Capacitancia A – tierra | 0 | 0 – 100 | 0,0 | 0,0 |
| AFS 14 | Capacitancia B – tierra | Capacitancia B – tierra | 0 | 0 – 100 | 0,0 | 0,0 |
| AFS 15 | Capacitancia A – B | Capacitancia A – B | 0 | 0 – 100 | 0,0 | 0,0 |
| AFS 16 | Capacitancia resultante | Capacitancia resultante | 0 | 0 – 100 | 0,0 | 0,0 |
| AFS 17 | Volts CA A – tierra | Volts CA A – tierra | 0 | 0 – 100 | 0,0 | 0,0 |
| AFS 18 | Volts CA B – tierra | Volts CA B – tierra | 0 | 0 – 100 | 0,0 | 0,0 |
| AFS 19 | Volts CA A – B | Volts CA A – B | 0 | 0 – 100 | 0,0 | 0,0 |
| | | | | Total | | 4,51 |

FIGURA 12

FIGURA 13

$$\text{Puntuación AFS} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Probabilidad de fallo (n) x AFS (n)} \\ \text{para todas las pruebas (AFS1 a AFS19)} \\ + \text{AFS20 (SI circuito fallo permanente)} \\ + \text{AFS21 (SI circuito fallo permanente previsto)} \end{array} \right\}$$

Puesto que la línea 2 presenta una tasa de fallos ponderada
 Puesto que la línea 2 se ha definido como un bucle rectificadado, AFS20 = 4,51
 entonces este circuito es un circuito de fallo permanente (véase la
 diapositiva 6) AFS21 = 5
 Puesto que la línea 2 se ha definido como un fallo permanente previsto AFS21 = 3
 (véase la diapositiva 7) Total 12,51

Las tablas para la calibración de puntuaciones AFS con respecto a las puntuaciones AFS reales podrán ser definidas por el usuario, siendo las cifras indicadas a continuación valores provisionales.

| CÓDIGO | N.º | Inferior | Superior | AFS real |
|--------|-----|----------|----------|----------|
| SC1 | 1 | 0,0 | 0,1 | 0 |
| SC2 | 2 | 0,1 | 0,5 | 0,2 |
| SC3 | 3 | 0,5 | 1,0 | 0,3 |
| SC4 | 4 | 1,0 | 1,5 | 0,4 |
| SC5 | 5 | 1,5 | 2,0 | 0,5 |
| SC6 | 6 | 2,0 | 2,5 | 0,6 |
| SC7 | 7 | 2,5 | 3,0 | 0,7 |
| SC8 | 8 | 3,0 | 3,5 | 0,8 |
| SC9 | 9 | 3,5 | 4,0 | 0,9 |
| SC10 | 10 | 4,0 | 5,0 | 1,0 |
| SC11 | 11 | 5,0 | 6,0 | 1,0 |
| SC12 | 12 | 6,0 | 26 | 1,0 |

El ahorro anual de fallos reales (AFS) es 1
 Se producirá un fallo en el periodo de un año.

Curva de puntuaciones de ahorro anual de fallos

FIGURA 14

Resumen de datos para un DP.

| | OH | UG | Previstos | HF | Combinada | Tipo | AFS |
|--------------|--------------|---------------|-----------|----------|---------------|------|-----|
| Línea nº 1 | 0 | 0 | | 0 | | 0 | 0 |
| Línea nº 2 | 49.05 | 37.79 | 1 | 1 | 61.92 | OH | 1 |
| Línea nº 3 | 0 | 28.74 | | | 28.74 | UG | 0.3 |
| Línea nº 4 | 5.11 | 18.23 | | | 18.93 | UG | 0.3 |
| Línea nº 5 | 11.36 | 18.29 | | | 21.53 | UG | 0.4 |
| Línea nº 6 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | 0 |
| Línea nº 7 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | 0 |
| Línea nº 8 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | 0 |
| Línea nº 9 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | 0 |
| Total | 65.52 | 103.05 | 1 | 1 | 131.12 | | |
| | Area | | 1 | 1 | | 1 | 1.0 |
| | Subterránea | | 0 | 0 | | 3 | 1.0 |

FIGURA 15

Puntuación de clasificación para red aérea
 $\text{Rank.OH.DP} = \text{ROK1} \times \text{SMV.DP} \times (\text{Suma de todas las puntuaciones OH de RED AÉREA}) +$
 $\text{ROK2} \times \text{SMV.DP} \times (\text{Número de fallos permanentes previstos de RED AÉREA})$
 $+ \text{ROK3} \times (\text{Número de fallos permanentes de RED AÉREA})$
 $+ \text{ROK4} \times \text{SMV.DP} \times (\text{Número de circuitos de RED AÉREA})$
 $+ \text{ROK5} \times (\text{Número de línea del DP} - (\text{SMV.DP} \times (\text{Número de circuitos de RED AÉREA})))$

Se supone que SMV.DP es el valor de suavizado = 1.

| Valores por omisión | Código | Nombre | Red área | Valor | Unidad | Rango | Cálculos | = |
|---------------------|--------|--------|---|-------|--------|---------|--------------------------------|----------|
| | ROK1 | Rank1. | (Prob. de fallo) | 2 | Entero | 0 - 100 | $2 \times 1 \times 65,52$ | = 131,04 |
| | ROK2 | Rank2. | (Fallo perm. previsto) | 15 | Entero | 0 - 100 | $15 \times 1 \times 1$ | = 15,0 |
| | ROK3 | Rank3. | (Fallos permanentes) | 30 | Entero | 0 - 100 | 30×1 | = 30,0 |
| | ROK4 | Rank4. | (Sin circuitos) | 5 | Entero | 0 - 100 | 5×1 | = 5,0 |
| | ROK5 | Rank5. | (DP de circuitos en buenas condiciones) | 0 | Entero | 0 - 100 | $-0 \times (9 - (1 \times 1))$ | = 0,0 |

Parámetros de clasificación de red área para los DP

Puntuación total = 181,04

FIGURA 16

Clasificación para red subterránea
 $\text{Rank.UG.DP} = \text{RUK1} \times \text{SMV.DP} \times (\text{Suma de todas las puntuaciones UG de RED SUBTERRÁNEA})$
 + $\text{RUK2} \times \text{SMV.DP} \times (\text{Número de fallos permanentes previstos de RED SUBTERRÁNEA})$
 + $\text{RUK3} \times (\text{Número de fallos permanentes de RED SUBTERRÁNEA})$
 + $\text{RUK4} \times \text{SMV.DP} \times (\text{Número de circuitos de RED SUBTERRÁNEA})$
 - $\text{RUK5} \times (\text{Número de línea del DP} - (\text{SMV.DP} \times (\text{Número de circuitos de RED SUBTERRÁNEA})))$

Se supone que SMV.DP es el valor de suavizado = 1.

Parámetros de clasificación de red subterránea para los DP

| Código | Nombre | Red área | Valor | Unidad | Rango | Cálculos | | |
|--------|--------|---|-------|--------|---------|--------------------------------|---------------------|-----------|
| RUK1 | Rank1. | (Prob. de fallo) | 2 | Entero | 0 - 100 | $2 \times 1 \times 103,05$ | = 206,10 | |
| RUK2 | Rank2. | (Fallo perm. previsto) | 15 | Entero | 0 - 100 | $15 \times 1 \times 0$ | = 0,0 | |
| RUK3 | Rank3. | (Fallos permanentes) | 30 | Entero | 0 - 100 | 30×0 | = 0,0 | |
| RUK4 | Rank4. | (Sin circuitos) | 5 | Entero | 0 - 100 | 5×3 | = 15,0 | |
| RUK5 | Rank5. | (DP de circuitos en buenas condiciones) | 0 | Entero | 0 - 100 | $-2 \times (9 - (1 \times 3))$ | = -12,0 | |
| | | | | | | | Puntuación UG total | = 20,9,10 |

FIGURA 17

Clasificación de puntuación combinada para los DP
 $\text{Rank.CM.DP} = \text{RCK1} \times \text{SMV.DP} \times (\text{Suma de todas las puntuaciones de circuitos de DP})$
 + $\text{RCK2} \times \text{SMV.DP} \times (\text{Número de fallos permanentes previstos})$
 + $\text{RCK3} \times (\text{Número de fallos permanentes})$
 + $\text{RCK4} \times \text{SMV.DP} \times (\text{Número de circuitos con fallo sospechado})$
 - $\text{RCK5} \times (\text{Número de línea del DP} - (\text{SMV.DP} \times (\text{Número de circuitos con fallo sospechado})))$

Se supone que *SMV.DP* es el valor de suavizado = 1.
 Parámetros de clasificación combinada para los DP

| Código | Nombre | Red área | Valor | Unidad | Rango | Cálculos | |
|--------|--------|---|-------|--------|---------|--------------------------------|----------|
| RCK1 | Rank1. | (Prob. de fallo) | 2 | Entero | 0 - 100 | $2 \times 1 \times 131,12$ | = 206,10 |
| RCK2 | Rank2. | (Fallo perm. previsto) | 15 | Entero | 0 - 100 | $15 \times 1 \times 1$ | = 15,0 |
| RCK3 | Rank3. | (Fallos permanentes) | 30 | Entero | 0 - 100 | 30×1 | = 30,0 |
| RCK4 | Rank4. | (Sin circuitos) | 5 | Entero | 0 - 100 | $5 \times 1 \times 4$ | = 20,0 |
| RCK5 | Rank5. | (DP de circuitos en buenas condiciones) | 2 | Entero | 0 - 100 | $-2 \times (9 - (1 \times 4))$ | = -10,0 |

Puntuación combinada total = 261,10

FIGURA 18

AFS aérea para DP DP.AFS.OH = f f AFS de circuitos de DP CUANDO ES RED AÉREA
 AFS subterránea para DP DP.AFS.UG = f f AFS de circuitos de DP CUANDO ES RED SUBTERRÁNEA
 AFS combinada DP.AFS = DP.AFS.UG + DP.AFS.OH

| | OH | UG | Previsos | HS | Combinada | Tipo | AFS |
|-------|-------|-------------|----------|--------|-----------|------|-----|
| Total | 65,52 | 103,05 | | 131,12 | | | |
| | | Área | 1 | 1 | | 1 | 1,0 |
| | | Subterránea | 0 | 0 | | 3 | 1,0 |

Cuando AFS aérea para DP =1 y AFS subterránea para DP =1, Puntuación AFS combinada para DP = 2,0

FIGURA 19

