

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 593 003**

51 Int. Cl.:

H04M 3/22 (2006.01)

H04M 3/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.03.2003 PCT/GB2003/01359**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.10.2003 WO03084198**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2003 E 03722710 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.07.2016 EP 1488622**

54 Título: **Método de detección de fallos y aparato para líneas telefónicas**

30 Prioridad:

28.03.2002 EP 02252351

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

05.12.2016

73 Titular/es:

**BRITISH TELECOMMUNICATIONS PUBLIC
LIMITED COMPANY (100.0%)
81 NEWGATE STREET
LONDON EC1A 7AJ, GB**

72 Inventor/es:

**LUNT, NICHOLAS;
BIRDSALL, PAUL;
BECKFORD, MICHAEL, WILLIAM y
CHATEL, ANDREW, DAVID**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 593 003 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

Método de detección de fallos y aparato para líneas telefónicas.

5 La presente invención se refiere a la detección automática de fallos en líneas telefónicas.

Los servicios de Línea de Abonado Digital (DSL) se transmiten a través de pares trenzados metálicos de cobre utilizando un intervalo de frecuencias. En la mayoría de sistemas DSL, se utilizan Multi-Tonos Discretos (DMTs), empleándose un intervalo de puntos de frecuencia y distribuyéndose la transmisión de datos sobre los mismos. 10 Típicamente, en el DMT, el espectro de frecuencia disponible se divide en 256 subportadoras que tienen, cada una de ellas, una separación en frecuencia de 4,3 kHz y que transportan un subcanal, denominado "compartimento" o tono. A cada compartimento se le asignan hasta 16 bits. El DMT codifica los bits para cada compartimento utilizando desplazamiento de fase y amplitud de la señal para producir una ráfaga para ese tono. A continuación, estos tonos discretos se transforman al dominio del tiempo. Ciertas condiciones/fallos de la línea que afectan a servicios DSL 15 requieren herramientas de pruebas avanzadas con el fin de detectar el problema (por ejemplo, dispositivos de prueba de banda ancha).

Los métodos actuales para determinar si existe un fallo en una línea DSL implican tareas manuales (normalmente del tipo "ensayo y error" que dan como resultado el envío de varios técnicos para arreglar el mismo problema) y 20 aparatos de prueba de banda ancha caros. Diversas herramientas para pruebas presentan visualmente resultados (incluyendo la información de asignación de DMT) aunque dichos aparatos no proporcionan ninguna capacidad de ayudar a un usuario en el reconocimiento o clasificación de fallos en la línea a partir de la distribución presentada visualmente.

La solicitud de patente internacional WO 00/64130 describe un método para determinar la estructura de una línea de abonado. Se utilizan pruebas eléctricas para determinar las propiedades eléctricas de la línea, tales como voltajes de señales, diferencias de fase, impedancias, y otros. Las propiedades observadas se comparan con líneas modelo, donde las líneas modelo son un conjunto de líneas de referencia que tienen propiedades específicas, tales como un 25 calibre particular o que presentan derivaciones puenteadas.

La publicación de solicitud de patente canadiense número CA 2 297 871 describe un método de prueba de DMT para determinar la capacidad ADSL de cables mediante la determinación de una velocidad de datos teórica y 30 práctica para cada sub-canal correspondiente a un cable.

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un método de detección de fallos en una línea de abonado digital, comprendiendo el método:

comparar características medidas de transmisión de datos de la línea de abonado digital con por lo menos un modelo, de manera que dicho(s) modelo(s) modela(n) características esperadas de transmisión de datos de la línea de abonado digital; y 40

como respuesta a la comparación, generar una señal de alerta de fallos si la comparación entre las características medidas de transmisión de datos y las características esperadas y modeladas de transmisión de datos difieren en más de un umbral predeterminado, 45

en donde se transmiten datos sobre la línea de abonado digital dentro de una pluralidad de bandas de frecuencia predeterminadas,

en donde el por lo menos un modelo se forma basándose en datos que representan características de transmisión de datos de la línea de abonado digital, y 50

en donde dichas características de transmisión de datos comprenden una distribución de ocupación de bits sobre las bandas de frecuencia.

La velocidad de la línea puede ser un parámetro que se tiene en cuenta cuando se forma un modelo. Así, cada modelo puede modelar las características esperadas de una línea con una velocidad de datos predeterminada. 55

Preferentemente la comparación implica una prueba de "bondad del ajuste" entre las características medidas y el modelo. Por ejemplo, la comparación puede conllevar una o más de las siguientes: calcular el estadístico Chi cuadrado; comparar el número de ceros en bandas de frecuencia predeterminadas para las características medidas y esperadas; calcular la suma de la diferencia absoluta entre bandas de frecuencia predeterminadas consecutivas; calcular el número de bandas de frecuencia predeterminadas en las que los datos correspondientes a las mismas son menores de lo esperado (por ejemplo, menores del 50% de lo esperado); o calcular el número de bandas de frecuencias predeterminadas en las cuales los datos correspondientes a las mismas son mayores de lo esperado, 60 por ejemplo, dos veces lo esperado. 65

En otro aspecto de la invención, se proporciona un dispositivo para detectar fallos en una línea de abonado digital, comprendiendo el dispositivo:

5 una entrada para recibir datos de una línea de abonado digital que se debe someter a prueba en relación con fallos;

un procesador para medir características de los datos;

10 un comparador para comparar las características medidas de transmisión de datos de la línea de abonado digital con un modelo, modelando dicho modelo características esperadas de transmisión de datos de una línea de abonado digital; y

15 un dispositivo de alerta de fallos para generar una señal de alerta de fallo como respuesta a la comparación, si la comparación entre las características medidas de transmisión de datos y las características esperadas modeladas difiere en más de un umbral pre-determinado

en donde dichos datos se transmiten sobre la línea de abonado digital dentro de una pluralidad de bandas de frecuencia predeterminadas,

20 en donde el modelo se forma basándose en datos que representan características de transmisión de datos de la línea de abonado digital, y

en donde dichas características comprenden características referentes a la transmisión de datos sobre la línea dentro de una pluralidad de bandas de frecuencia predeterminadas.

25 La invención usa como fuente de información la información de banda ancha que es una característica del sistema de transmisión. La invención se basa en el análisis de la manera en la que se ha asignado la transmisión de datos DSL a los diversos Multi-Tonos Discretos (DMTs). Analizando la asignación, es posible identificar líneas que no se están comportando de la manera esperada, lo cual indica así una posible condición de fallo. La técnica es útil en la medida en la que la información de "visión general" (pérdidas en sentido descendente, etcétera) no recoge los fallos "difíciles".

30

La invención se refiere a un método para reconocer líneas DSL deficientes o con tendencia a fallos, particularmente aquellas líneas en la que los fallos están ocultos o son intermitentes. Los inventores han reconocido, a través del análisis de la distribución de la ocupación de bits sobre las frecuencias DMT, en líneas de DSL Asimétrica (ADSL) en particular, que las líneas ADSL con tendencia a fallos presentan un "perfil" de distribución diferente en comparación con una línea libre de fallos. Usando técnicas de modelado convencionales, se generan uno o más perfiles de modelos de ocupación de compartimentos sobre la base de una muestra de distribuciones recopiladas para líneas de las cuales se sabe que están libres de fallos. Pueden generarse perfiles modelo para representar líneas (tales como líneas ADSL) que funcionan con una selección de velocidades binarias totales de sentido descendente diferentes y de longitudes de línea diferentes.

35

40

Se pueden aplicar una o más pruebas estadísticas de "bondad del ajuste" para comparar la distribución de ocupación de bits de una línea particular con uno o más perfiles modelo seleccionados, con el fin de identificar la línea como libre de fallos o con tendencia a fallos, y posiblemente reconocer una susceptibilidad a tipos de fallo particulares. Se ha observado que pruebas estadísticas tales como el cuadrado Chi funcionan bien en la comparación de perfiles.

45

La técnica se puede aplicar a cualquier servicio DSL que utilice transmisión DMT.

50

Los resultados de las comparaciones permitirían que los técnicos fuesen enviados únicamente para aquellos casos en los que hubiese auténticos problemas con el servicio DSL. También cabe la posibilidad de monitorizar una línea a lo largo del tiempo, de tal manera que podría enviarse un técnico en el momento justo antes de que los problemas con la línea comenzasen a afectar al servicio.

55

Una aplicación adicional de la técnica sería una comprobación final de que la línea es adecuada para el despliegue a largo plazo del servicio DSL que se ha instalado.

La invención puede resultar interesante para varios segmentos del sector de las comunicaciones, por ejemplo:

60

- un operador de telecomunicaciones predominante que esté ofreciendo un servicio de banda ancha, para comprobar si las líneas que explotan están en buenas condiciones operativas en el momento de la provisión o, cuando se comunica un fallo, las pruebas también pueden resultar útiles para analizar si la línea se fue deteriorando con el tiempo
- 65

- un operador para comprobar que las líneas que le han sido suministradas pueden soportar el servicio que están proporcionando y también para determinar si la línea se encuentra en una condición de fallo cuando un cliente comunica un problema

- 5
- un fabricante de equipos DSL para añadir valor a sus productos
 - un fabricante de equipos de prueba para proporcionar un método de interpretación de los resultados de DTM

10 La etapa de comparación se puede llevar a cabo periódicamente sobre un periodo de tiempo para monitorizar cambios en las características de la línea telefónica durante el periodo de tiempo. Esta prueba periódica puede dar una indicación de una mejora o un deterioro del rendimiento de la línea.

15 Los resultados de la prueba de comparación se pueden poner a disposición localmente o se pueden enviar a una unidad central.

A continuación se describirá la invención a título de ejemplo únicamente, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

20 la figura 1 representa una distribución típica de ocupación de compartimentos para una Línea de Abonado Digital;

la figura 2 es un ejemplo de un modelo de ocupación de compartimentos de sentido ascendente;

25 la figura 3 es un ejemplo de las ocupaciones medias de compartimentos para casos “sanos” para la velocidad de bits de 576K, con la ecuación y la línea de tendencia ajustada;

la figura 4 es una representación que muestra la ocupación media y normalizada de compartimentos con respecto al número de compartimento, con la línea de tendencia ajustada;

30 la figura 5 representa una forma de realización de un dispositivo de detección de fallos según la invención y un sistema típico con el cual se usará el dispositivo de detección de fallos;

35 la figura 6 es una distribución ejemplificativa de ocupación de bits que se puede demostrar que es inhabitual mediante el uso del estadístico compartimentos de flujo descendente cero;

la figura 7 es una distribución ejemplificativa de ocupación de bits en la que el uso del estadístico de diferencia absoluta muestra las características medidas y esperadas;

40 la figura 8 es una distribución ejemplificativa de ocupación de bits que hace uso del estadístico “menos de la mitad”; y

la figura 9 es una distribución ejemplificativa de ocupación de bits que se puede demostrar que es inhabitual utilizando el estadístico “más del doble”;

45 La invención se refiere a la investigación de las características de una línea de abonado digital en el diagnóstico de fallos ADSL. Dichas características pueden ser la distribución de datos de transmisión sobre un intervalo de frecuencias, por ejemplo, cómo se ha asignado la transmisión de datos a compartimentos de Multi-Tonos Discretos (DMT) o el margen de señal/ruido de la línea. En este ejemplo particular, se considerará la distribución de la asignación de compartimentos DMT. Algoritmos incorporados dentro del módem de usuario final y del módem de la central telefónica llevan a cabo la asignación de los bits entre las diferentes frecuencias DMT, conocidas también como compartimentos. La elección exacta de la frecuencia utilizada es probable que se base en el análisis de dichas señales recibidas, teniendo en cuenta principalmente el margen de ruido, aunque posiblemente también factores tales como la relación señal/ruido y la pérdida correspondiente a los compartimentos de frecuencia. Existen muchos efectos que pueden determinar cómo se utiliza un compartimento particular, incluyendo estos la pérdida, el ruido del circuito, el ruido impulsivo, la distorsión y la interferencia sobre la línea, y también cuánta potencia se transmite a una frecuencia particular y el algoritmo utilizado para determinar el uso de los compartimentos. Los datos detallan cómo el servicio ADSL está utilizando la dispersión de compartimentos o frecuencias disponibles de Multi-Tonos Discretos (DMT).

60 Para cada velocidad de bits de servicio observada en un tipo de línea particular se desarrolla un conjunto de distribuciones “esperadas” para el uso de compartimentos de frecuencia DMT. A continuación, los datos correspondientes a una línea con fallos posibles se comparan con estas distribuciones “esperadas”, para comprobar si hay asociada una condición de fallo a un uso de frecuencia que se desvió con respecto a las asignaciones previstas.

65

Se observó que, para ciertos casos, la distribución del uso de compartimentos DMT obtenida cuando se comunicó el fallo difería con respecto a la distribución “esperada” que se había preparado, pero cuando el fallo se había eliminado la distribución DMT “coincidía” con la esperada. Esto indica que la técnica puede ser útil para distinguir casos en los que en el servicio existe un problema que es necesario resolver. Los datos pueden ser útiles para:

- identificar fallos que son responsabilidad del propietario de la red, lo cual podría ser útil para Garantías de Nivel de Servicio y Calidad de Servicio
- localización de fallos, permitiendo el envío de un técnico con las capacidades apropiadas
- posiblemente predicción de fallos; monitorizando la distribución a lo largo del tiempo puede que resulte posible anticiparse a problemas
- posiblemente identificar el módem de Usuario Final utilizado, lo cual puede ser útil para productos Auto-Instalables

Cuando un usuario final comunica un fallo con un producto (por ejemplo, productos tales como Videostream, IP o Datastream proporcionados por British Telecommunications plc) y el Proveedor de Servicios no puede rectificarlo, el mismo se traslada al propietario de la red para su investigación.

En la transmisión pueden influir cuestiones tales como las pérdidas, el ruido (tanto en el circuito como impulsivo), la distorsión y las interferencias. La cantidad de información que se puede transmitir a una cierta frecuencia también dependerá de cuánta potencia se transmite a esa frecuencia particular y del algoritmo utilizado para determinar el uso de los compartimentos. La idea básica es la posibilidad de que el uso de las frecuencias DMT sea similar, en general, para una velocidad de bits particular de servicio para líneas en un buen estado de reparación que no están sujetas a fuentes de interferencias más allá de aquellas que puedan esperarse en una red de telecomunicaciones. Toda línea que presente patrones de uso DMT que sean “inhabituales” tendrá algún motivo físico subyacente que es responsable de la diferencia, en la medida en la que los módems hasta cierto punto pueden hacer frente a ciertas condiciones de la línea. Estas diferencias pueden indicar un problema con la línea, que debe resolverse.

Se considerará un sistema ADSL que proporciona 256 compartimentos (numerados de 0 → 255) en los cuales pueden transportarse datos. Los compartimentos 7 → 29 transportan datos de sentido ascendente, mientras que los compartimentos 30 → 255 transportan datos de sentido descendente. Cada compartimento puede contener un máximo de 16 bits de datos, aunque el número máximo observado en un compartimento particular para los casos investigados fue diez. Los números asociados a los compartimentos DMT son los números de bits transportados en cada compartimento, siendo la velocidad de símbolos 4 kHz. La frecuencia asociada a un compartimento particular es el número de compartimento por 4,3 kHz.

Inicialmente se trazaron representaciones de las ocupaciones de compartimentos de sentido ascendente y de sentido descendente para todas las pruebas para cada uno de los casos observados. En la figura 1 se muestra un ejemplo de una de estas representaciones, que muestra los compartimentos tanto de sentido ascendente como de sentido descendente. Estas representaciones mostraron que la distribución de ocupación de compartimentos de sentido ascendente era prácticamente idéntica para todos los casos. No obstante, las distribuciones de ocupación de compartimentos de sentido descendente fueron variadas. En la figura 1 pueden observarse manifiestamente cortes claros en las ocupaciones de compartimentos del compartimento 0 al 6 y del compartimento 30 al 37. Debe indicarse que ninguno de los casos observados en este estudio fue adaptativo en cuanto a la velocidad, y que la adaptación del servicio tiene lugar en la dirección de sentido ascendente.

Se considerarán las cuatro siguientes velocidades comunes de bits de sentido descendente 576Kbit/s, 1.152Kbits/s, 2.272Kbits/s y 2.528Kbit/s. Las dos velocidades de bits más comunes en la muestra fueron las velocidades de bits de 576K y 2.528K.

La ocupación de compartimentos de sentido ascendente se modeló entre los compartimentos 7 y 31, ya que los compartimentos justo fuera de este intervalo contenían 0 bits. El modelado se realizó promediando las ocupaciones de compartimentos de sentido ascendente para los casos observados, y a continuación ajustando una curva a este conjunto de valores medios. El modelo obtenido a partir de la media de las ocupaciones de compartimentos de sentido ascendente tiene la forma:

$$y = -4E-06x^5 + 0,0004x^6 - 0,0148x^3 + 0,2362x^2 - 1,1408x + 1,2793 \quad (\text{Ecuación 1})$$

El gráfico mostrado en la figura 2 muestra el modelo de sentido ascendente en comparación con los datos de sentido ascendente. Ninguno de los casos observados en los datos era adaptativo en cuanto a la velocidad, y la adaptación tiene lugar en la sección de sentido ascendente del espectro. Por lo tanto, es probable que el modelo de sentido ascendente pueda no resultar tan consistente cuando se aplique la adaptación de velocidad, y que, por lo tanto, puedan ser necesarios más de un modelo para modelar las características de sentido ascendente.

A partir de las ocupaciones de compartimentos de sentido descendente, resultó evidente que la distribución de uso de compartimentos para casos de 576k se mostró significativamente diferente con respecto a la de los otros casos. Por este motivo, los casos de 576K se investigaron por separado con respecto a los casos que no eran de 576K, ya

que parecen seguir un tipo diferente de distribución, con lo que fue necesario un “modelo” aparte. La distribución de 576K parece ser mucho más plana que las otras, y es en general o bien 0 bits o bien 2 bits por compartimento. Las otras distribuciones son mucho más variadas en términos del intervalo de bits presentes en un compartimento y en los compartimentos que se ocuparon.

5

Modelado de datos

En la medida en la que las asignaciones de compartimentos DMT entre los casos de sentido descendente de 576K parecen seguir una distribución diferente a las otras velocidades de bits de sentido descendente, se calcularon dos distribuciones “esperadas”.

10

Se realizaron representaciones de todas las distribuciones obtenidas de ocupación de compartimentos de sentido descendente. A partir de estas representaciones, resultó evidente que se usaron solamente ciertos compartimentos. Para velocidades de bits de 576K, los mismos fueron del compartimento 46 al compartimento 200. Para velocidades de bits diferentes de 576K, fueron del compartimento 38 al compartimento 255 (se usaron todos los compartimentos posibles de sentido descendente, ya que 255 es el número máximo de compartimentos). Los compartimentos fuera de estos intervalos o bien tenían cero bits o bien estaban asociados a tráfico de sentido ascendente.

15

Cuando se calcula la asignación esperada de compartimentos DMT, se usan datos de líneas telefónicas que se consideran libres de fallos. En la selección de los casos que se van a utilizar para generar los modelos puede usarse un método de selección subjetivo, manual.

20

La finalidad del ejercicio de modelado de datos es producir asignaciones de compartimentos DMT “esperadas generales” para un tipo particular de línea/velocidad de bits/longitud de línea que se podría usar para una comparación general con las distribuciones que se observan realmente en líneas de prueba.

25

A continuación se describirán para la velocidad de bits de 576k y para la velocidad de bits diferente de 576k los detalles de cómo se obtuvieron las distribuciones esperadas. Seguidamente se resumen las ecuaciones que describen las distribuciones esperadas de sentido descendente.

30

Encaje de datos de sentido descendente para casos de 567k

Los datos usados para calcular la asignación esperada de compartimentos DMT para los casos de 576k se midieron a partir de una pluralidad de líneas telefónicas que estaban libres de fallos.

35

Para modelar los casos de velocidad de bits de 576K, se obtuvo, se representó y se ajustó en cuanto a línea de tendencia la ocupación de compartimentos media para cada compartimento. La línea de tendencia resultante que se ajustó a la media se utilizó como distribución “esperada”, modelo, de ocupación de compartimentos de sentido descendente para la velocidad de bits de 576K.

40

Las ocupaciones medias de compartimentos, junto con la línea de tendencia, se representaron con respecto al número de compartimento para producir la figura 3.

Para modelar la distribución de ocupación de compartimentos, se consideró que una línea de tendencia polinómica de 6º orden era el mejor modelo a utilizar después de “considerar a ojo” los diferentes ajustes.

45

Un ejemplo del modelo esperado, calculado a partir de ocupaciones de compartimentos de velocidad de bits de 576K tiene la forma de una ecuación polinómica de 6º orden:

50
$$y = -1,969-11x^6 + 1,558E-08x^5 - 4,979E-06x^4 + 8,231E-04x^3 - 7,439E-02x^2 + 3,480E + 00x - 6,334E + 01$$

(Ecuación 2)

El modelo ajustado proporciona las ocupaciones de compartimentos esperadas para cada compartimento. Comparando las ocupaciones de compartimentos para un caso particular con este modelo ajustado, debería resultar posible determinar si el servicio en cuestión está o no “sano”.

55

Ajuste de datos de sentido descendente para casos que no son de 567k

Puesto que los casos de velocidad de bits diferente de 576K hacían frente a un intervalo de velocidades de bits de sentido descendente, y por lo tanto un intervalo de valores esperados en los diversos compartimentos DMT, se siguió un procedimiento diferente con respecto a la velocidad de bits de 576K descrita anteriormente. En la medida en la que estas velocidades de bits diferentes tenían la misma “forma” general, se calcularon en primer lugar las distribuciones normalizadas, de modo que todos los valores en los diversos compartimentos DMT eran de un intervalo similar. Esto significaba entonces que la distribución “normalizada” resultante se tenía que “escalar” de acuerdo con la velocidad de bits de sentido descendente del servicio que se estuviese considerando.

65

Las ocupaciones de compartimentos para cada lectura tomada en cada línea libre de fallos se normalizaron como una fracción de la suma total de las ocupaciones de compartimentos para esa prueba. A continuación, se calculó la ocupación normalizada media para cada compartimento sobre la totalidad de los casos considerados. Los valores normalizados de uso de compartimentos DMT se calcularon como una fracción de la suma total de bits para cada distribución de compartimentos. No obstante, de nuevo no todas las utilizaciones de compartimentos DMT comienzan exactamente en el mismo punto, tal como se explicó en relación con el caso de 567k, y la finalidad era obtener una "distribución esperada general". A partir de estas ocupaciones de compartimentos normalizadas se calculó una media sobre la totalidad de las distribuciones de DMT.

5 Se ajustó una línea de tendencia a estos datos promediados. Nuevamente, se observó "a ojo" que un modelo polinómico de 6º orden resultaba ser más apropiado para ser utilizado. El modelo normalizado esperado que se calculó a partir de las ocupaciones de compartimentos de velocidades de bits diferentes de 576K tiene la forma de una ecuación polinómica de 6º orden:

15
$$y = -8,264E-15x^6 + 7,861E-12x^5 - 3,016E-09x^4 + 5,960E-07x^3 - 6,392E-05x^2 + 3,477E-03x - 6,608E-02$$
 (Ecuación 3)

En la figura 4 se muestra una representación de las ocupaciones de compartimentos medias normalizadas con respecto al número de compartimento, junto con la línea de tendencia que se ajustó. La figura 4 muestra que la línea de tendencia se ajusta mucho a la distribución de ocupación de compartimentos, normalizada, de sentido descendente, aunque es interesante observar que hay "bocados" claros fuera de la distribución normalizada de ocupación de compartimentos a ciertas frecuencias.

20 Con el fin de "escalar" este ajuste polinómico "normalizado" de acuerdo con la velocidad de bits en cuestión (1.172K, 2.272K ó 2.528K), se usó un modelo lineal para modelar la suma de todos los bits de sentido descendente para cada distribución con respecto a la velocidad de bits.

Se usó la herramienta de análisis de regresión de Excel sobre la velocidad de bits para generar un modelo lineal. Efectivamente, el uso del modelo lineal permitió calcular un factor de escala para la distribución modelo. A partir de la salida de regresión se obtuvieron y representaron el gradiente y la ordenada en el origen del modelo lineal, modelándose los datos sobre las distribuciones. El modelo lineal utilizado para escalar el modelo normalizado para casos diferentes de 576K tiene la forma:

35
$$Y = 0,328575638x - 41,50589785$$
 (Ecuación 4)

A partir del modelo lineal y del modelo polinómico pudieron calcularse las ocupaciones de compartimentos esperadas para cada una de las velocidades de sentido ascendente. La Tabla 1 proporciona un ejemplo del cálculo para un subconjunto de los compartimentos.

40 Tabla 1: Cómo se calcularon las ocupaciones de bits esperadas

	Velocidad	1.152	2.272	2.528	Sumas de compartimentos del modelo lineal
Compartimento		337,0132367	705,0179509	789,1333141	←
38	0,000702971	0,236910677	0,495607478	0,554738175	
39	0,001274711	0,429594344	0,898693853	1,005916598	
40	0,001813495	0,611171851	1,278546595	1,431089394	
41	0,002320656	0,782091905	1,636104378	1,831307229	
42	0,002797488	0,94279041	1,9722791	2,207590801	
43	0,003245246	1,093690707	2,287956369	2,560931377	
44	0,003665149	1,235203792	2,583995973	2,892291328	
45	0,004058382	1,367728548	2,861232359	3,202604659	
46	0,004426093	1,491651968	3,1204751	3,492777531	

45 Número de compartimentos sustituido en la ecuación polinómica

Respuesta polinómica * compartimento

La figura 5 muestra un ejemplo de parte de una red de telecomunicaciones. Una central local 2 y un equipo de terminación de red 4 en las instalaciones de un usuario están conectados por medio de una línea de abonado digital 8. Se transmiten datos a través de la DSL entre la central local 2 y el equipo terminal 4, tal como un módem. El aparato de detección de fallos de acuerdo con la invención queda indicado con la referencia 6. El aparato de detección de fallos incluye un medidor de características de línea 60 para medir datos transmitidos sobre la línea

DSL 8 y dar salida a los datos en una forma requerida. Por ejemplo, en una forma de realización preferida de la invención, el medidor de características de línea 60 mide la ocupación de compartimentos DMT para la línea 8.

Estos datos se introducen en un analizador de datos 62 el cual lleva a cabo una comparación entre la salida del componente de medición 60 y modelos de datos almacenados en el analizador 62. Tal como se ha descrito anteriormente, estos modelos modelan las características de líneas esperadas correspondientes al tipo de línea particular. El dispositivo de detección de fallos incluye también un módulo de visualización 64 y un generador de alertas audibles 66. El analizador puede por lo tanto visualizar en el módulo de visualización 64 las características medidas, las características del modelo y los resultados de la prueba de "bondad de ajuste" llevada a cabo por el analizador. El analizador también puede estar dispuesto para enviar una señal a la alerta de audio 66 con el fin de provocar que el dispositivo de detección de fallos 6 produzca una alerta audible cuando los resultados de las comparaciones llevadas a cabo por el analizador de datos 62 indiquen que existe una línea deficiente.

Análisis estadístico de datos medidos

Anteriormente se ha explicado cómo pueden generarse los modelos. A continuación se considerará cómo pueden utilizarse estos modelos. Durante el uso, las ocupaciones de compartimentos esperadas representadas por los modelos se comparan con las ocupaciones de compartimentos reales observadas para una línea bajo prueba, y se llevan a cabo análisis estadísticos para determinar si los datos correspondientes a cada caso bajo prueba siguen la distribución "esperada".

Para cada línea sometida a prueba, se dibuja un gráfico que muestra los datos medidos reales y la asignación modelada de datos sobre los compartimentos de sentido descendente. Para analizar más formalmente los datos y asignar valores numéricos a las diferencias entre las asignaciones de datos observadas y esperadas, se determina también una "bondad de ajuste". Se investigaron las siguientes técnicas como prueba de "bondad de ajuste".

- Prueba de tipo "Chi Cuadrado"
- Recuento de número de compartimentos observados con cero bits asignados a los mismos, cuando se espera la asignación de un valor mayor que 1 a partir de la distribución modelo
- Suma de las diferencias absolutas entre los números asignados a compartimentos adyacentes sobre el intervalo observado de sentido descendente
- Recuento de en qué lugares la asignación real en un compartimento fue menor que la mitad de la prevista a partir de la distribución idealizada para ese compartimento
- Recuento de en qué lugares la asignación real en un compartimento fue mayor que dos veces la prevista a partir de la distribución idealizada para ese compartimento

Estas pruebas se seleccionaron después de observar las distribuciones reales de datos de sentido descendente sobre los diversos compartimentos obtenidos e intentar formular un método numérico para describir las desviaciones con respecto a las distribuciones esperadas que se observaron.

Las pruebas representan un intento de desarrollar una secuencia de valores que se pueden calcular y que capturan los tipos de desviaciones que se observaron a ojo. Los módems pretenden entrenarse de tal manera que superen problemas con la línea, y pueden, hasta cierto punto, lidiar con líneas en un estado "deficiente" como consecuencia de esta capacidad para seleccionar cuántos datos se transportan en una cierta frecuencia. El disponer de la capacidad de distinguir casos en los que las distribuciones difieren con respecto a las esperadas podría permitir identificar aquellas líneas con problemas físicos subyacentes. Las técnicas anteriores proporcionan una serie de métodos para identificar distribuciones que difieren con respecto a las esperadas.

Prueba 1: Prueba de tipo "Chi cuadrado"

Se adaptó la prueba estadística convencional de Chi cuadrado para su uso con el fin de comprobar si había una "diferencia significativa" entre la asignación de ocupación de compartimentos DMT observada y "modelada" total. El valor calculado para la prueba de Chi cuadrado se da en la Ecuación 5.

$$\sum \frac{(\text{observado} - \text{esperado})^2}{\text{esperado}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Idealmente, para una prueba de Chi cuadrado, el número de valores esperados en una categoría particular debería ser superior o igual a cinco. Si el número esperado es menor que esto, entonces deberían combinarse categorías vecinas. Para procesar los datos en este ensayo, se sumaron valores de la distribución de ocupación de compartimentos DMT "esperada" de compartimentos vecinos, de manera que los totales sobre un intervalo particular de compartimentos para una velocidad de bits particular eran siempre superiores a uno y la mayor parte de ellos eran superiores a cinco. Se tomaron los totales sobre el mismo intervalo de compartimentos de las distribuciones observadas para su comparación con estos valores. Debe indicarse que, estrictamente hablando, la aproximación de Chi cuadrado es solamente válida si menos del 20 por ciento de los valores esperados de la distribución original es

menor que cinco y ninguno es menor que uno. No obstante, la verdadera finalidad de esta prueba no era una determinación “científica” de una diferencia entre la distribución observada y esperada, sino más una prueba lógica (con un valor numérico) para determinar si una distribución observada era “diferente”.

5 El número de grupos en los cuales se recopilaron los valores esperados para las pruebas de Chi cuadrado para cada una de las diferentes velocidades de bits viene dada en la tabla 3.1. El motivo por el cual fueron necesarios diferentes agrupamientos fue que las asignaciones esperadas para un compartimento DMT particular para las velocidades de bits inferiores fueron habitualmente menores que las correspondientes para las velocidades de bits superiores. Como consecuencia, tenían que agruparse más compartimentos DMT con el fin de obtener un valor que
10 estuviese en el intervalo requerido.

Tabla 3.1: Número de grupos para las pruebas de Chi cuadrado para las diferentes velocidades de bits de servicio.

Velocidad de Bits (Kbits)	Número de “grupos” para prueba de Chi cuadrado
576	33
1.152	52
2.272	108
2.528	108

15 Para agrupar los datos, los valores esperados sobre un intervalo consecutivo de compartimentos DMT se sumaron hasta que el valor combinado se situó en el intervalo 4,9 a 11,1. Se produjeron dos excepciones a esto:

- grupo final de 576Kbit que se extendió desde el compartimento DMT 187 al 200 y tenía un total de 1,15
- grupo final de 1.152 Kbit que se extendió desde el compartimento DMT 242 al 255 y tenía un valor de 3,5

20 Se tuvo la sensación de que los intervalos finales para las velocidades de 576 y 1.152 Kbit estaban bastante extendidos, y su combinación con el grupo adyacente enmascararía parte de la variación que se estaba produciendo en las distribuciones.

25 Se usaron los mismos agrupamientos para las velocidades de 2.272 y 2.528 bits con el fin de facilitar el procesado.

La prueba se llevó a cabo con niveles de significación tanto del 1% como del 5%. Aquellos casos en los que la diferencia fue significativa en uno o más de estos niveles se clasificaron como distribuciones “díscolas”.

30 La Ecuación 5 proporciona el estadístico calculado a partir de los datos, el cual se compara con respecto a un estadístico de prueba, que se puede obtener a partir de la función de Excel CHIINV para los niveles de significación utilizados según se muestra a continuación

35 $= \text{CHIINV}(0,05, df) \text{ ó } = \text{CHIINV}(0,01, df)$

donde 0,05 y 0,01 son los niveles de significación (5% y 1% respectivamente) y df es el número de grados de libertad. Se seleccionaron dos niveles para investigar a qué nivel debería efectuarse la prueba para distinguir aquellos casos de los cuales se observó “a ojo” que eran diferentes a los esperados. Los niveles se corresponden también con los niveles “convencionales” en los cuales normalmente se someten a prueba las distribuciones. El resultado de la prueba de Chi cuadrado se puede proporcionar en el módulo de visualización 64.
40

Prueba 2: Compartimentos de flujo descendente cero

45 La finalidad de esta prueba era detectar casos en los que la distribución de ocupación de compartimentos de sentido descendente presentaba varios compartimentos de cero bits, cuando se esperaba que los mismos no deberían ser cero.

El estadístico se calculó sobre el intervalo de compartimentos en los que el modelo esperado preveía un valor mayor que uno para el compartimento en cuestión, y usó la fórmula de Excel

50 $=\text{IF}(\text{compartimento observado} = 0, 1, 0)$

Esto simplemente proporciona el número de ocasiones en las cuales la ocupación de compartimentos cae a 0 cuando ello no era lo esperado. Esto podría ser potencialmente una indicación de problemas con la línea en caso de que haya un número elevado de compartimentos de sentido descendente con ocupación 0. En la figura 6 se proporciona un ejemplo del tipo de distribución en el que dicha prueba podría resultar útil. Este estadístico de compartimentos de flujo descendente 0 conseguiría que resultase sencillo identificar distribuciones “inhabituales”, tales como la correspondiente de la figura 6, debido al gran número de ocupaciones de compartimentos de 0 bits a partir del compartimento 150 en adelante. Esta prueba puede resultar particularmente útil cuando se usa
55

conjuntamente con la prueba de Chi cuadrado. Los resultados de la prueba se pueden visualizar en el módulo de visualización 64.

Prueba 3: Diferencias absolutas

La finalidad de esta prueba es detectar “fluctuaciones” en las ocupaciones de compartimentos de sentido descendente, según se identifica en la figura 7. La distribución de la figura 7 presenta “fluctuaciones” desde aproximadamente el compartimento 125 al compartimento 200. Esta prueba representa otro método para identificar un tipo de desviación con respecto a la distribución esperada que se observó.

Esta prueba simplemente suma la diferencia absoluta entre compartimentos consecutivos. La fórmula usada es

$$\begin{aligned}
 &= \text{ABS}(\text{compartimento39}-\text{compartimento38}) \\
 &= \text{ABS}(\text{compartimento40}-\text{compartimento39}) \\
 &= \text{ABS}(\text{compartimento41}-\text{compartimento40}) \\
 &\dots \\
 &\text{etcétera...}
 \end{aligned}$$

A continuación, estas diferencias se suman para cada PSID. Con el fin de comparar diferencias entre velocidades de bits diferentes, era necesaria una forma de normalización, puesto que con velocidades de bits superiores, podían esperarse diferencias mayores, debido al mayor número de bits en un compartimento DMT particular.

Se usó el siguiente estadístico de diferencia normalizada:

$$\text{estadística} = \frac{\text{suma}(\text{dif. compart. adyacentes})}{\text{suma (bits)}} * 100$$

El estadístico de diferencia calculado para los datos mostrados en la figura 7 fue 19,84; en comparación con un valor en torno a 6 de la mayoría de distribuciones con aspecto “sano”. El resultado de la prueba se puede proporcionar en el módulo de visualización 64.

Prueba 4: Menos de la mitad

Esta prueba se diseñó para detectar ocupaciones de compartimentos observadas, particularmente bajas. La fórmula es

$$= \text{IF}(\text{compartimento observado} < 0,5 * \text{compartimento esperado}, 1, 0)$$

El estadístico de “menos de la mitad” capta la “caída” de la distribución. El estadístico correspondiente a la prueba particular en la figura 8 es 119, principalmente debido a la falta total de ocupación de compartimentos después del compartimento 145. Normalmente, la cifra de “menos de la mitad” es del orden de entre 20 y 25. El resultado de la prueba se puede proporcionar en el módulo de visualización 64.

Prueba 5: Más del doble

Esta prueba detecta ocupaciones de compartimentos particularmente altas, las cuales pueden originarse cuando la distribución observada resulta sesgada. La fórmula es

$$= \text{IF}(\text{compartimento observado} > 2 * \text{compartimento esperado}, 1, 0)$$

Este estadístico de “más del doble” puede distinguir cuándo la asignación está “sesgada” hacia compartimentos de frecuencia superiores en la distribución del uso de compartimentos DMT. En la figura 9 se muestra un ejemplo de la situación. El estadístico de más del doble para el caso particular en la figura 9 es 45. Para la mayoría de las líneas libres de fallos este estadístico está en el intervalo cero a cinco. Los resultados de la prueba se pueden proporcionar en el módulo de visualización 64.

Resultados

Las mediciones y estadísticos descritos anteriormente se calculan para cada línea que se va a someter a prueba, y los mismos se comparan con las representaciones para proporcionar una información clara para cada caso, la cual puede ser revisada a continuación por un técnico experto. Alternativamente, el dispositivo de detección de fallos 6 puede estar dispuesto para enviar una alerta de fallo automática a una unidad central con el fin de registrar el fallo.

Los resultados de las pruebas de comparación se pueden proporcionar por separado o de una manera combinada. Por ejemplo, la salida de datos del dispositivo de detección de fallos puede comprender una lectura independiente

para todas las pruebas anteriores. De manera adicional o alternativa, el dispositivo de detección de fallos puede llevar a cabo un procesado de datos adicional para combinar los resultados de las pruebas individuales en una única lectura.

5 Distribuciones diferentes a las esperadas pueden indicar un problema con la línea el cual no pueden distinguir otras pruebas. De hecho, para algunos de los fallos examinados, solamente el sistema de acuerdo con la invención indicó que había un problema con la línea, ya que la totalidad del resto de pruebas devolvió valores dentro del intervalo esperado.

10 Se ha demostrado que los datos de la línea contienen información que reflejan condiciones de la línea y del equipo. La invención proporciona una herramienta de diagnóstico que toma estos datos y lleva a cabo las pruebas con respecto a los modelos apropiados para la velocidad de bits de la línea.

15 En la medida en la que parece existir potencial para usar los datos de la línea en diagnósticos de fallos, se prevé que esta información se ponga a disposición para todas las líneas.

20 La anterior descripción se refiere a la consideración de velocidades de bits particulares. No obstante, los expertos en la materia apreciarán que estas velocidades de bits son meramente ejemplificativas y no tienen ningún efecto limitativo sobre la invención. La invención es aplicable a líneas que tienen velocidades de bits, longitudes, tipos (por ejemplo, pares trenzados de cobre o fibra óptica), etcétera, diferentes. El analizador de datos 62 puede incluir todo modelo que se considere apropiado para someter a prueba las líneas. Asimismo, anteriormente se ha descrito la característica particular de ocupación de compartimentos para una línea. No obstante, se pondrá de manifiesto para los expertos en la materia que se pueden considerar otras características de la línea, por ejemplo, el margen de señal/ruido para una línea.

25 Los expertos en la materia apreciarán otras modificaciones y variaciones de la invención a partir de la presente descripción, y se pretende que las mismas estén comprendidas dentro del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Método de detección de fallos en una línea de abonado digital (8), comprendiendo el método:

5 comparar las características medidas de transmisión de datos de la línea de abonado digital (8) con por lo menos un modelo, modelando dicho(s) modelo(s) las características esperadas de transmisión de datos de la línea de abonado digital (8); y

10 como respuesta a la comparación, generar una señal de alerta de fallos si la comparación entre las características medidas de transmisión de datos y las características esperadas modeladas de transmisión de datos difieren en más de un umbral predeterminado,

15 en el que se transmiten los datos sobre la línea de abonado digital (8) dentro de una pluralidad de bandas de frecuencia predeterminadas,

 en el que el por lo menos un modelo se forma basándose en los datos que representan las características de transmisión de datos de la línea de abonado digital (8), y

20 en el que dichas características de transmisión de datos comprenden una distribución de ocupación de bits sobre las bandas de frecuencia.

2. Método según la reivindicación 1, en el que un modelo modela las características esperadas a una velocidad de datos predeterminada asociada a la línea de abonado digital.

25 3. Método según la reivindicación 1 o 2, en el que la comparación implica una prueba de bondad de ajuste.

4. Método según la reivindicación 3, en el que la comparación implica calcular el estadístico de Chi cuadrado.

30 5. Método según la reivindicación 3 o 4, en el que la comparación implica comparar el número de ceros en dichas bandas de frecuencia predeterminadas para las características medidas y esperadas.

6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que la comparación implica calcular la suma de diferencia absoluta entre dichas bandas de frecuencias predeterminadas consecutivas.

35 7. Método según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en el que la comparación implica calcular el número de dichas bandas de frecuencia predeterminadas para las que los datos son inferiores a lo esperado.

40 8. Método según la reivindicación 7, en el que la comparación implica calcular el número de dichas bandas de frecuencias predeterminadas para las que los datos son inferiores a 50% de lo esperado.

9. Método según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 8, en el que la comparación implica calcular el número de dichas bandas de frecuencia predeterminadas para las que los datos son superiores a lo esperado.

45 10. Método según la reivindicación 9, en el que la comparación implica calcular el número de dichas bandas de frecuencia predeterminadas para las que los datos son 200% de lo esperado.

11. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las características de la línea de abonado digital representan la distribución de frecuencia para datos transmitidos por medio de la línea de abonado digital.

50 12. Dispositivo (6) para detectar fallos en una línea de abonado digital (8), comprendiendo el dispositivo (6):

 una entrada para recibir datos de una línea de abonado digital que se debe someter a prueba respecto a fallos;

55 un procesador (60) para medir las características de los datos;

 un comparador (62) para comparar las características medidas de transmisión de datos de la línea de abonado digital con un modelo, modelando dicho modelo las características esperadas de transmisión de datos de una línea de abonado digital; y

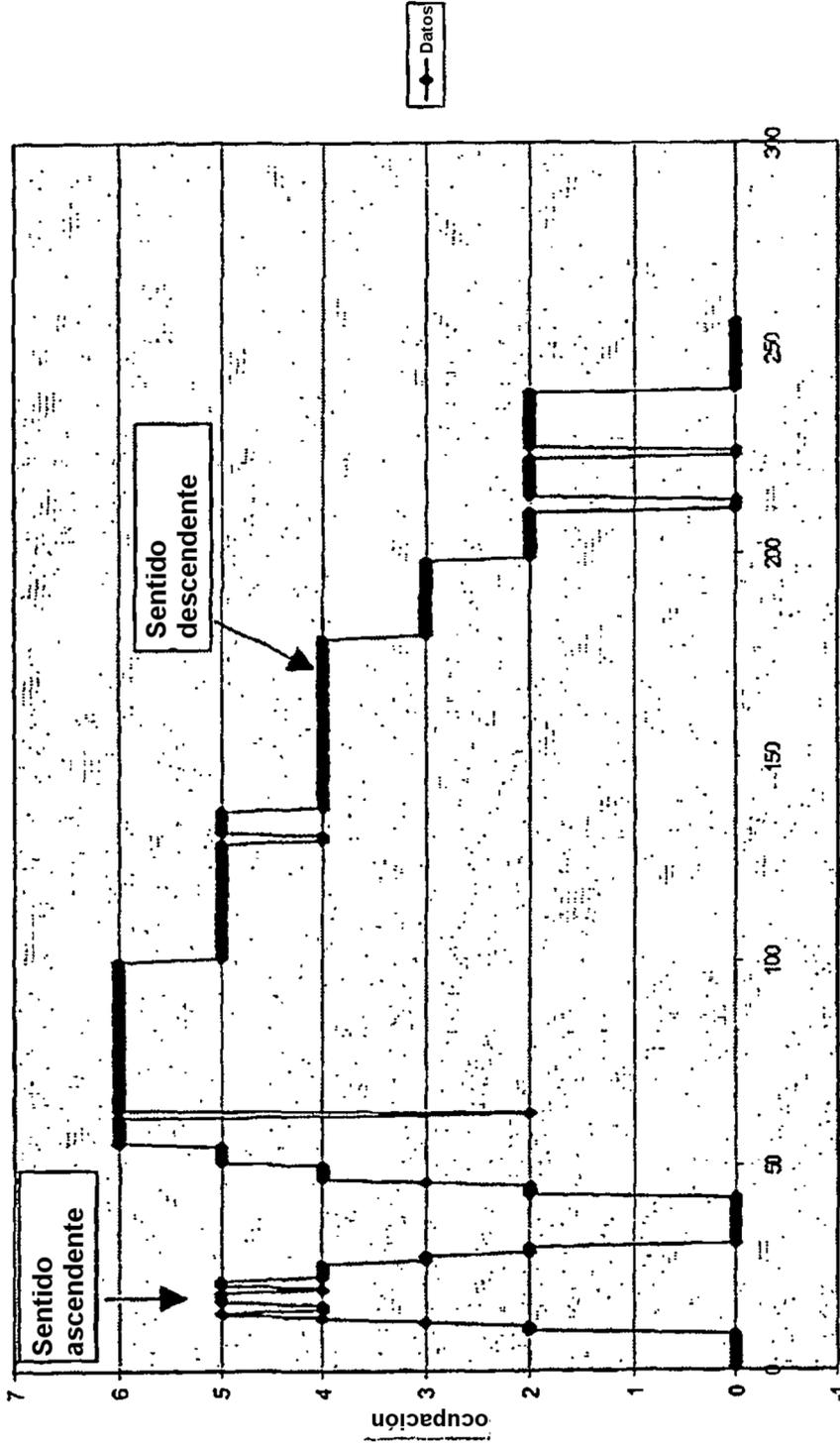
60 un dispositivo de alerta de fallos (66) para generar una señal de alerta de fallos como respuesta a la comparación, si la comparación entre las características medidas de transmisión de datos y las características esperadas modeladas difiere en más de un umbral predeterminado

65 en el que se transmiten los datos sobre la línea de abonado digital (8) dentro de una pluralidad de bandas de frecuencia predeterminadas,

en el que el modelo se forma basándose en los datos que representan las características de transmisión de datos de la línea de abonado digital (8), y

5 en el que dichas características de transmisión de datos comprenden una distribución de ocupación de bits sobre las bandas de frecuencia.

CBUK41177 Secuencia 2



compartimento

Figura 1

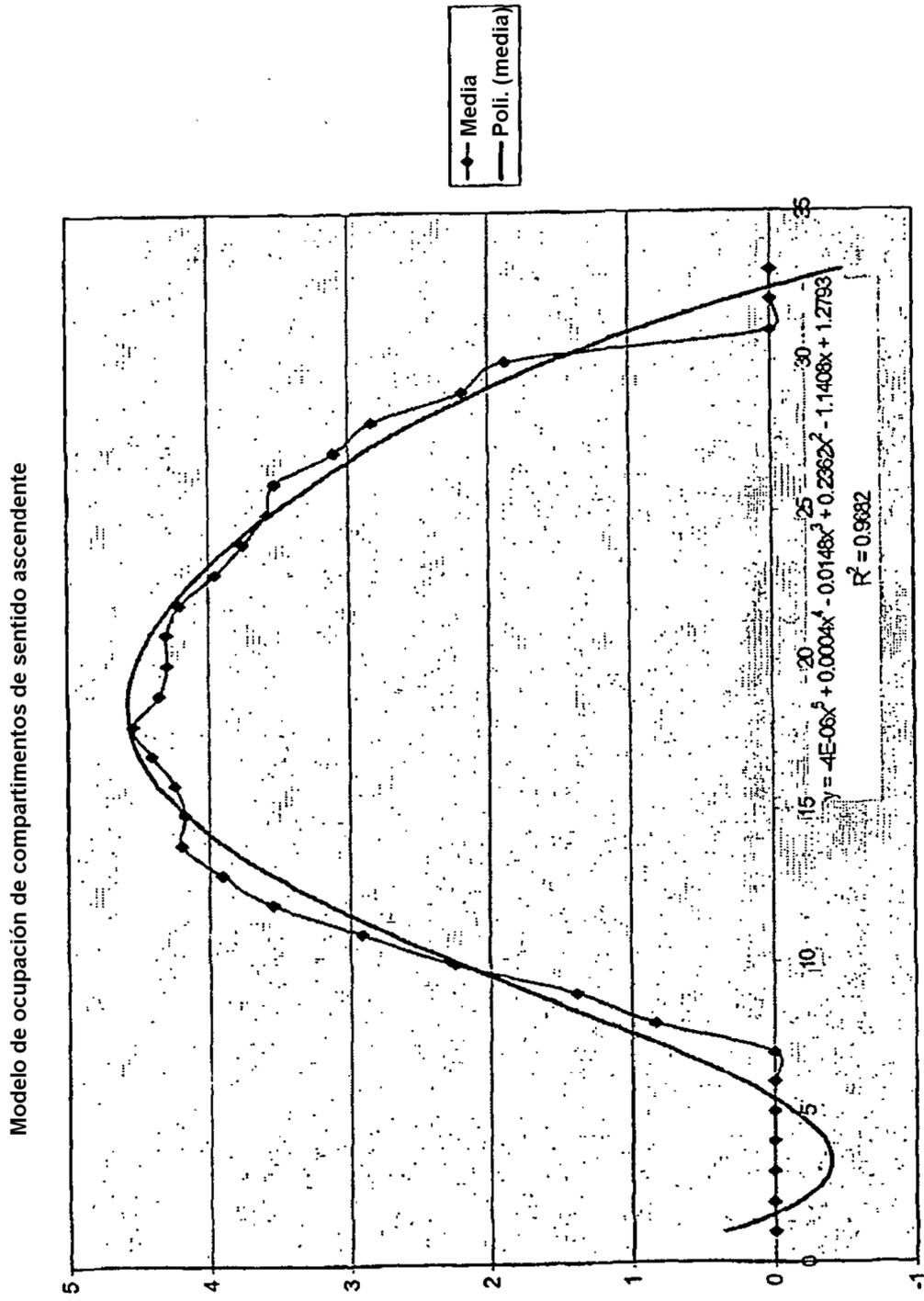


Figura 2

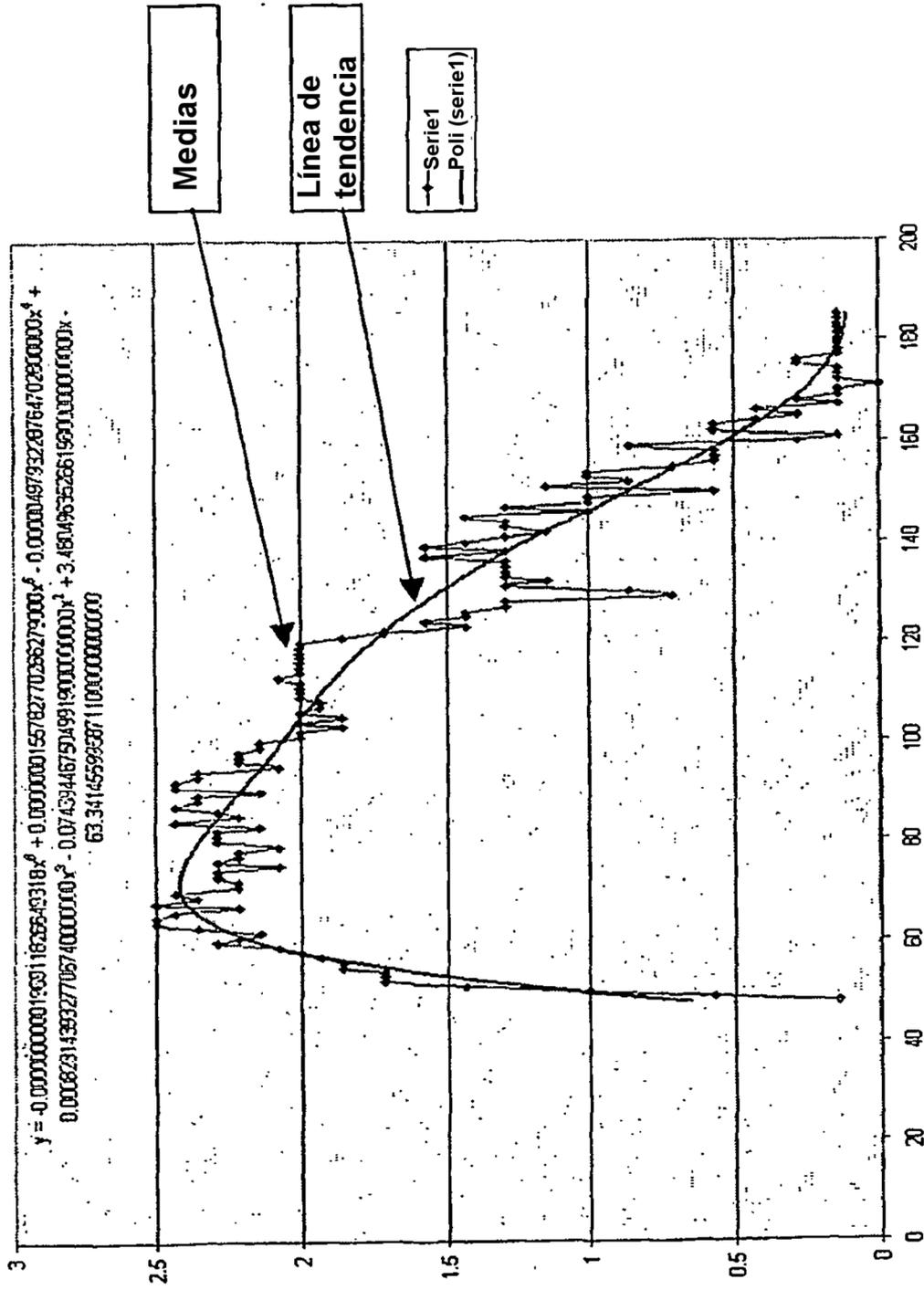


Figura 3

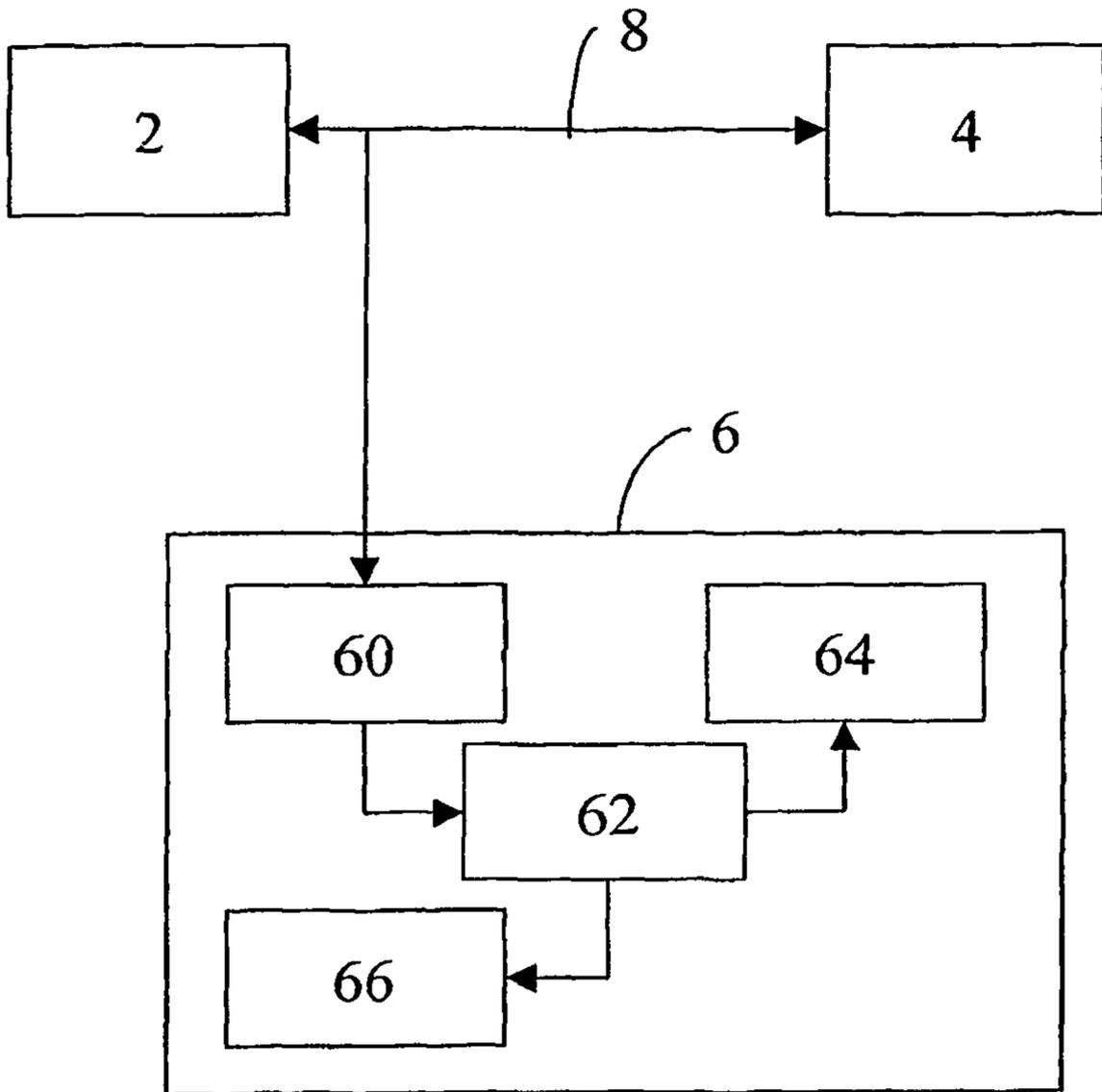


Figura 5

CBUK301954 Secuencia 1
Velocidad de bits 2.528K

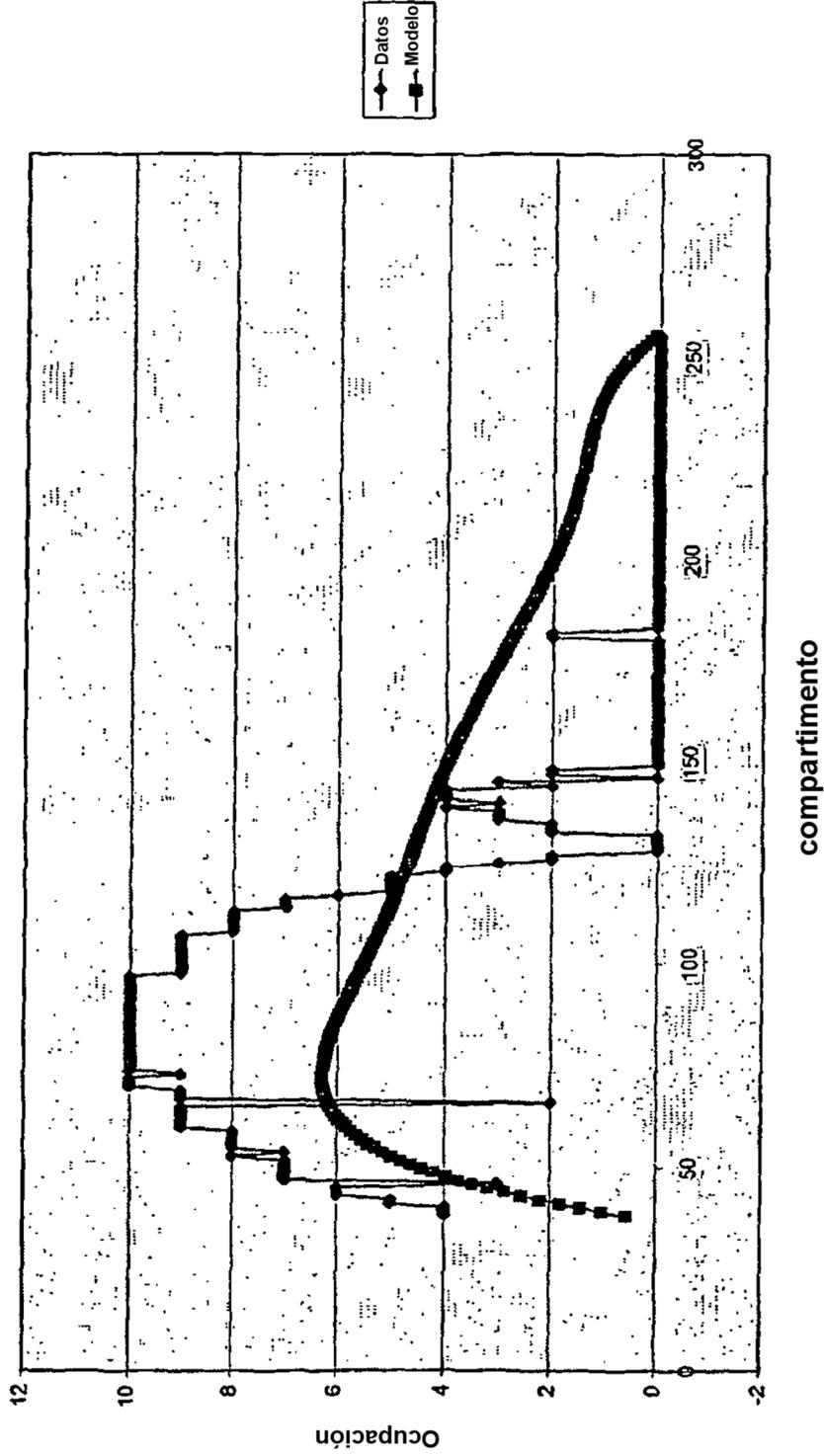


Figura 6

CBUK301954 Secuencia 2
Velocidad de bits 2528K

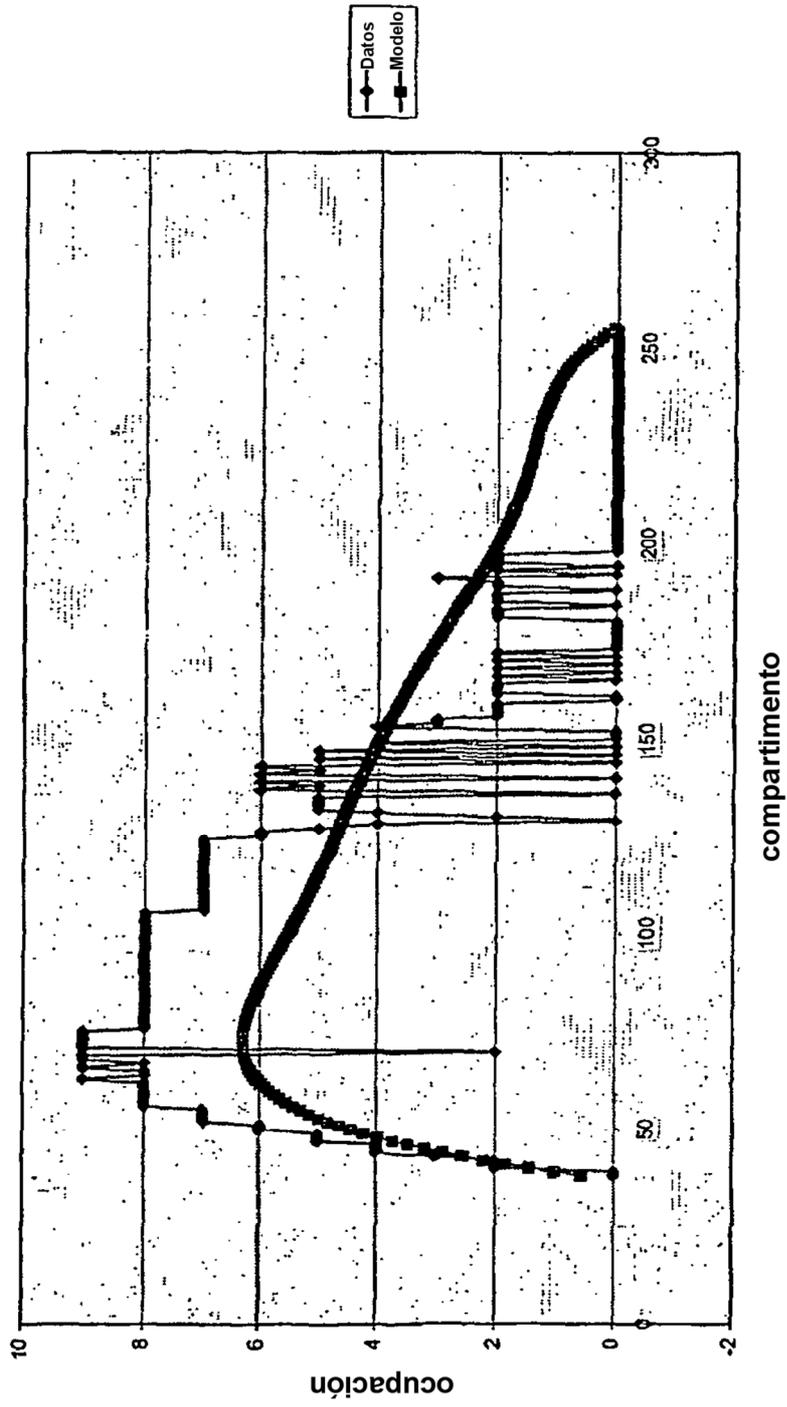


Figura 7

CBUK706453 Secuencia 1
Velocidad de bits 1152K

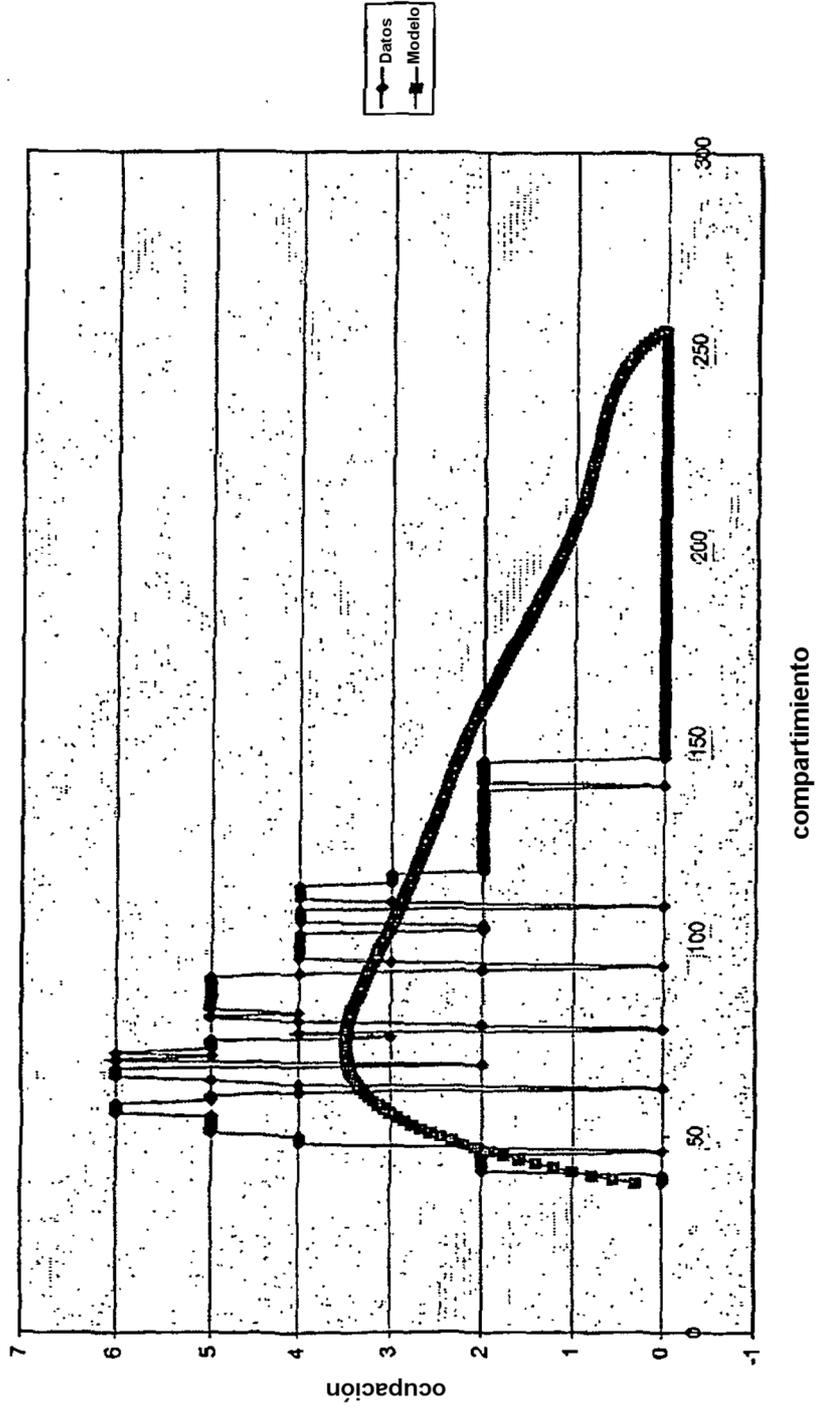


Figura 8

CBUK908988 Secuencia 1
2528K

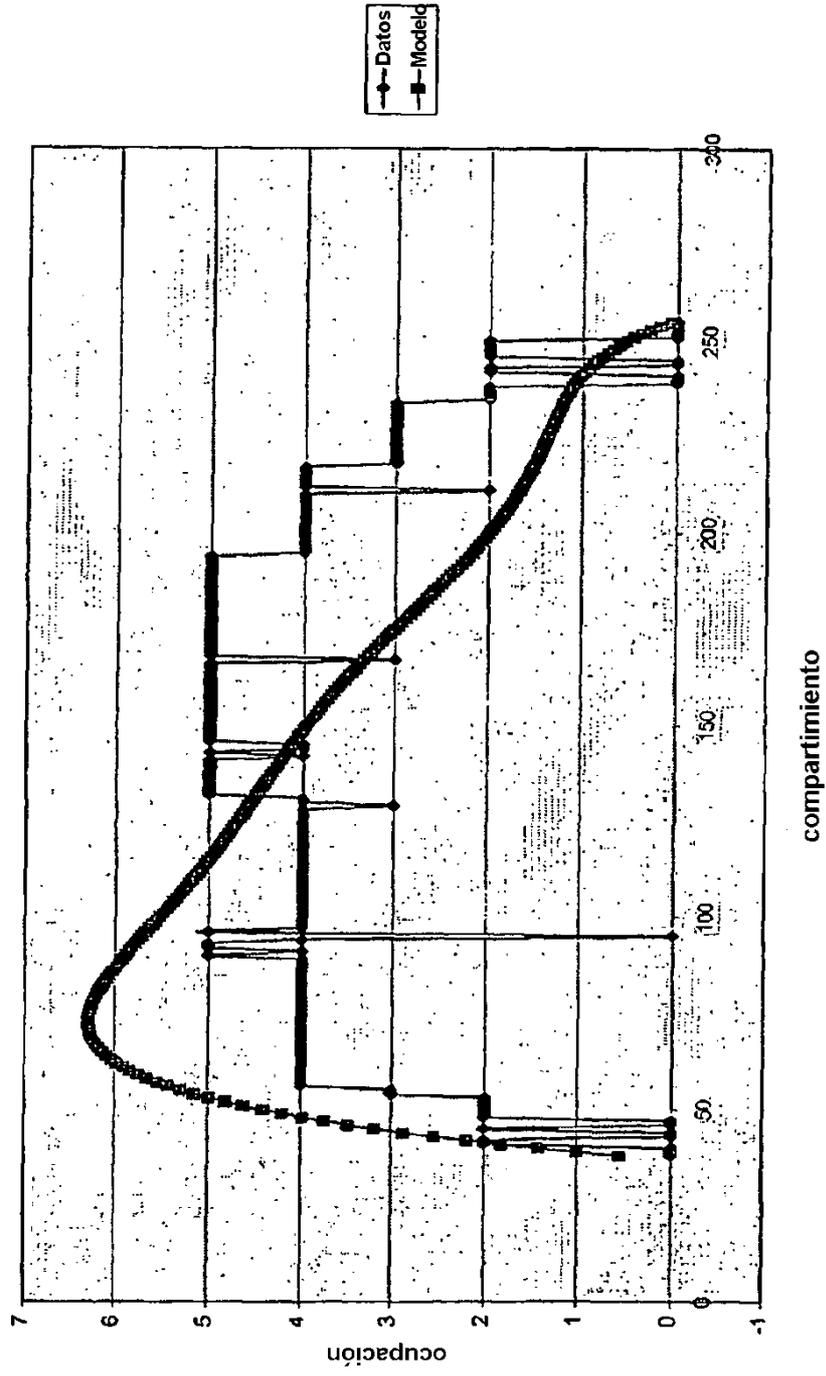


Figura 9