



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 328 678**

51 Int. Cl.:  
**H04B 7/185** (2006.01)  
**H04B 7/005** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02769253 .2**  
96 Fecha de presentación : **01.04.2002**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1393472**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.03.2004**

54 Título: **Método y aparato para supervisar y controlar la compresión de ganancia en una señal transmitida.**

30 Prioridad: **04.05.2001 US 289002 P**  
**01.04.2002 US 114373**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**17.11.2009**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**17.11.2009**

73 Titular/es: **Glowlink Communications Technology**  
**370 Diesel Circle, Suite A200**  
**Los Altos, California 94022, US**

72 Inventor/es: **Chu, Jeffrey, C.;**  
**Downey, Michael, L. y**  
**Estus, Robert, W.**

74 Agente: **Isern Jara, Jorge**

ES 2 328 678 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 y aparato para supervisar y controlar la compresión de ganancia en una señal transmitida.

### 5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere al sector de comunicaciones por satélite. Más particularmente, la presente invención se refiere al sector de supervisión y control de potencia para transpondedores de satélite.

### 10 **Antecedentes de la invención**

Un satélite de comunicaciones funciona, de manera típica, recibiendo señales de comunicación moduladas, de acuerdo con frecuencias portadoras individuales, a partir de transmisores basados en tierra. Un transpondedor en el satélite procesa, de manera típica, las señales antes de su retransmisión. Por ejemplo, el transpondedor, de manera típica, amplifica y también puede traducir las señales recibidas en frecuencia y llevar a cabo filtrado antes de la retransmisión. Entonces, los receptores basados en tierra pueden recibir las señales retransmitidas.

Una serie de factores competitivos pueden afectar el nivel de potencia utilizado para la transmisión de señales de comunicación por satélite. Por ejemplo, los modelos atmosféricos pueden interferir con las comunicaciones por satélite. Más particularmente, la lluvia puede reducir la potencia efectiva de las señales de comunicación. Esto es lo que se designa frecuentemente como “atenuación por lluvia” (“rain fade”). Por lo tanto, en presencia de lluvia, los niveles de potencia de la señal deben ser en general superiores a lo habitual para asegurar que las señales son recibidas de manera fiable.

Un satélite típico puede tener hasta veinticuatro o más transpondedores, mientras que cada uno de los transpondedores puede manipular hasta cien o más señales portadoras. Dependiendo de las necesidades de comunicación, no todas las señales portadoras pueden encontrarse activas en un momento determinado. Por lo tanto, las exigencias de potencia total pueden variar dependiendo de los niveles de tráfico de comunicación. No obstante, la potencia total disponible para retransmisión es limitada. Por ejemplo, el suministro de potencia a bordo para el satélite tiene un valor limitado.

Además, los amplificadores del transpondedor utilizados para retransmisión de las señales portadoras tienen una potencia de salida limitada. Más particularmente, para niveles bajos de potencia, un amplificador puede funcionar en una región en la que existe una relación sustancialmente lineal entre la potencia de la señal de entrada y la potencia de la señal de salida. Para niveles elevados de potencia, la relación entre la potencia de la señal de entrada y la potencia de la señal de salida pasa a ser, de modo creciente, no lineal. Esta característica de ganancia se muestra en la figura 1. Tal como se puede apreciar de la figura 1, para niveles bajos de potencia de salida (por ejemplo, por debajo de 15-20 vatios aproximadamente), la respuesta de ganancia es relativamente lineal. Para niveles de potencia más elevados, la respuesta de ganancia resulta comprimida. Una cierta compresión puede ser tolerable. No obstante, el funcionamiento más allá de ciertos niveles de compresión, es en general poco deseable dado que las señales resultantes pueden ser señales alteradas, por ejemplo, con ruido excesivo. La posición en la característica de ganancia para la que el amplificador está funcionando, se designa frecuentemente como “punto operativo”.

Por lo tanto, es deseable frecuentemente determinar el punto operativo de un amplificador de transpondedor en un satélite. Una técnica convencional comporta la medición del nivel de potencia de una señal de comunicación recibida desde el satélite en una estación de tierra. Entonces, por estimación de la atenuación de señal entre el satélite y la estación de tierra, se puede estimar el nivel de potencia en el satélite. Este nivel de potencia estimado indica el punto operativo en aquel momento. Esta técnica tiene el inconveniente de que la estimación de la atenuación es propensa a errores. Por lo tanto, el punto operativo no puede ser determinado de manera precisa.

De acuerdo con ello, existe la necesidad de una técnica más precisa para determinar el punto operativo de un amplificador de un transpondedor de satélite. Además, puede ser deseable controlar el nivel de potencia del amplificador como respuesta al punto operativo medido, a efectos de asegurar que las señales retransmitidas no son comprimidas excesivamente. Esos son los objetivos a los que se dirige la presente invención.

El documento US-A-6,128,353 da a conocer un sistema CDMA con control de histograma dinámico. Una señal de banda base es aplicada a la entrada de un amplificador. La salida del amplificador es recogida con intermedio de un convertidor analógico a digital y la salida del ADC es aplicada a un circuito de control de histograma dinámico que almacena un histograma que contiene una respuesta estadísticamente esperada de la señal de banda base. La salida de la ADC es comparada con el contenido del histograma para producir una señal de control que es aplicada al terminal de control del amplificador para controlar su ganancia.

### **Características de la invención**

La presente invención se define en las reivindicaciones independientes. Las reivindicaciones dependientes definen realizaciones de la invención.

De acuerdo con una realización se da a conocer un método y aparato para supervisar y controlar el punto operativo de un amplificador de transpondedor de satélite. En una realización de la invención, una señal de dominio de tiempo

## ES 2 328 678 T3

recibida en una estación de tierra es recogida digitalmente. A continuación, se calcula un histograma de la señal recibida. Para formar el histograma, las señales digitales son categorizadas, de acuerdo con el rango de amplitud, entre una serie de rangos de amplitud, se encuentra cada una de las señales recogidas. Cuando se representa en forma de gráfico, el número de casos dentro de cada rango de amplitud forma el histograma. Con niveles de compresión bajos, el histograma aparece en general como curva de forma aproximadamente acampanada. No obstante, con elevados niveles de compresión, la curva acampanada resulta distorsionada. Al efectuar la correlación del histograma captado con un histograma modelo, se puede determinar la magnitud de la compresión. Esta magnitud de compresión indica el punto operativo de los amplificadores del transpondedor. Si se desea, se pueden ajustar los niveles de potencia de transmisión utilizados por el satélite para asegurar que los amplificadores funcionan a los niveles deseados de compresión. La invención tiene la ventaja con respecto a las técnicas anteriores de que el punto operativo de los amplificadores del transpondedor puede ser determinado de manera más precisa. En esta situación, el punto operativo se puede ajustar de manera más precisa.

### Breve descripción de los dibujos

- 15 La figura 1 muestra una característica de compresión de ganancia de la técnica anterior;
- La figura 2 muestra un sistema de satélite en el que se puede implementar la presente invención:
- 20 La figura 3 muestra señales, a título de ejemplo, transmitidas desde el transpondedor de la figura 2;
- La figura 4 muestra el dominio de tiempo equivalente de las señales de la figura 3;
- 25 La figura 5 muestra un histograma, a título de ejemplo, de las señales del dominio de tiempo mostradas en la figura 4;
- La figura 6 muestra el histograma de la figura 5 junto con un histograma distinto, a título de ejemplo, que resulta de la compresión de ganancia;
- 30 La figura 7 muestra un diagrama de flujo para determinar el punto operativo de un transpondedor de satélite;
- La figura 8 muestra un histograma, a título de ejemplo, promediado, que puede ser utilizado como modelo;
- Las figuras 9-13 muestran histogramas captados, a título de ejemplo, junto con el histograma modelo de la figura 8;
- 35 La figura 14 muestra un gráfico demostrativo de la compresión de ganancia con respecto a la correlación métrica para un amplificador de transpondedor a título de ejemplo;
- 40 La figura 15 muestra una curva de ganancia para un amplificador de transpondedor;
- La figura 16 muestra un gráfico, a título de ejemplo, de compresión de transpondedor con respecto a la entrada de potencia; y
- 45 La figura 17 muestra un gráfico, a título de ejemplo, de la compresión de transpondedor con respecto a la potencia de salida.

### Descripción detallada de una realización preferente

#### 50 Generalidades

La figura 2 muestra un sistema de satélite en el que se puede implementar la presente invención. Tal como se ha mostrado en la figura 2, una estación de tierra (100) puede transmitir una señal ascendente (102) hacia un sistema de satélite (104). El satélite (104) puede incluir una antena receptora (106), un transpondedor (108), y una antena de transmisión (110). La señal ascendente (102) puede ser recibida por la antena (106) y pasada al transpondedor (108). Dentro del transpondedor (108), un demultiplexor (112) puede dividir la señal recibida en las señales portadoras individuales.

Desde el demultiplexor (112), las señales portadoras pueden ser procesadas, por ejemplo, por los filtros (114), (116) y (118) y amplificadas por los amplificadores (120), (122) y (124). Las señales individuales pueden ser combinadas a continuación por el multiplexor (126) y pasadas a la antena (110) para retransmisión mediante el enlace descendente (128). Una estación de tierra (130) puede recibir las señales mediante un enlace descendente (128).

Se comprenderá que el sistema de satélite (104) de la figura 2 puede ser convencional. Por lo tanto, se pueden realizar modificaciones en el transpondedor (108) consiguiendo las ventajas de la presente invención. Por ejemplo, la figura 2 muestra componentes para procesar tres señales portadoras individuales, no obstante, se comprenderá que se pueden disponer componentes para procesar un número diferente de señales portadoras. De manera similar, se comprenderá que el sistema de satélite (104) puede comprender transpondedores múltiples (108).

## ES 2 328 678 T3

La figura 3 muestra señales, a título de ejemplo, transmitidas desde un transpondedor de satélite, tal como el transpondedor (108) de la figura 2. Tal como se ha mostrado en la figura 3, un transpondedor de 40 MHz puede ser cargado con siete señales distintas con relaciones distintas señal a ruido (SNR) y frecuencias portadoras. La figura 4 muestra el dominio de tiempo equivalente de las señales de la figura 3. En otras palabras, la figura 3 representa la densidad espectral de potencia de la señal en la figura 4. Realizando la señal de dominio de tiempo de la figura 4, se puede apreciar que los datos no son de módulo constante. Una señal de fase única con clave de desplazamiento (“shift-keyed”) (PSK) puede ser de módulo constante, no obstante, cuando se suman múltiples señales PSK, el resultado es en general un módulo no constante. Además, la señal aparece algo al azar. En teoría, si se suma un número infinito de señales con diferentes SNR y amplitudes de banda, la distribución de las señales de datos sería “blanca” o con una distribución normal. Asimismo, si los voltajes de la figura 4 tuvieran que ser limitados o comprimidos, esto alteraría sustancialmente la distribución estadística de esta señal. Por ejemplo, si el voltaje de salida de la figura 2 fuera limitado a +/- 2 mV, las colas de la distribución aumentarían en magnitud.

La figura 5 muestra un histograma (500), a título de ejemplo, de los voltajes del dominio de tiempo mostrado en la figura 4. Este histograma (500) puede estar formado por captación digital de las señales del dominio de tiempo de la figura 4 y dividiendo el rango de amplitudes en una serie (por ejemplo, 200) de rangos iguales o “cubetas” (“bins”). Entonces, el número de señales que están comprendidas en cada cubeta puede ser contado. De este modo, la figura 5 muestra la distribución de las amplitudes de señales comprendidas en las cubetas. La distribución de la figura 5 no es una distribución completamente normal, no obstante, tiene forma “acampanada”. De acuerdo con ello, el histograma (500) es un ejemplo de un transpondedor cuyos amplificadores funcionan sustancialmente en la gama lineal.

Suponiendo que los voltajes de salida son limitados, tal como ocurre cuando los amplificadores del transpondedor funcionan adicionalmente en la zona no lineal, el histograma será distinto del de la figura 5. La figura 6 muestra el histograma (500) de la figura 5 con un histograma distinto (600), a título de ejemplo. El histograma (600) puede ser el resultado de limitar los voltajes de las señales del transpondedor de la figura 4. El histograma (600) puede ser normalizado de manera tal que su nivel máximo o pico sea igual al del histograma (500). De la figura 6, se puede apreciar que la distribución (600) ha variado de la curva con forma sustancialmente “acampanada” del histograma (500). Especialmente, las colas de la distribución han aumentado notablemente en magnitud.

Correlacionando los dos histogramas, se puede determinar el punto operativo de los amplificadores del transpondedor. Por ejemplo, se puede formar una correlación métrica que es representativa de las diferencias entre los dos histogramas (500) y (600). Esta correlación métrica puede ser entonces indicativa del punto operativo de los amplificadores del transpondedor.

### 35 *Determinación del punto operativo*

La determinación de un punto operativo de transpondedor es importante para procesos en los que la potencia es controlada en un sistema de comunicación por satélite y para asegurar la calidad y la integridad del tráfico de comunicaciones subyacente y de su contenido. Los procesos de control de potencia son necesariamente imprecisos excepto que se conozca el punto operativo del momento del transpondedor para cada ajuste ascendente o descendente de potencia. El proceso de control de potencia de la invención utiliza mediciones directas del sistema de supervisión del espectro (SMS) presente en una estación receptora de tierra de la mayor parte de sistemas de comunicación por satélite, para determinar el punto operativo del transpondedor durante cada uno de los ajustes de potencia.

El algoritmo para determinar el punto operativo del transpondedor puede utilizar hasta tres elementos principales de datos para determinar el punto operativo. Estos datos pueden comprender un índice de compresión de transpondedor basado en mediciones directas a partir del SMS; una potencia de transpondedor eficaz para enlace descendente radiada isotrópicamente (EIRP), medida a partir del SMS; y un punto operativo de predicción procedente de una curva de ganancia del transpondedor.

Estos tres datos se pueden combinar entre sí para determinar el punto operativo del transpondedor en cualquier momento determinado. La curva de ganancia puede ser utilizada solamente como marco de referencia. La medición EIRP del enlace descendente del transpondedor puede proporcionar un indicador bastante fiable del punto operativo del transpondedor. No obstante, la exactitud de esta medición es influenciada por muchos factores incluyendo cuestiones tales como calibración del lugar de la instalación, exactitud de direccionado de la antena y condiciones atmosféricas locales. Este indicador métrico (EIRP descendente) no será en general suficiente por sí mismo para determinar el punto operativo del transpondedor. El índice de compresión del transpondedor es una medición muy fiable y no es sensible a errores de potencia provocados por valores de calibrado incorrectos y problemas de direccionado de la antena.

### 60 *Formación del histograma modelo*

El índice de compresión del transpondedor puede ser calculado formando un histograma de la señal descendente del transpondedor. Este proceso del dominio de tiempo puede ser realizado directamente sobre el voltaje recibido de la señal descendente del transpondedor. Tal como se ha mencionado, si el transpondedor funciona en su región lineal, el histograma del transpondedor tendrá la función de distribución “acampanada”. Si el transpondedor está completamente cargado con una serie de señales, esta función de densidad se aproximará a la de una distribución normal. Al empezar a desplazarse el transpondedor desde la zona lineal a la zona no lineal, esta función de distribución cambia desde una función acampanada con un solo saliente a una función con salientes múltiples de “espalda de camello”. Cuando el

## ES 2 328 678 T3

transpondedor funciona en una zona no lineal, el voltaje de salida será comprimido. Al aumentar la compresión, las colas de la “distribución acampanada” empezarán a aparecer como abombamientos en los bordes de la distribución.

La figura 7 muestra un diagrama de flujo (700) para determinar el punto operativo de un transpondedor de satélite. Una estación de tierra, tal como la estación (130) de la figura 2, puede ser controlada, de acuerdo con el diagrama de flujo de la figura 7. Por ejemplo, un programa de software almacenado en la estación de tierra puede provocar que elementos de la estación de tierra, tal como el sistema de ordenador de tipo general, lleve a cabo las etapas del diagrama de flujo (700). De manera alternativa, el hardware o una combinación de hardware y software puede llevar a cabo las funciones indicadas por la figura 7. Por ejemplo, un sistema de hardware situado en una estación de tierra puede incluir varias etapas que se aproximan a las funciones indicadas en la figura 7. Dicha figura 7 puede mostrar también un diagrama esquemático de bloques de un sistema (700) de dicho hardware o combinación de hardware y software.

El flujo del programa empieza en un bloque inicial (702). Desde el bloque (702), el flujo del programa se desplaza a un bloque (704). En el bloque (704) se puede formar un histograma que es indicativo del funcionamiento del transpondedor de aquel momento. Por ejemplo, esto puede incluir el llevar a cabo conversión reductora (radiofrecuencia) RF a una frecuencia intermedia (IF). Además, la señal IF puede ser filtrada, por ejemplo, mediante un filtro anti-solapamiento (“anti-aliasing”). La conversión analógica a digital puede entonces ser llevada a cabo en la señal IF convertida de forma reductora. En una realización preferente, la conversión analógica a digital se lleva a cabo en la señal de dominio de tiempo recibida y bajo control automático de ganancia (AGC) para asegurar que la conversión no introduce recortes (“clipping”) en las muestras digitales de las señales recibidas. Cuando la señal se hace digital, se debe tener cuidado en impedir que la transformación A/D recorte la señal. Si la transformación A/D efectúa recorte, sería difícil distinguir entre los efectos de la compresión de ganancia y el recorte A/D. De acuerdo con ello, este problema se soluciona utilizando un control automático de ganancia para impedir que A/D efectúe recorte mientras la señal está siendo digitalizada.

La señal recogida en el bloque (704) puede comprender múltiples señales portadoras recibidas desde el transpondedor (108) (figura 2) o puede comprender solamente una señal portadora. Además, si bien la presente invención puede ser utilizada del modo más ventajoso para supervisar la compresión de ganancia de enlace descendente, se pueden conseguir algunas ventajas utilizando la invención, con modificaciones apropiadas, para supervisar la compresión de ganancia en el enlace ascendente (102) (figura 2).

Las señales digitales pueden ser almacenadas en un dispositivo de memoria legible mecánicamente en el bloque (704), como “instantánea” de la señal recibida en un periodo de tiempo limitado. Por ejemplo, la señal recibida puede ser muestreada durante un tiempo predeterminado de 10-20 microsegundos. No obstante, se podría seleccionar otro periodo de tiempo.

A continuación, las muestras almacenadas pueden ser categorizadas en “cubetas” (“bins”). Más particularmente, el intervalo de amplitud total de las muestras puede ser dividido en una serie de intervalos de igual amplitud, más pequeños. Por ejemplo, si el intervalo total de las amplitudes es de 12,0 milivoltios, entonces este intervalo puede ser dividido en doscientas cubetas de 0,06 milivoltios (mV) cada una de ellas. Por lo tanto, la primera cubeta comprendería todas las muestras entre 0,00 y 0,06 mV. La segunda cubeta comprendería todas las muestras entre 0,06 y 0,12 mV y así sucesivamente, incluyendo la cubeta de orden doscientos todas las muestras entre 11,94 mV y 12,00 mV. Es evidente que se podría seleccionar otro número de cubetas.

En la mayor parte de circunstancias, una serie de histogramas son objeto de promedio entre sí para generar un resultado alisado del histograma. De acuerdo con ello, este procedimiento de obtención de muestras a lo largo de un periodo de tiempo predeterminado puede ser repetido un número (N) de veces y los resultados pueden ser promediados para obtener un histograma promediado en tiempo. Por ejemplo, se puede utilizar la siguiente fórmula para crear el histograma de transpondedor promediado:

$$TH = 1/N \sum Thi$$

En la que  $Thi$  es un histograma único y TH es el histograma del transpondedor creado al promediar N histogramas. Esta etapa de formación de promedio es análoga a un periodograma Bartlett, excepto que el resultado es un histograma de señales en vez de un espectro de potencia y puede ser realizado utilizando el SMS y su plataforma de hardware.

La figura 8 muestra un histograma (800), a título de ejemplo, promediado, que puede ser obtenido en el bloque (704). Este histograma puede ser creado sintetizando múltiples señales sobre un transpondedor limitado en la banda. Cada una de las señales sintetizadas puede ser modulada por cuadratura de fase y desplazamiento (“shift keyed”) (QPSK) teniendo un SNR de recepción comprendido entre 10 y 18 dB. El voltaje de la señal recibida ha sido transformado en histograma en 200 cubetas diferentes.

De estos bloques (704), el flujo del programa se desplaza al bloque (706). En el bloque (706), el histograma promediado TH puede ser filtrado por las medianas. Se puede utilizar un filtro de medianas para llevar a cabo una suavización adicional del histograma de la señal promediado. Es preferible un filtro de medianas con respecto a otros filtros, puesto que tiende a conservar la forma del histograma mientras efectúa su suavización.

## ES 2 328 678 T3

De este bloque (706), el flujo del programa se desplaza a un bloque (708). En el bloque (708), se puede realizar una determinación de si el histograma obtenido en las etapas (704) y (706) se tiene que almacenar en un dispositivo de memoria como modelo, que puede ser utilizado para comparación a otros histogramas captados más adelante. Por ejemplo, durante las etapas (704) y (706), los amplificadores del transpondedor pueden ser dispuestos en un nivel de potencia bajo que es sabido que se encuentra dentro de la zona lineal de funcionamiento. De manera alternativa, se pueden obtener varios modelos bajo compresión de ganancia en varios puntos operativos conocidos. Suponiendo que el histograma actual se tiene que almacenar como modelo, el programa pasa a un bloque (710) en el que el histograma actual puede ser almacenado como modelo.

Es de esperar que un nuevo modelo requeriría su almacenamiento de modo poco frecuente. Por ejemplo, se puede obtener un nuevo modelo y se puede almacenar después de haber llevado a cabo alteraciones en un sistema de satélite, tales como añadir o inactivar señales portadoras individuales para un transpondedor. Como otro ejemplo, un nuevo modelo puede ser obtenido periódicamente, por ejemplo, diariamente, semanalmente o mensualmente.

### 15 *Formación de histogramas de medición adicionales y el índice de compresión*

Una vez que el modelo ha sido almacenado apropiadamente en el bloque (710), el flujo del programa puede volver al bloque (704). Entonces, se puede obtener un nuevo histograma en el bloque (704), se puede filtrar por medianas en el bloque (706) y puede ser almacenado en memoria. A continuación, en el bloque (708), si el histograma de nueva captación debe ser correlacionado con el modelo almacenado, el flujo de programa se desplaza desde el bloque (708) al bloque (712).

En el bloque (712), el histograma recién captado puede ser correlacionado con el modelo almacenado. Tal como se ha indicado, la compresión de la ganancia tiende a provocar el cambio de la forma del histograma. Las figuras 9-13 muestran histogramas captados, a título de ejemplo, (900), (1000), (1000), (1100), (1200), (1300), respectivamente, junto con el histograma modelo (800) de la figura 8.

Si el histograma actual resulta del funcionamiento en la región lineal, entonces el histograma actual se esperaría que fuera similar al modelo (800). Esto se ha mostrado en la figura 9, en la que el histograma actual (900) es similar al modelo (800) y tiene como resultado una compresión métrica próxima a la unidad (es decir, 1,01). No obstante, si el histograma actual resulta del funcionamiento adicional en la zona no lineal, entonces el histograma actual se podría esperar distinto al modelo. Esto ha sido mostrado progresivamente en las figuras 10-13, en las que los histogramas actuales (1000), (1100), (1200) y (1300), respectivamente, son de manera creciente cada vez más distintos del modelo (800).

El indicador métrico de compresión indica el grado de similitud entre el histograma actual y el modelo. De este modo, como resultado de niveles incrementados de compresión de ganancia en las figuras 10-13, el valor métrico de la compresión se reduce progresivamente a 0,98, 0,91, 0,79, y 0,66, respectivamente. La figura 14 muestra, a título de ejemplo, un gráfico de la compresión de ganancia con respecto al valor métrico de correlación para un amplificador de transpondedor.

En el bloque (712), el histograma modelo y el histograma actual pueden ser normalizados haciendo sus amplitudes iguales en la cubeta central de los dos histogramas. Entonces, se pueden calcular dos cantidades por el sistema (700). Una primera cantidad es una autocorrelación del modelo, mientras que una segunda cantidad es una correlación cruzada del modelo con el histograma actual. A partir del bloque (712), el flujo del programa se desplaza al bloque (714). En el bloque (714), se puede calcular la proporción de la primera y segunda cantidades calculadas en el bloque (712). La proporción de estos dos números facilita un valor métrico de la compresión. Este valor métrico de la compresión puede ser convertido en decibeles para facilitar el "índice de compresión".

### 50 *Determinación del punto operativo del transpondedor*

Haciendo referencia a la figura 7, el flujo del programa se desplaza desde el bloque (714) al bloque (716). En el bloque (716), se puede determinar el punto operativo del transpondedor. Un valor utilizado en el bloque (714) es un valor métrico de compresión obtenido por correlación del histograma modelo con un histograma actual, tal como el índice de compresión. Este valor puede ser comparado a una curva de ganancia para los amplificadores del transpondedor.

La figura 15 muestra una curva de ganancia, a título de ejemplo, (1500) para un amplificador del transpondedor. La curva (1500) puede ser una curva de ganancia de un sistema de comunicaciones por satélite de defensa simulado (DSCS III) utilizando una ecuación de aproximación obtenida a partir de un sistema de planificación de red DSCS (DNPS). Esta curva (1500) muestra la respuesta del transpondedor y la respuesta proyectada si la respuesta de salida del transpondedor fuera lineal para todas las entradas. Una curva de ganancias similar a la que se ha mostrado en la figura 15 puede ser almacenada en memoria por el sistema (700). Esta curva de ganancia (1500) puede ser obtenida experimentalmente o a base de especificaciones publicadas por un fabricante del amplificador. El nivel de compresión es diferente entre la curva de ganancia actual y la proyección de la respuesta de ganancia lineal tal como se ha mostrado en la figura 15. Por lo tanto, al comparar el nivel medido de compresión, se puede determinar el lugar en el que la curva de ganancia (1500) operan en aquel momento los amplificadores del transpondedor. Este es el punto operativo. Las figuras 16 y 17 muestran la compresión del transpondedor con respecto a la potencia de entrada y a la potencia de salida, respectivamente.

## ES 2 328 678 T3

Las regiones comprendidas dentro de las líneas de trazos de la figura 15 indican el lugar en el que es esperable el valor métrico de correlación para detectar funcionamiento no lineal del transpondedor. Las líneas más bajas indican el punto más inmediato en el que se espera el algoritmo para detectar funcionamiento no lineal. Las líneas superiores indican el límite máximo antes de la detección. En otras palabras, este enfoque detectará funcionamiento no lineal antes de llegar al límite superior. Por lo tanto, si el índice de compresión es bajo (por ejemplo, menos de 0,5 dB), esto indica que los amplificadores pueden estar funcionando en la zona lineal de la curva de ganancia (1500). La compresión de señal medida puede ser superpuesta directamente sobre la curva de ganancia del transpondedor para determinar el punto operativo. De este modo, la comparación del índice de compresión con la curva de ganancia (1500) no sería de esperar que facilitara una representación exacta del punto operativo. Por lo tanto, en estas condiciones, el EIRP del transpondedor medido utilizando técnicas convencionales puede ser utilizado para estimar el punto operativo actual del transpondedor.

El cálculo del punto operativo del transpondedor puede ser un proceso casi instantáneo. El EIRP del transpondedor de la señal descendente y el valor métrico de la compresión pueden ser determinados simultáneamente por el SMS. Estos datos pueden ser entonces referenciados a la curva de ganancia del transpondedor para determinar su punto operativo.

En una realización preferente, el punto operativo es supervisado de manera continua. Por lo tanto, una vez que se ha determinado el punto operativo actual en el bloque (716), el flujo del programa puede volver al bloque (704) y avanzar nuevamente por los bloques (706), (708), (712), (714) y (716). Este proceso puede ser repetido, por ejemplo, tan pronto como sea determinado un punto operativo o de forma periódica, por ejemplo, una vez por segundo.

### *Utilización del punto operativo medido para determinar el funcionamiento óptimo del transpondedor*

La potencia de salida del transpondedor puede ser controlada en un sistema de control de potencia mediante enlace por bucle cerrado. Más particularmente, el control de potencia implementado desde la estación de tierra (130) (figura 2) puede ser utilizado para ajustar de forma remota la potencia de salida del transpondedor para el enlace descendente (128). Por ejemplo, la calidad de la señal puede ser medida en la estación de tierra (130). Como respuesta a una baja calidad de la señal, que puede ser provocada por atenuación por lluvia, la potencia de salida puede ser incrementada, por ejemplo, enviando una señal de control por parte de la estación de tierra (130) al satélite (104). Por el contrario, como respuesta a una calidad de señal incrementada, la salida de potencia puede ser reducida sin sacrificar la calidad de la señal.

Si una baja calidad de la señal tiene como resultado un incremento de la potencia excesivo en la zona no lineal de la curva de ganancia para los amplificadores del transpondedor, otros incrementos adicionales de potencia no aumentarán, de modo general, la calidad de la señal. Por el contrario, dichos incrementos pueden reducir la calidad de la señal al incrementar la compresión de la señal y el ruido. De acuerdo con ello, el punto operativo del transpondedor determinado en el bloque (716) puede ser utilizado para inhibir que el bucle cerrado incremente la potencia de transmisión más allá de un nivel predeterminado en la curva de ganancia para los amplificadores del transpondedor. Por ejemplo, el punto operativo medido puede ser comparado a este nivel predeterminado, y si el punto operativo se encuentra en este nivel predeterminado o por encima del mismo, entonces se pueden inhibir otros incrementos de ganancia. Por el contrario, si el punto operativo medido se encuentra por debajo de este nivel predeterminado, los incrementos de ganancia pueden ser permitidos por el bucle cerrado (por ejemplo, cuando la calidad de la señal medida es baja). Para cada transpondedor, el operador o subsistema de control operativo DSCS (ODOCS) u otra identidad, puede especificar el punto operativo máximo del transpondedor.

Si bien en lo anterior se ha hecho referencia a realizaciones específicas de la invención, se apreciará por los técnicos en la materia que se pueden realizar cambios en estas realizaciones sin salir de los principios de la invención, cuyo alcance queda definido por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para la determinación de un nivel de compresión de ganancia en una señal transmitida sin cables (102), estando el método implementado por un equipo de comunicaciones y comprendiendo las siguientes etapas:
- recibir una señal transmitida sin cables (102), de manera que la señal transmitida es amplificada por un amplificador antes de la transmisión;
- 10 convertir la señal, formando de esta manera una serie de muestras digitales representativas de la señal en el dominio de tiempo;
- formar un histograma captado de las muestras;
- 15 correlacionar el histograma con un histograma modelo prealmacenado en memoria legible mecánicamente;
- y **caracterizado** por:
- controlar la ganancia de la señal transmitida en un bucle de control de potencia cerrado, basado en la calidad de la señal recibida;
- 20 formar un valor métrico de correlación representativo de la similitud entre el histograma captado y el histograma modelo, de manera que el valor métrico de correlación es indicativo de una magnitud de compresión de ganancia introducida en la señal sin cables por el amplificador, y
- 25 inhibir la compresión de ganancia adicional basándose en la magnitud de compresión de ganancia, inhibiendo de esta manera el deterioro de la calidad de la señal provocado por la compresión de la ganancia.
- 30 2. Método según la reivindicación 1, en el que dicho control de ganancia en un bucle de control de potencia cerrado se basa en la calidad de la señal recibida.
3. Método según la reivindicación 1, en el que la señal es recibida por una estación de tierra (130) procedente de un transpondedor de satélite (108).
- 35 4. Método según la reivindicación 1, en el que la señal es recibida por un satélite, procedente de una estación de tierra (100).
5. Método según la reivindicación 1, que comprende además la medición de potencia efectiva radiada isotrópicamente cuando la compresión de la ganancia se encuentra por debajo de un nivel determinado y utilizando la potencia radiada isotrópicamente para determinar un punto operativo del amplificador.
- 40 6. Método según la reivindicación 1, que comprende además la comparación de la magnitud de compresión de ganancia con una curva de ganancia del amplificador para determinar un punto operativo del amplificador y, cuando la compresión de ganancia es inferior a un nivel predeterminado, utilizar la potencia efectiva medida radiada isotrópicamente para determinar el punto operativo.
- 45 7. Método según la reivindicación 1, que comprende además la realización de un control de ganancia automático sobre la señal antes de dicho muestreo.
- 50 8. Método según la reivindicación 1, que comprende además un filtrado por medianas de las muestras de la señal transmitida sin cables.
9. Método según la reivindicación 1, que comprende además la formación del histograma modelo obteniendo muestras de la señal.
- 55 10. Método según la reivindicación 10, que comprende además la operación de una serie de histogramas modelo.
11. Método según la reivindicación 11, que comprende además el promediado de la serie de histogramas modelo.
- 60 12. Método según la reivindicación 10, en el que las muestras para el histograma modelo son obtenidas mientras el amplificador funciona en una región lineal.
13. Sistema para la determinación de un nivel de compresión de ganancia en una señal transmitida, que comprende un equipo de comunicaciones en el que un histograma es calculado por muestreo de una señal recibida (102) transmitida sin cables, y el histograma calculado es correlacionado con el histograma modelo, **caracterizado** por comprender además:
- 65



## ES 2 328 678 T3

medios para controlar la ganancia de la señal transmitida en un bucle de control de potencia cerrado basado en la calidad de la señal recibida;

5 medios para determinar el nivel de compresión de ganancia a partir de la correlación del histograma calculado con respecto al histograma modelo, y

10 siendo adaptado el equipo de comunicaciones para inhibir compresión de ganancia adicional basándose en la magnitud de compresión de ganancia, inhibiendo de esta manera el deterioro de la calidad de la señal provocado por la compresión de la ganancia.

14. Sistema, de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el histograma calculado es formado por el equipo de comunicaciones que muestrea la señal transmitida en el dominio de tiempo y determinando un número de muestras que quedan comprendidas en cada uno de una serie de intervalos de amplitud.

15 15. Sistema, de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el equipo de comunicaciones controla la ganancia de la señal transmitida en un bucle de control de potencia cerrado basándose en la calidad de la señal.

20 16. Sistema, de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el equipo de comunicaciones comprende una estación de tierra (130) que recibe la señal desde un transpondedor del satélite.

17. Sistema, de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el equipo de comunicaciones comprende un sistema de satélite que recibe la señal procedente de una estación de tierra (100).

25 18. Sistema, de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el equipo de comunicaciones compara el nivel de compresión de ganancia con una curva de ganancia de un amplificador, para determinar un punto operativo del amplificador.

30 19. Sistema, de acuerdo con la reivindicación 18, en el que cuando la compresión de ganancia es inferior a un nivel predeterminado, se utiliza la potencia efectiva radiada isotrópicamente para determinar el punto operativo.

20. Sistema, de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el equipo de comunicaciones lleva a cabo control de ganancia automático sobre la señal recibida antes de muestrear la señal transmitida para calcular el histograma.

35 21. Sistema, de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el equipo de comunicaciones filtra por medianas las muestras de la señal transmitida para calcular el histograma.

22. Sistema, de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el equipo de comunicaciones forma el histograma modelo al obtener muestras de la señal transmitida.

40 23. Sistema, de acuerdo con la reivindicación 22, en el que el equipo de comunicaciones obtiene una serie de histogramas modelo.

45 24. Sistema, de acuerdo con la reivindicación 23, en el que el equipo de comunicaciones promedia la serie de histogramas modelo.

25. Sistema, de acuerdo con la reivindicación 22, en el que el equipo de comunicaciones obtiene las muestras para el histograma modelo mientras el amplificador funciona en una zona lineal.

50

55

60

65

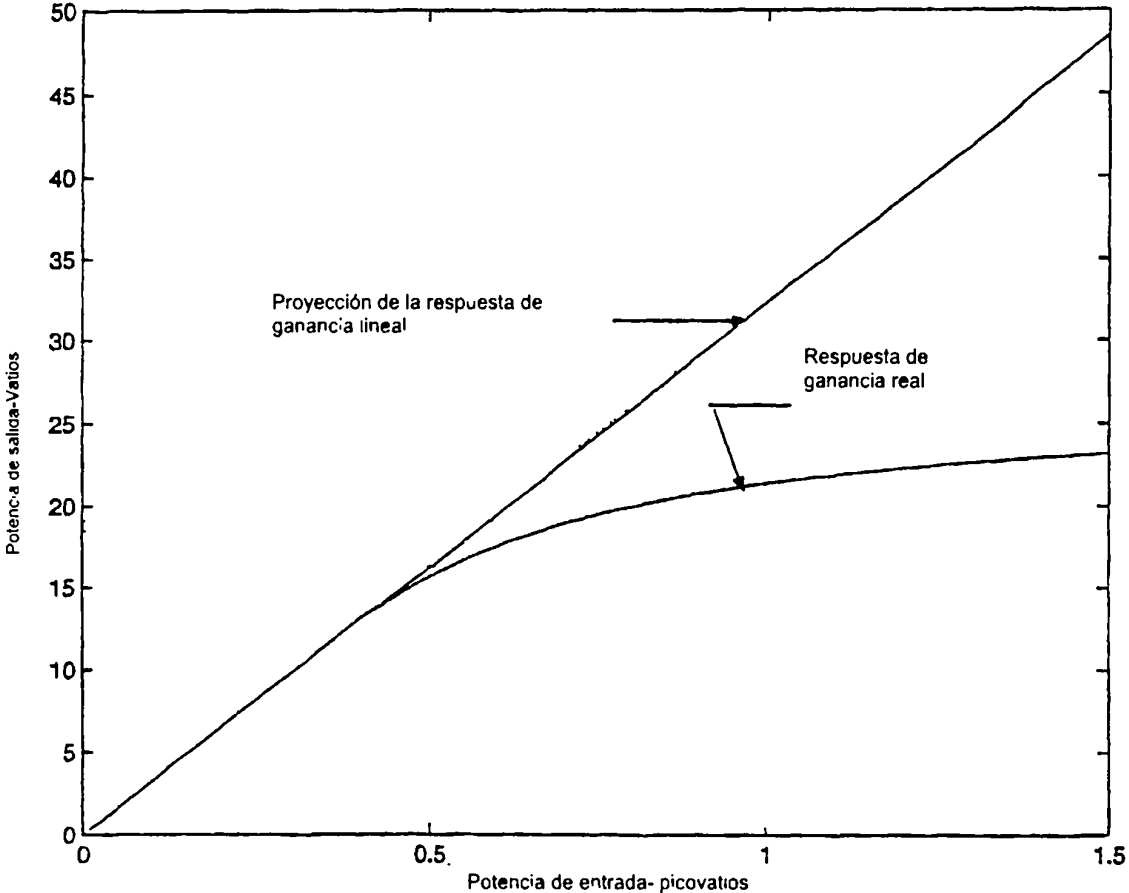


FIGURA 1  
(Técnica anterior)

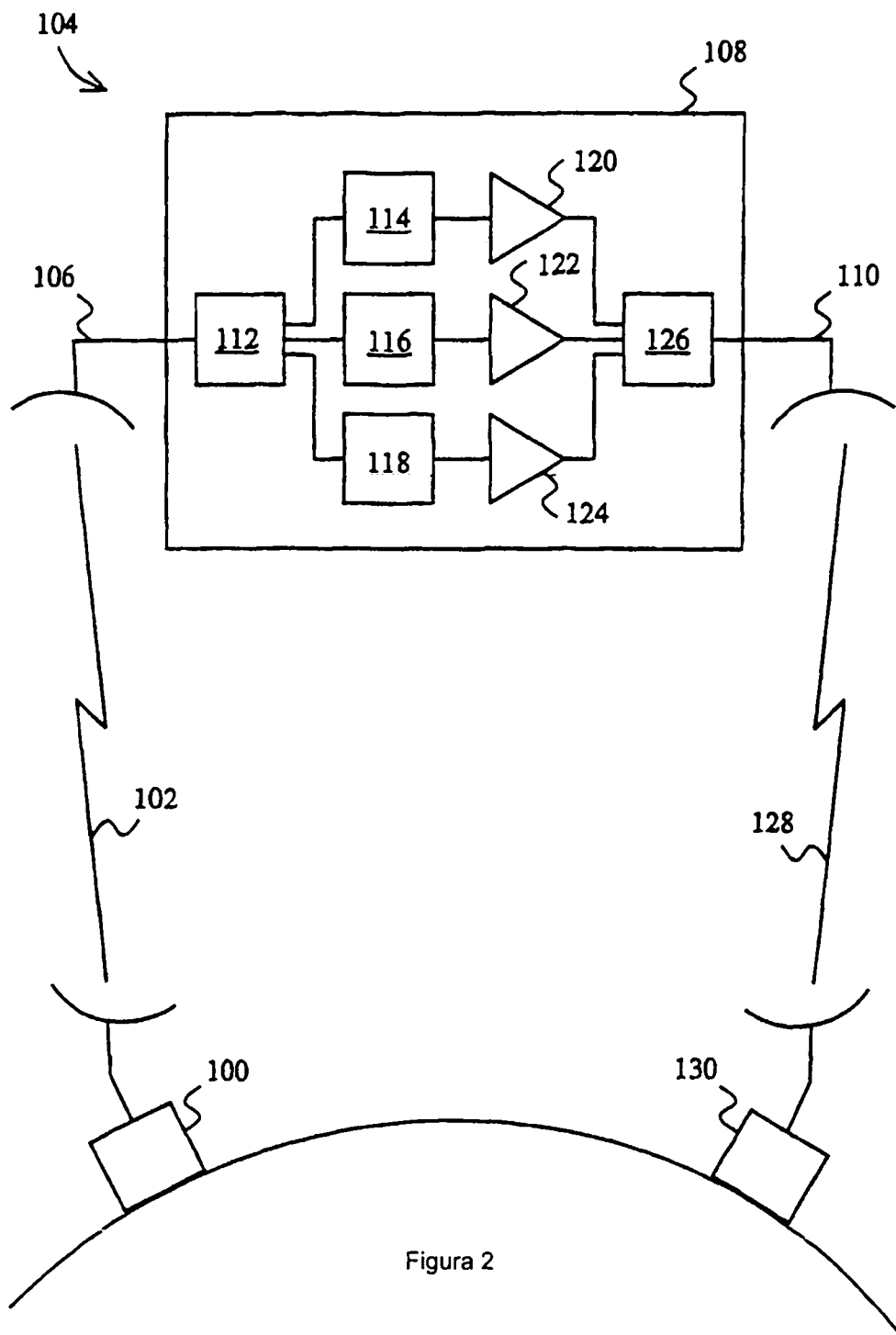


Figura 2

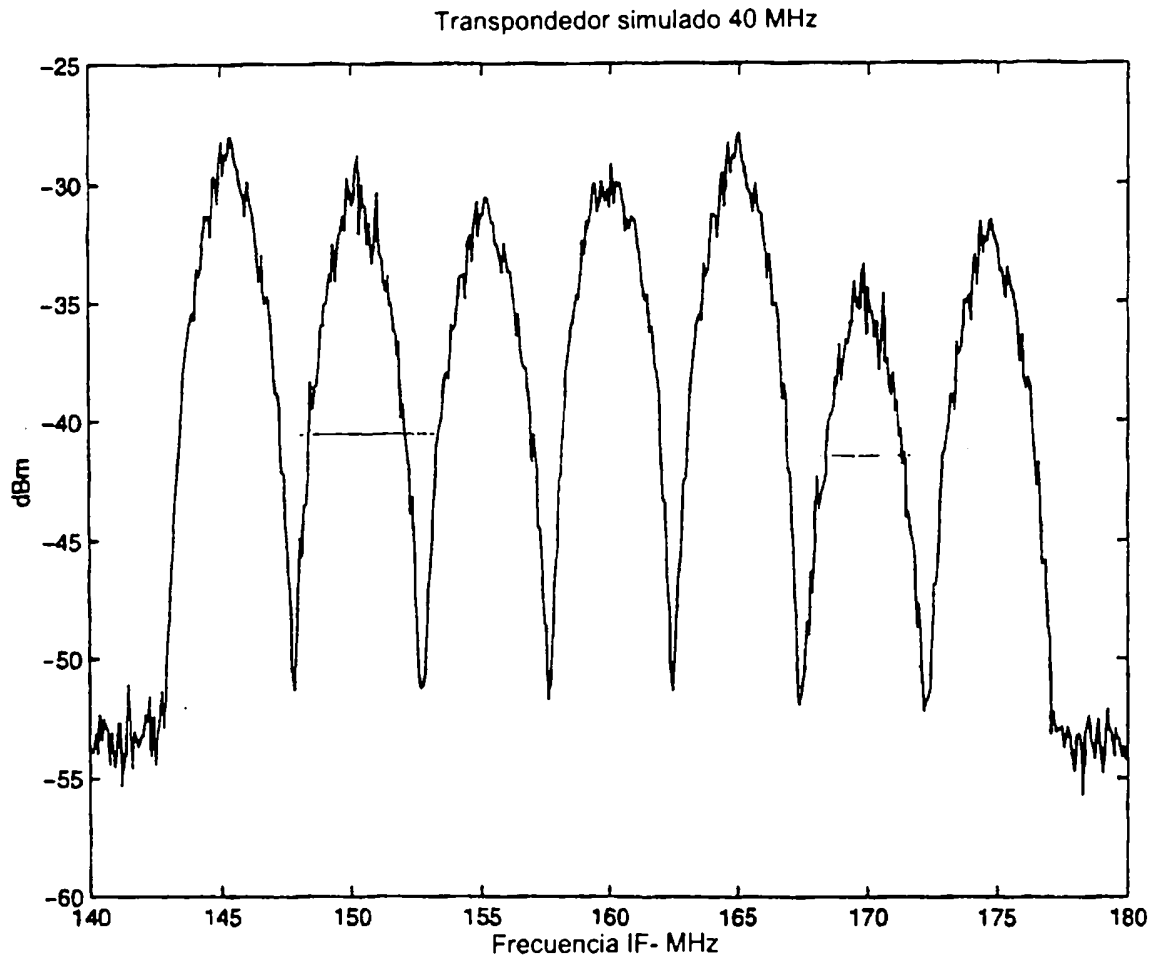


Figura 3

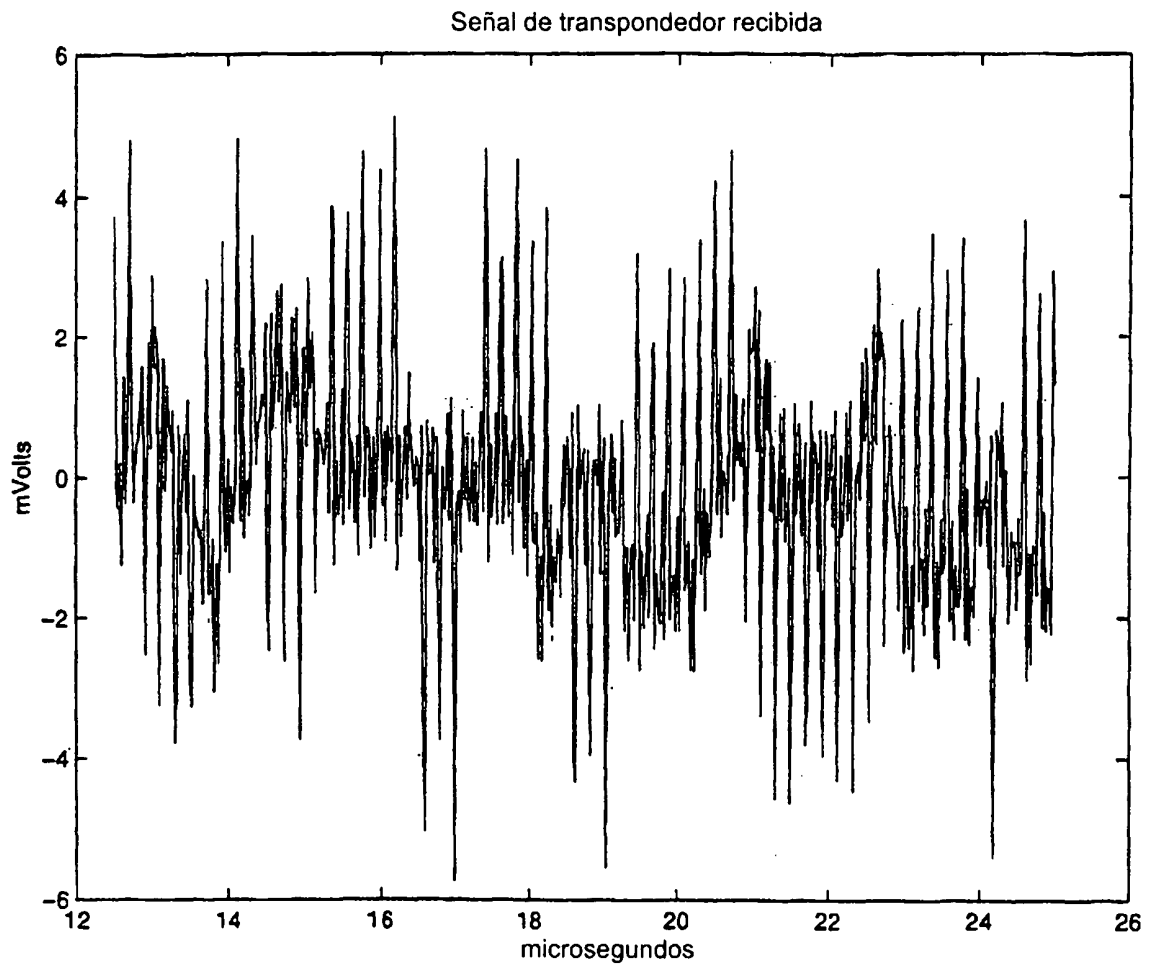


Figura 4

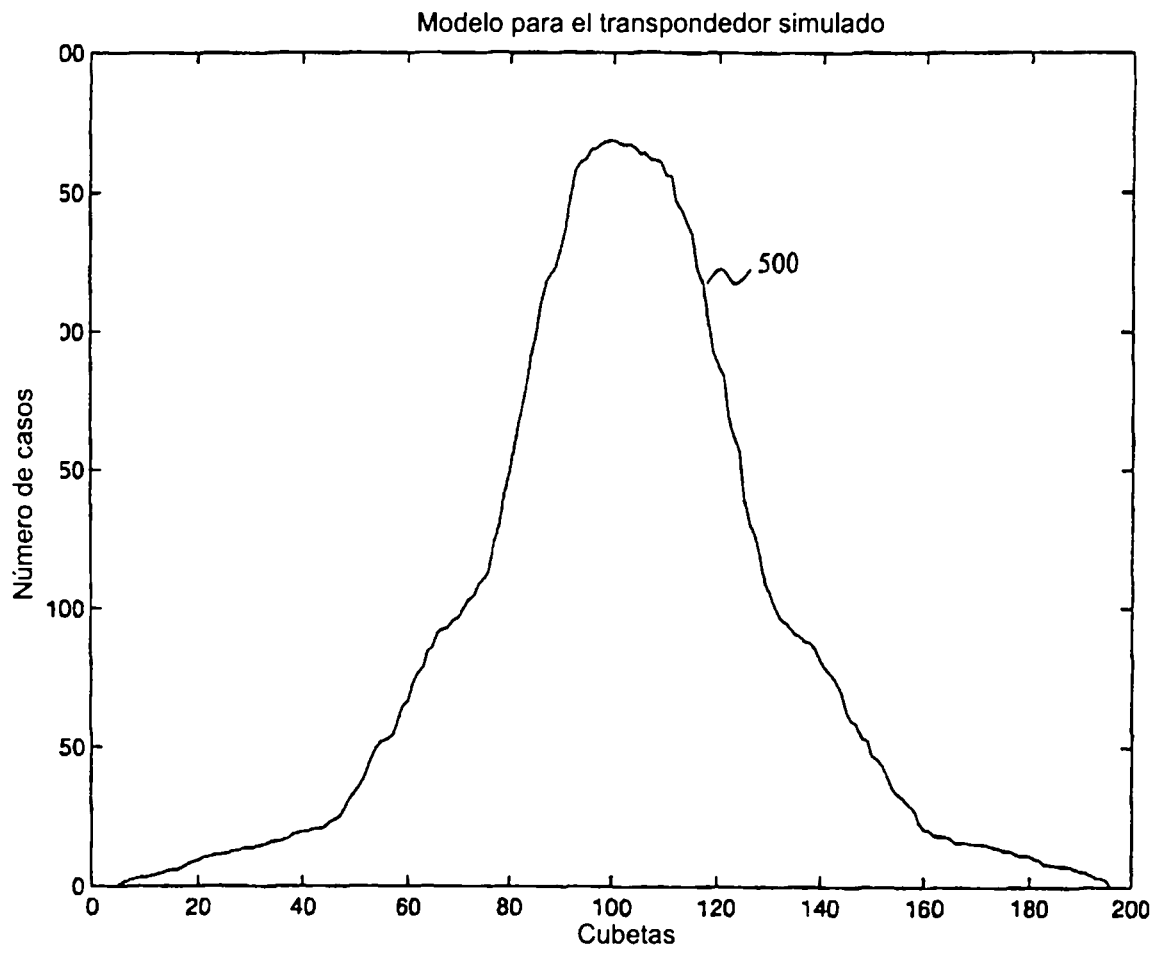


Figura 5

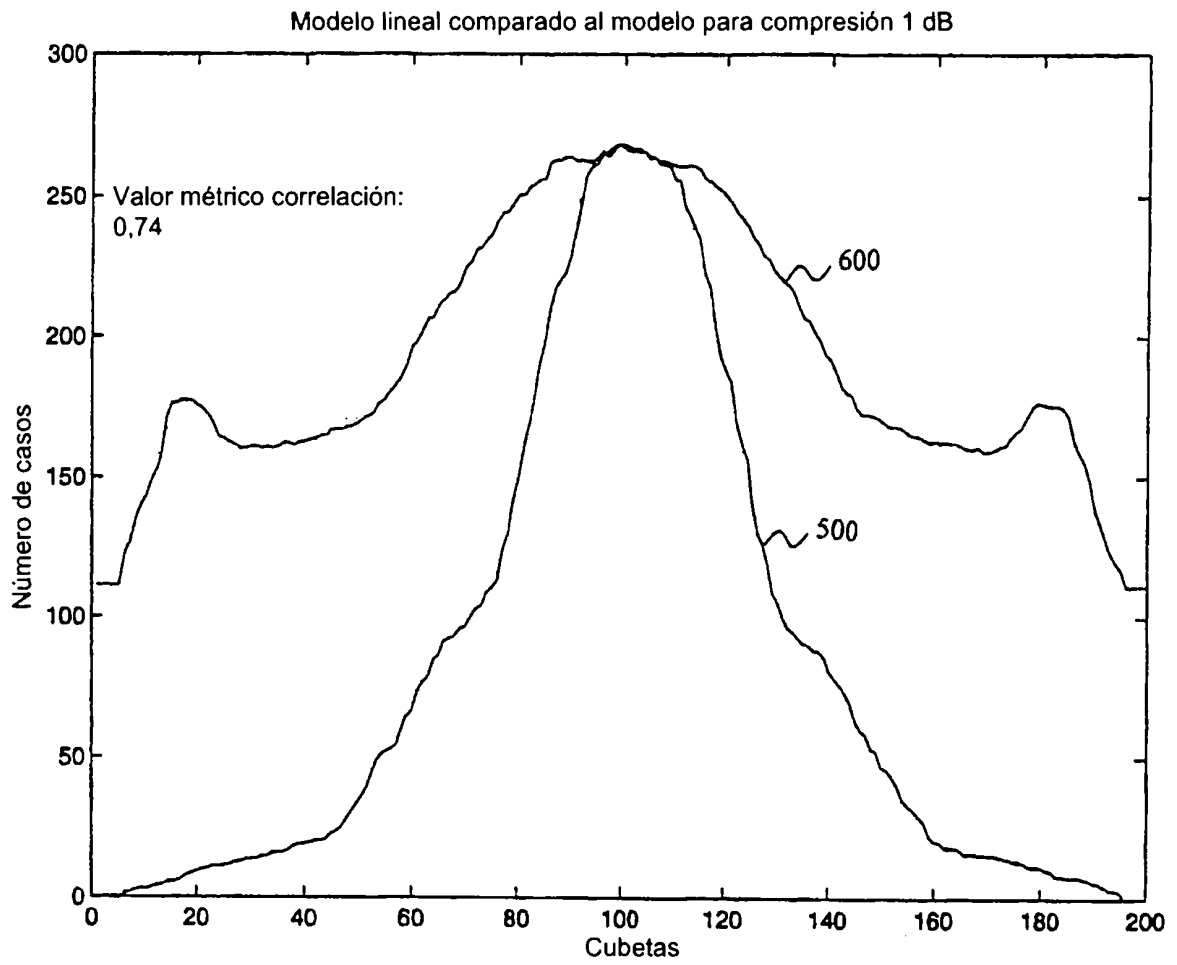


Figura 6

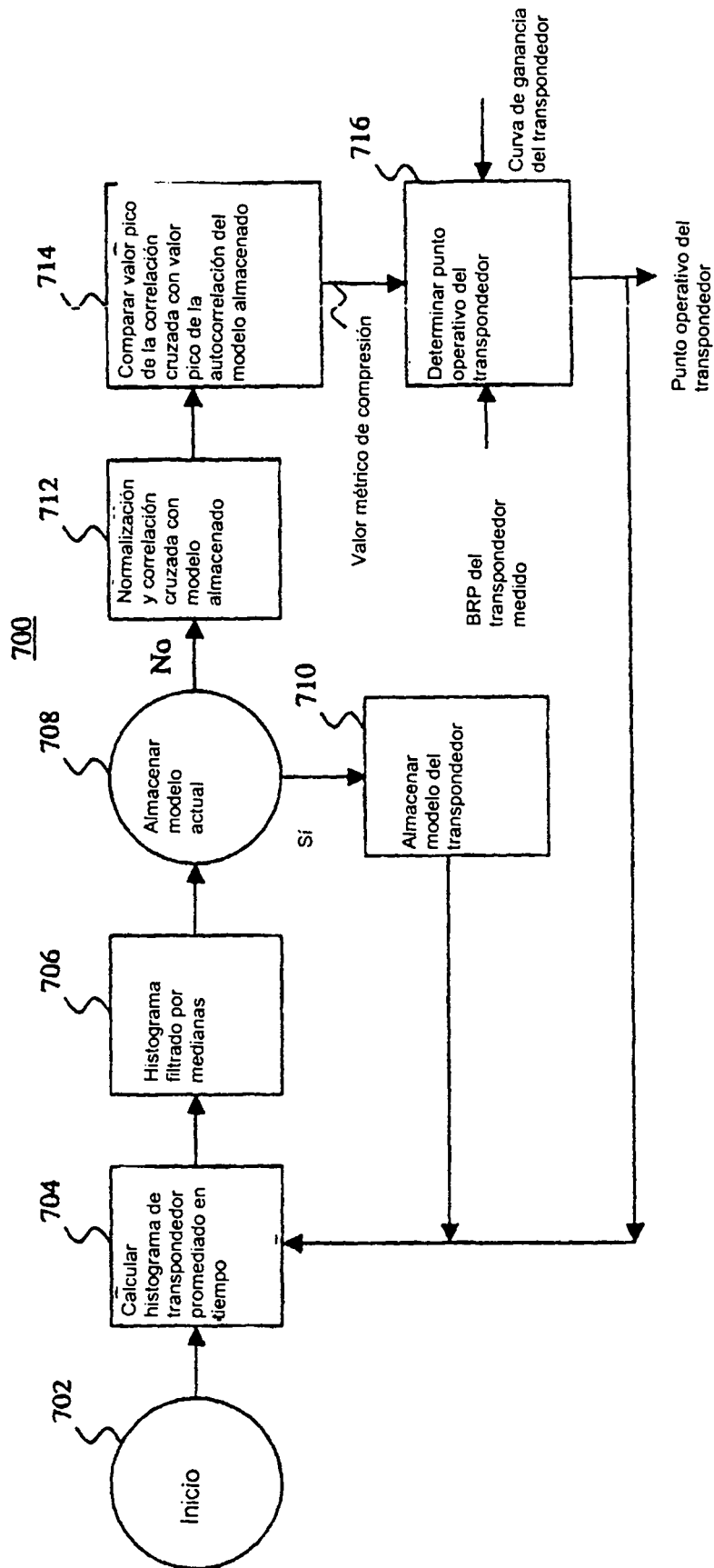


Figura 7



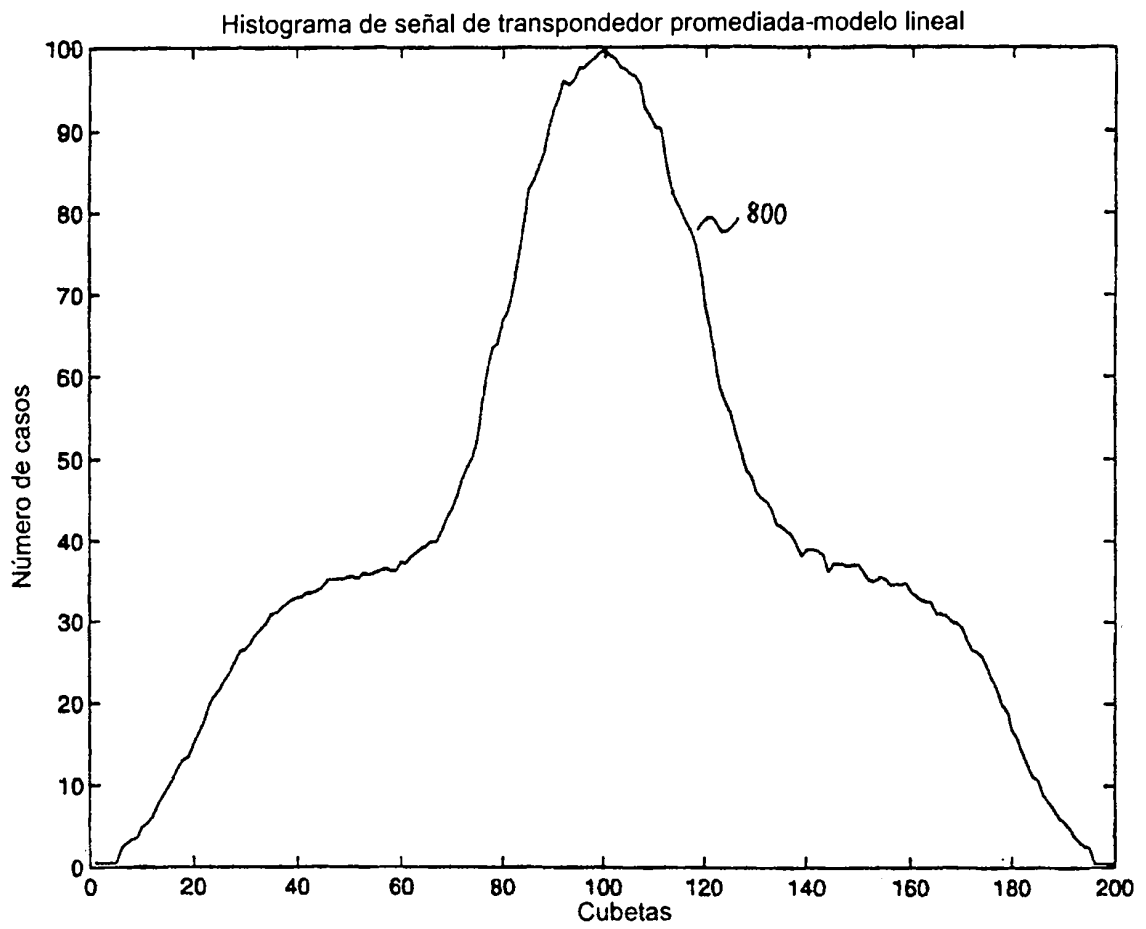


Figura 8

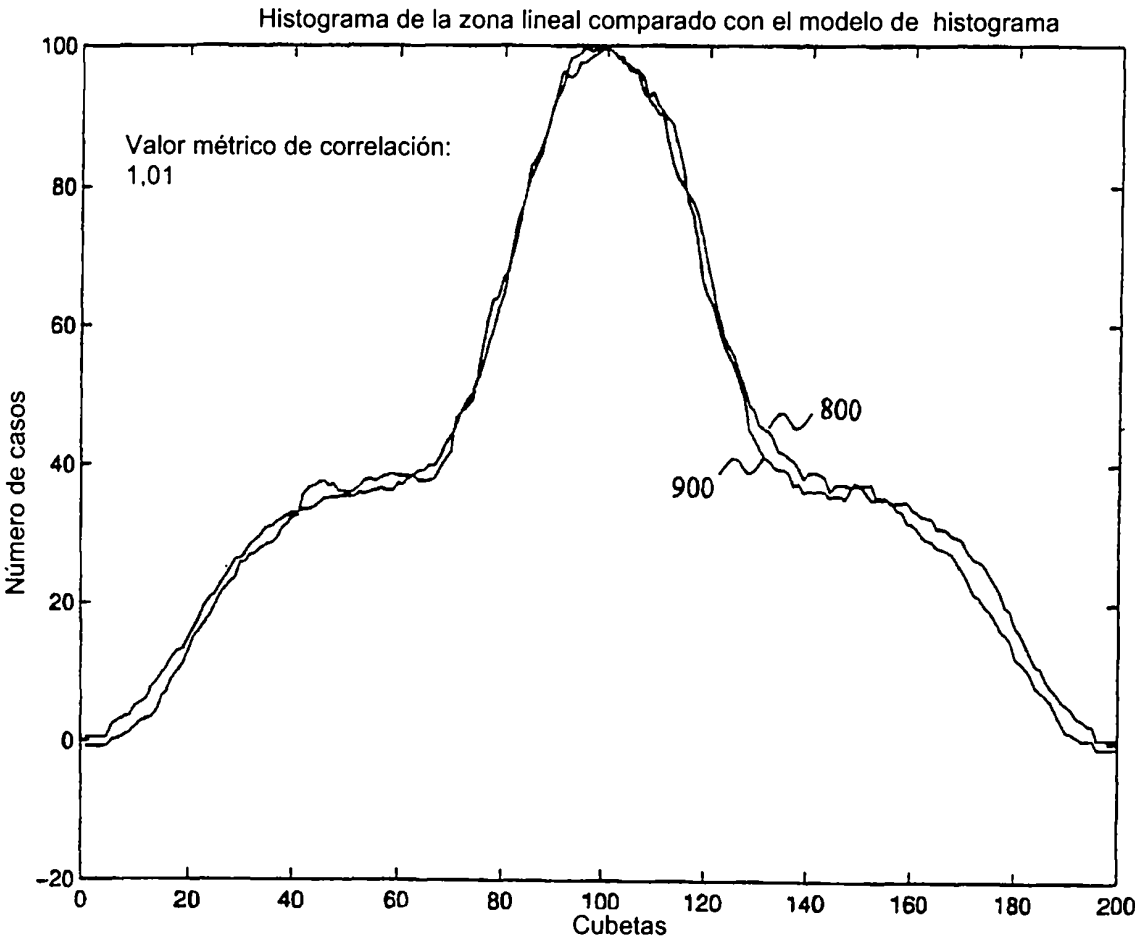


Figura 9

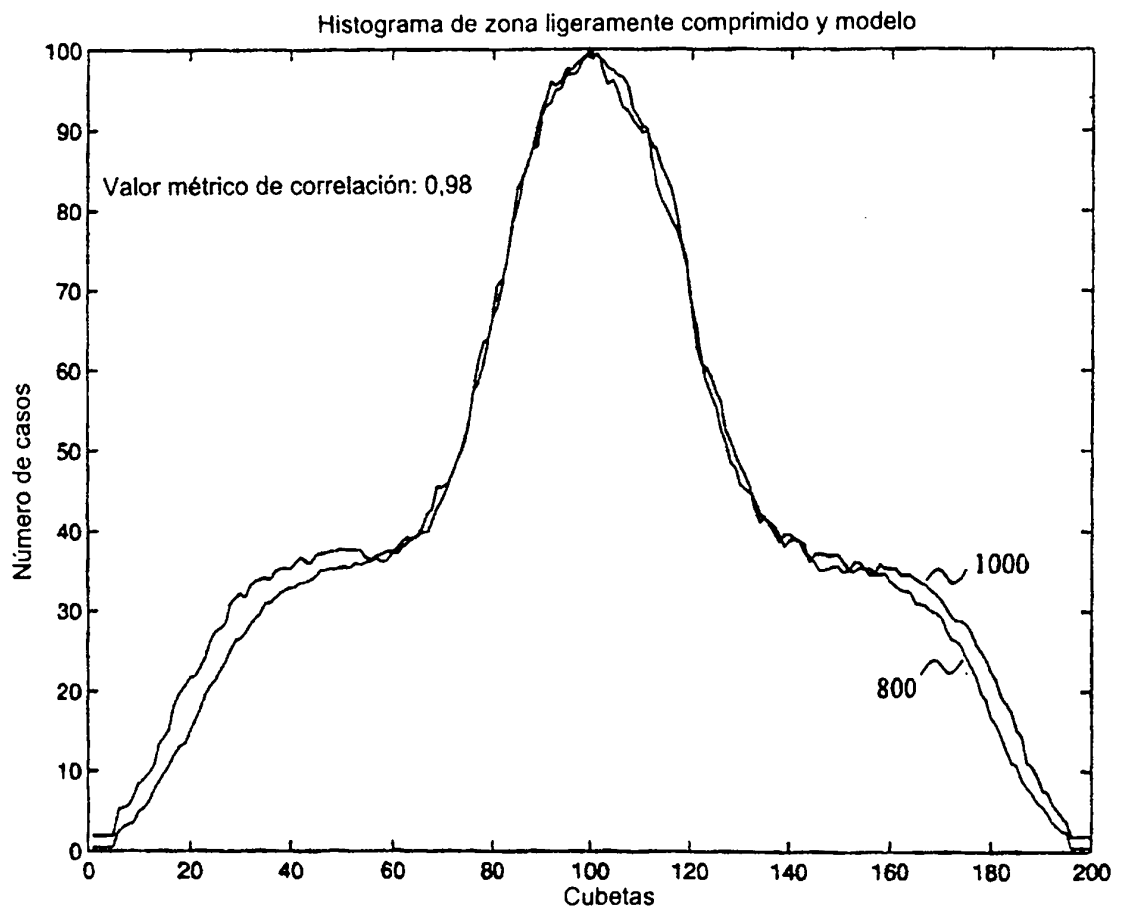


Figura 10

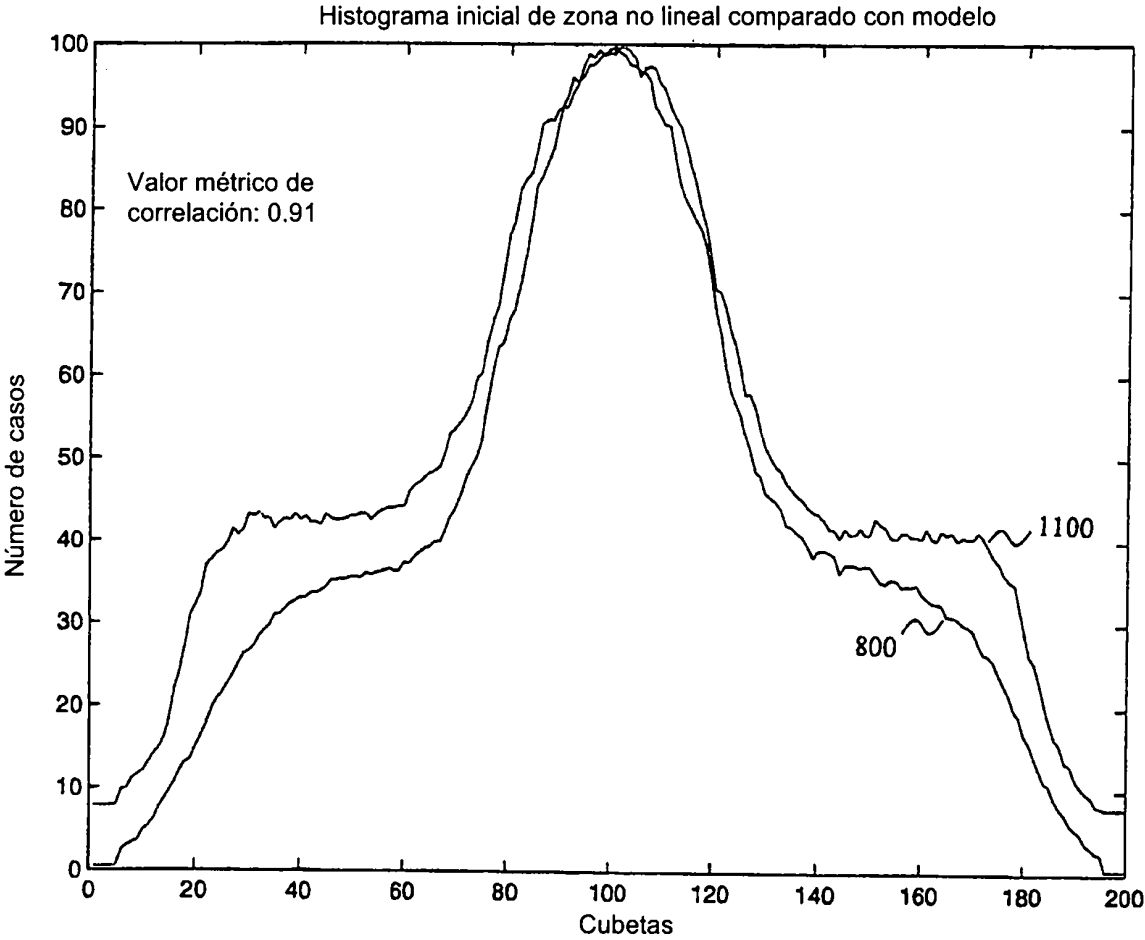


Figura 11

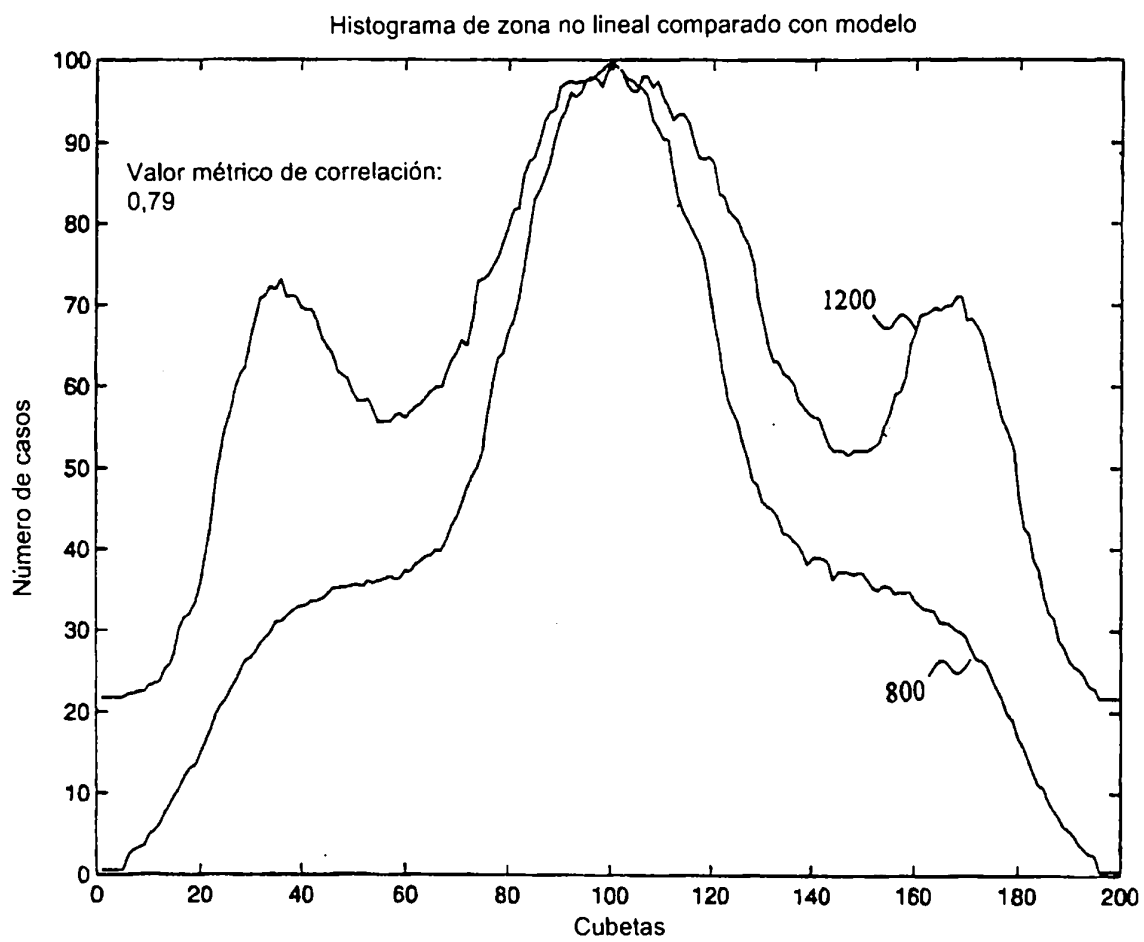


Figura 12

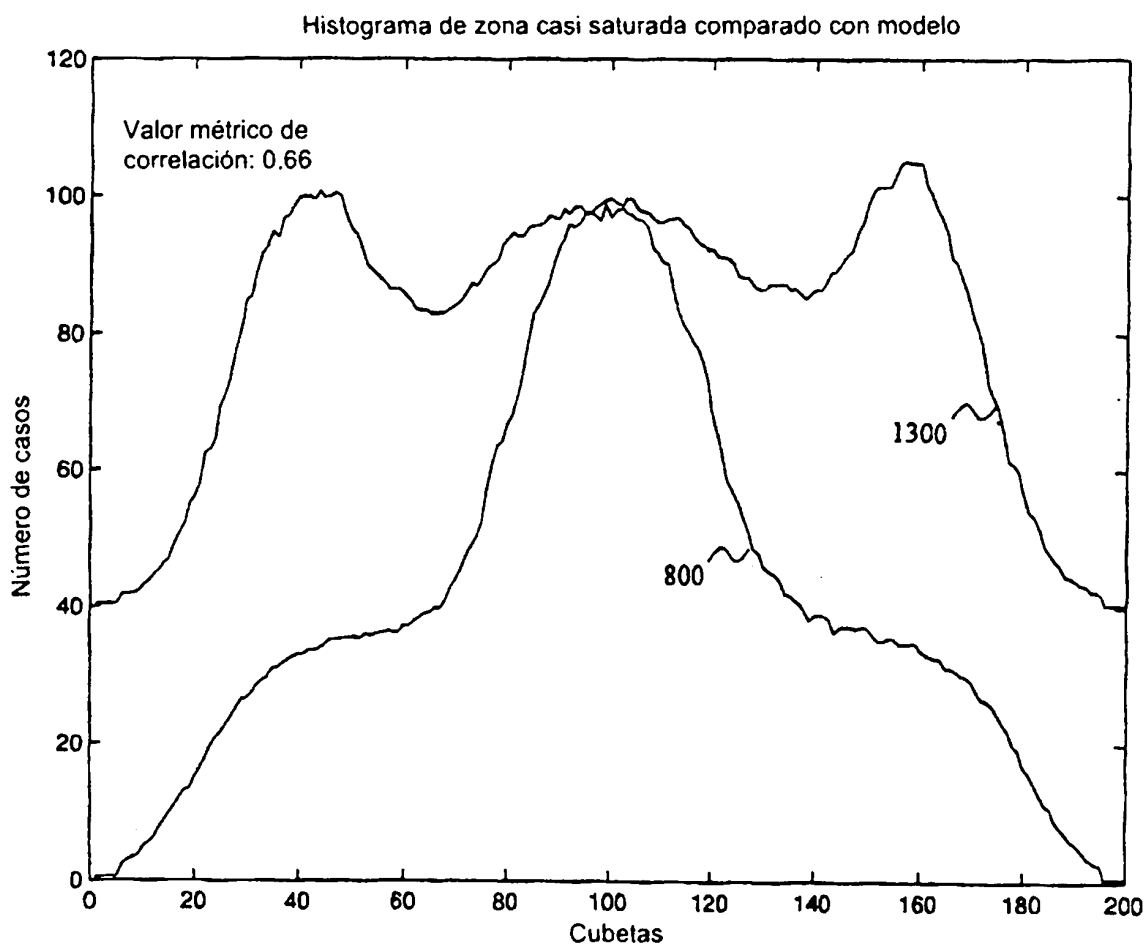


Figura 13

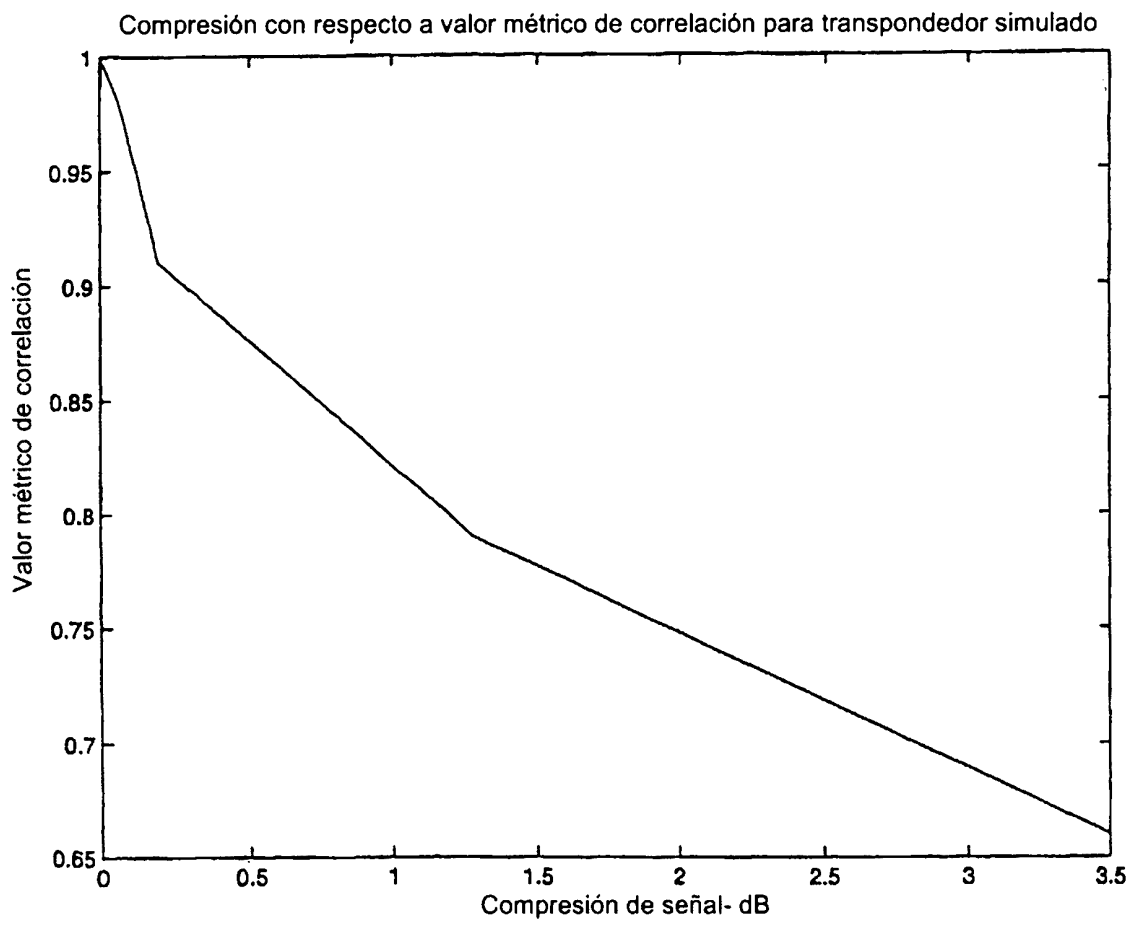


Figura 14

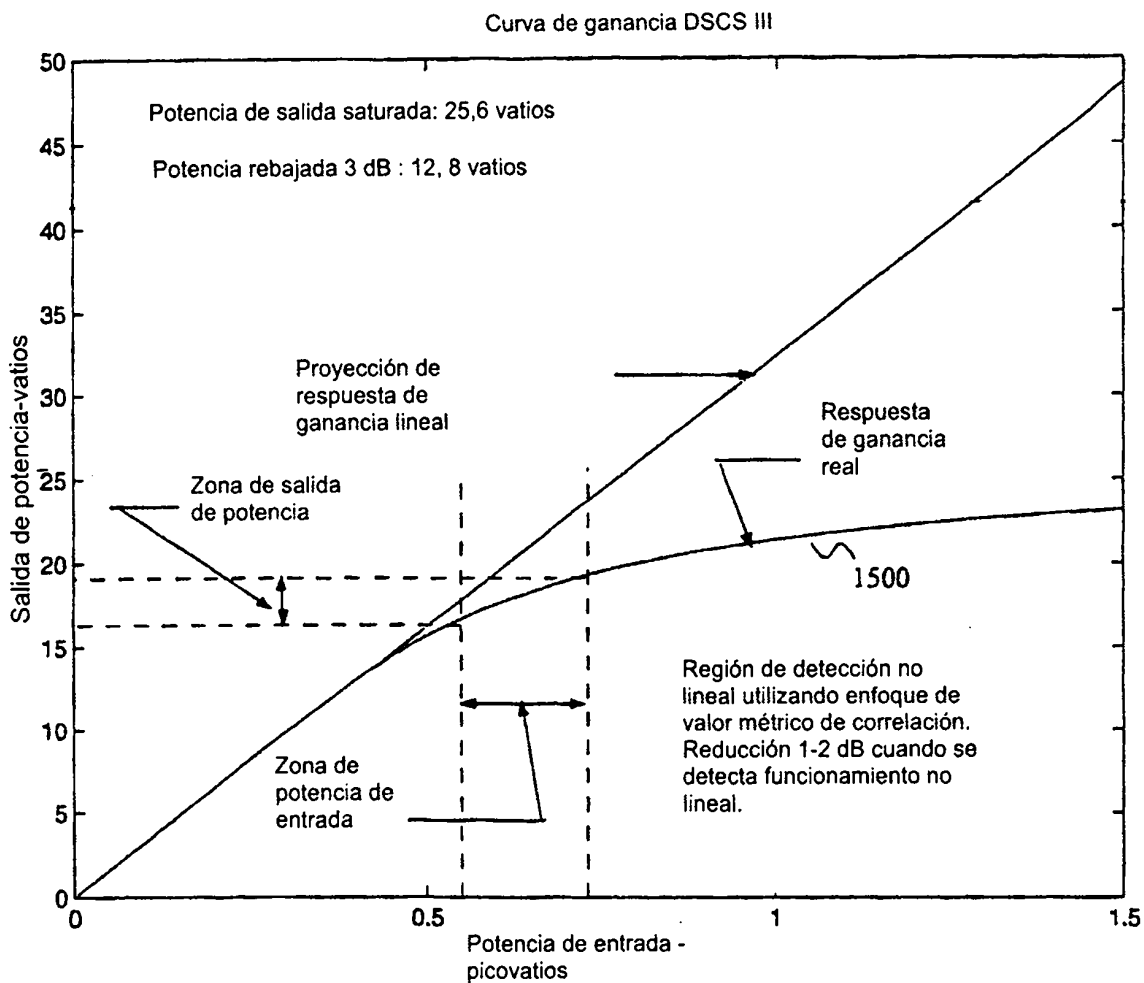


Figura 15



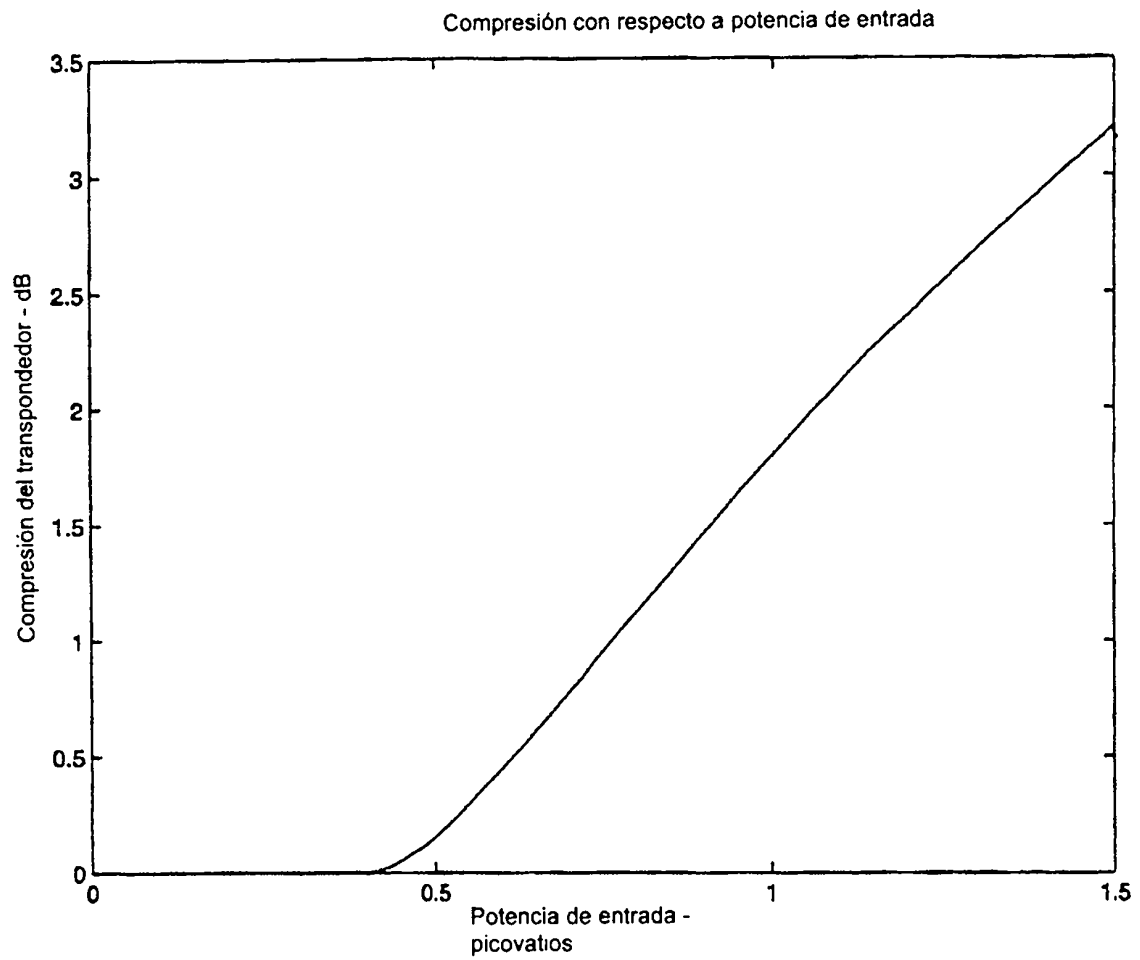


Figura 16

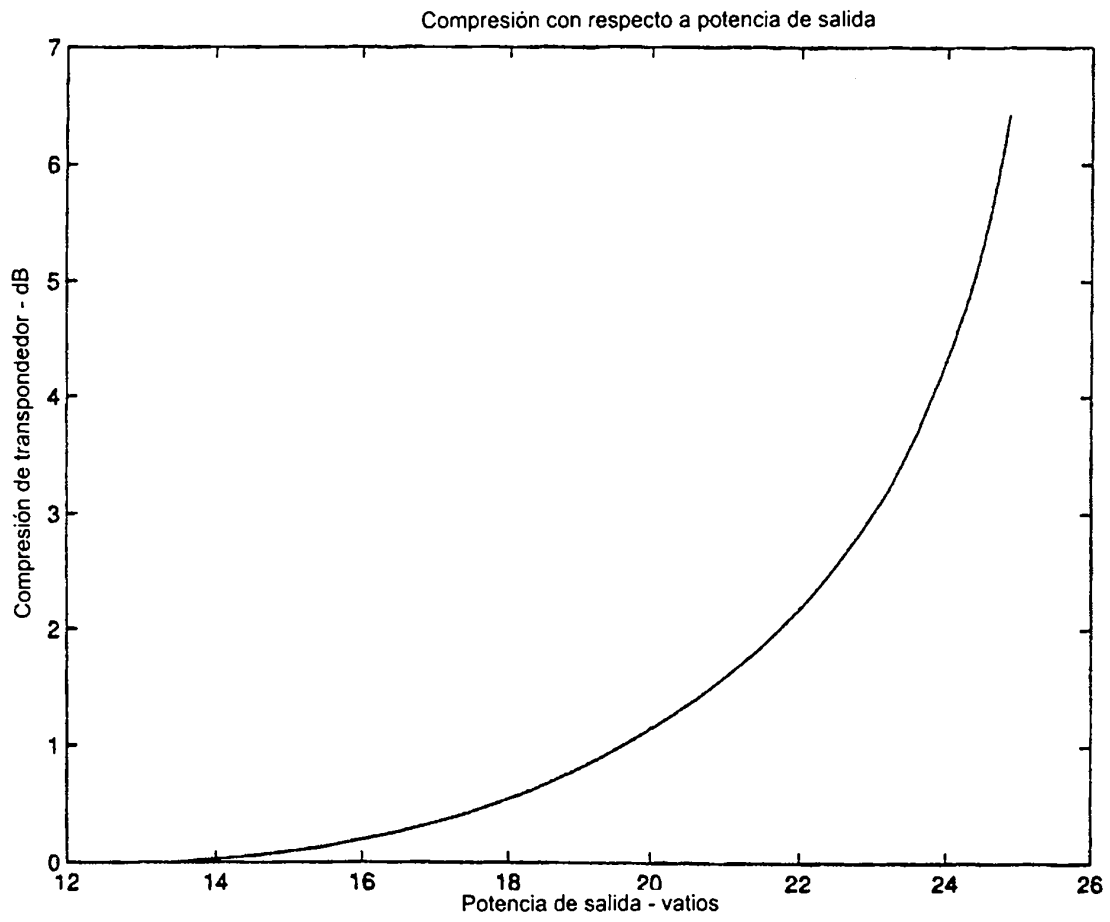


Figura 17