

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 589 588**

51 Int. Cl.:

**H04B 17/391** (2015.01)

**H04B 17/00** (2015.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.07.2006 E 06015226 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.06.2016 EP 1746747**

54 Título: **Procedimiento para emular un canal de transmisión multi-trayectorias**

30 Prioridad:

**21.07.2005 DE 102005034192**

**25.03.2006 DE 102006013842**

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

**15.11.2016**

73 Titular/es:

**DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND  
RAUMFAHRT E.V. (100.0%)**

**Linder Höhe  
51147 Köln, DE**

72 Inventor/es:

**STEINGASS, ALEXANDER, DR. y  
LEHNER, ANDREAS**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 589 588 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

Procedimiento para emular un canal de transmisión multi-trayectorias

La invención se refiere a un procedimiento para emular un canal de transmisión multi-trayectorias

5 Fuera de la ionosfera, uno de los problemas especialmente significativos consiste en crear una navegación exacta tanto para el GPS (Sistema de Posicionamiento Global) como también para GALILEO con respecto a la recepción multi-trayectorias en ciudades. Ta existen diferentes modelos de canal para comunicaciones tierra-tierra, así por ejemplo COST 207 WG1 (Proposal on channel transfer functions to be used in GSM tests 1986; Technical report, CEPT Paris, 1986).

10 En un intento por emular la estructura muy compleja debido a ramas y hojas de árboles a través de un modelo, han sido desarrollados modelos muy complicados, como Raytracing y otros. Una modelación igualmente muy compleja, que se refiere a la redispersión en bosques/árboles ha sido presentada en la Conferencia EUSAR 2000. (Ver "A multi-constituent and multi-layer model for coherent backscattering of forested areas" de C. Ruiz y col., EURAS 2000, 23.-25.05.2000, Munich. Otra publicación sobre este tema es: "Sensitivity analysis for forest interferometric, polarimetric observables estimation" von C. Ruiz und P. Borderies; Polinsar 2005 Workshop 17-21/01/2005 ESA/ESRIN).

15 El sistema más conocido actualmente, que se basa en el principio de la determinación del lugar por medio de la detección de tiempos de propagación de las señales, es el sistema GPS. Este sistema, que está disponible, en principio, en todo el mundo, presenta 28 satélites, que orbitan alrededor de la tierra y emiten señales, que pueden ser utilizadas por un usuario del sistema para la determinación del lugar. Con un receptor adecuado, el usuario puede determinar su posición en la tierra en virtud de mediciones del tiempo de propagación de las señales de los satélites, debiendo ser "visibles", respectivamente, cuatro satélites al mismo tiempo para el receptor para la determinación exacta de la posición. A través de la disposición adecuada de pistas circunferenciales para los satélites, esto es posible esencialmente en cualquier instante y en cualquier lugar de la tierra.

20 La exactitud, con la que se puede determinar la posición de un receptor con la ayuda del sistema GPS, depende en una medida decisiva de la exactitud con la que se pueden determinar los tiempos de propagación de las señales recibidas desde los diferentes satélites. Puesto que la señal de navegación avanza aproximadamente con la velocidad de la luz, una estimación de error del tiempo de propagación de 1  $\mu$ s tiene como consecuencia aproximadamente un error de alejamiento de aproximadamente 300 m.

30 Puesto que en el sistema-GPS, los relojes internos de los satélites están sincronizados con el reloj del receptor y de manera correspondiente se conoce por el receptor en qué instante ha sido emitida una señal desde un satélite, se reduce el problema primario de la determinación del tiempo de propagación a determinar exactamente el instante de recepción para la señal.

35 Sin embargo en este contexto es problemático que los satélites que se encuentran en el campo de visión de un receptor transmiten permanentemente y al mismo tiempo sus señales y, por lo tanto, el receptor debe filtrar de forma selectiva a partir de la suma de todas las señales recibidas, respectivamente, las señales individuales útiles para la determinación del lugar.

40 El modo de proceder clásico para la solución del problema planteado anteriormente consiste en una evaluación de la función de correlación cruzada, que resulta a través de una correlación de la señal que incide en el receptor y mezclada con otras señales con una señal de correlación generada en el receptor, que representa un duplicado de la señal de navegación transmitida desde el satélite. En el sistema GPS, las señales de navegación transmitidas desde los satélites están constituidas por secuencias de impulsos negativos y positivos, que han sido reunidos en una señal casi aleatoria, el llamado código PRN (Pseudo Random Noise = Ruido Pseudo Aleatorio).

45 Las propiedades de correlación cruzada de estas señales designadas también como Código-Gold están seleccionadas en este caso de tal manera que a través de la determinación del máximo de la función de correlación cruzada formada en el receptor se puede calcular el instante de la recepción del Código-PRN. En el caso ideal, en el que la señal transmitida por el satélite no es falsificada durante la transmisión, se podría determinar de esta manera el instante de la recepción de la señal con exactitud muy alta.

50 Sin embargo, debe partirse de que no existe nunca una transmisión ideal de la señal, Más bien, la señal de navegación es falsificada desde el satélite hacia el receptor a través de diferentes influencias externas. Uno de los mayores problemas está representado en este caso por la llamada recepción multi-trayectoria (Multi-path) de la señal, que aparece como consecuencia de reflexiones (múltiples) de la señal del satélite. En edificios, árboles, montañas y objetos similares en el entorno del receptor se pueden reflejar las señales-GPS y de esta manera pueden llegar como señales de eco adicionales a la señal de los satélites transmitidas por vía directa hacia el receptor.

55 A través de superposiciones de la señal transmitida directamente con las señales de eco, se falsifica en último

término la señal que incide en el receptor, de tal manera que el modo de proceder descrito anteriormente para la determinación del instante de la recepción por medio de correlación cruzada no ofrece ya una exactitud suficiente. Más bien se ha mostrado que tampoco modos de proceder más efectivos para la evaluación de la función de correlación están en condiciones de separar señales de eco en una medida suficiente de la señal transmitida por vía directa y de esta manera posibilitar una detección unívoca del instante de la recepción.

Para poder realizar también en un entorno de múltiples trayectorias de este tipo determinaciones más exactas del lugar, se emplean los llamados procedimientos de superresolución, que representan una alternativa o bien un complemento para la determinación del tiempo de propagación de la señal por medio de correlación cruzada. Estos procedimientos de superresolución se basan en algoritmos, con los que debe estimarse el llamado canal para la transmisión de señales.

El canal de transmisión representa un modelo teórico, con el que se describe la modificación de la señal de los satélites en el camino desde el satélite hacia el receptor. En este modelo de canal se distinguen las señales de eco frente a la señal primaria transmitida por vía directa con respecto a su tiempo de propagación prolongado a través de un tiempo de retardo, a la intensidad de la señal más débil así como a una anchura de banda eventualmente modificada.

En el marco de los algoritmos de superresolución se trata de estimar un canal de transmisión teórico, cuya influencia sobre la señal del satélite corresponde en la mayor medida posible a la realidad. Esto se realiza con la ayuda de una comparación de la señal que ha entrado realmente en el receptor con señales de recepción sintéticas calculadas sobre la base de diferentes canales de transmisión de modelos.

Algoritmos conocidos a tal fin son, por ejemplo, el llamado algoritmo MUSIC (Multiple Signal Classification) o el algoritmo ESPRIT (Estimation of Signal Parameters Via Rotational Invariance Techniques). Si se ha hallado un canal, que posibilita la mejor estimación posible para la transmisión de la señal del satélite, se puede derivar a partir de éste entonces el tiempo de propagación para la señal del satélite transmitida directamente (es decir, sin reflexiones).

A través del procedimiento de superresolución descrito anteriormente se puede mejorar, en efecto, la exactitud durante la determinación del tiempo de propagación de la señal en entornos multi-trayectorias, sin embargo como anteriormente, se plantea el problema de que la estimación del canal de transmisión solamente se puede realizar con una exactitud determinada. Puesto que la estimación del canal se realiza exclusivamente con la ayuda de la señal observada o bien recibida realmente (la llamada estimación A posteriori), el resultado obtenido está afectado siempre con una cierta inseguridad o bien con un error.

Este problema se plantea no sólo en el sistema GPS y en el sistema Galileo planificado, sino en general también cuando el instante de la recepción de una señal debe determinarse con la mayor exactitud posible, pero la señal es falsificada durante la transmisión a través de reflexiones y otras influencias externas.

Se ha propuesto utilizar el reconocimiento de que el eco de la señal aparece con respecto a su retardo del tiempo de propagación y su potencia con diferente probabilidad alta. Tiene una influencia sobre la aparición de ecos de la señal en este caso especialmente en tipo de entorno, en el que se encuentra el receptor. Así, por ejemplo, se ha mostrado que determinados ecos de las señales aparecen de forma predominante cuando el receptor se encuentra en un entorno urbano, en el que la señal del satélite es reflejada por paredes de las casas en el entorno del receptor. Tales ecos de las señales aparecen, sin embargo, cuando el receptor se encuentra en un entorno rural, con probabilidad claramente más reducida.

Una evaluación de datos de medición obtenidos experimentalmente ha mostrado que las probabilidades para la aparición de señales de eco siguen una distribución general o media de la probabilidad, siendo modificada o bien influenciada esta distribución media, sin embargo, de determinada manera según el entorno en el que se encuentra el receptor de la señal. En este caso, también la elevación del satélite que difunde la señal o bien de un transmisor del satélite juega un papel.

En el documento DE 10 2004 051 388 se propone utilizar el reconocimiento sobre la aparición de ecos de la señal - las llamadas probabilidades a priori - en la determinación del instante de la recepción de una señal. Puesto que un canal de transmisión modelo utilizado en la estimación del canal de transmisión describe esencialmente la aparición de varios ecos de la señal, las probabilidades a priori dan información sobre la probabilidad que tiene, en general, un canal de transmisión modelo determinado. Sobre la base de estas informaciones se puede mejorar de manera correspondiente la estimación del canal de transmisión, lo que permite de nuevo una determinación más exacta del instante de la recepción así como del tiempo de propagación de la señal.

A este respecto se tienen en cuenta las probabilidades a priori de diferente manera. En una variante sencilla está previsto utilizar una única distribución de la probabilidad, que indica las probabilidades a priori para la aparición de ecos de diferente retardo y potencia. En esta variante, la distribución de la probabilidad representa una media de todas las distribuciones de probabilidad de aparición de ecos obtenidas para diferentes tipos de entornos, siendo

utilizada la distribución de la probabilidad independientemente del entorno en el que se encuentra precisamente el receptor.

5 Esta distribución de la probabilidad o bien se puede obtener en el marco de mediciones experimentales o se puede describir a través de un modelo teórico, que describe de manera sencilla los conocimientos obtenidos a partir de mediciones u otros cálculos teóricos. Aunque esta solución no posibilita tener en cuenta diferentes comportamientos de ecos en diferentes entornos, a pesar de todo se puede obtener una mejora en comparación con las estimaciones de canal conocidas hasta ahora.

10 En otra variante está previsto tener en cuenta ahora también el entorno, en el que se encuentra el receptor de la señal de navegación. Como ya se ha mencionado anteriormente, se ha mostrado que las distribuciones de la probabilidad para la aparición de ecos de señales se modifican al menos en determinadas zonas, cuando el entorno del receptor se modifica. Para tener en cuenta esto, se pueden utilizar, según el entorno en el que se encuentre el receptor, diferentes distribuciones para las probabilidades a priori.

15 Esto podría realizarse, por una parte, por que la distribución de probabilidad media utilizada en la variante sencilla se modifica en zonas determinadas. Una alternativa consiste en seleccionar a partir de una serie de diferentes distribuciones de probabilidad, que describen en cada caso un escenario de entorno determinado, aquella distribución de probabilidad, que corresponde al entorno actual del receptor.

20 Puesto que deben procesarse cantidades muy altas de datos, no sólo son necesarias a tal fin memorias costosas, sino que también en virtud de las cantidades de datos resultantes, su procesamiento es relativamente lento. Además, no existe actualmente ninguna posibilidad para modificar el escenario para llevar a cabo por ejemplo marchas realizables de forma especial. Las modificaciones azimutales sólo se pueden tener en cuenta hasta ahora, dado el caso, de manera muy costosa. Además, un ruido contenido en los datos conduce a detecciones falsas.

30 Para la determinación del ángulo azimutal y del ángulo de elevación relacionados con un receptor de señales de objetos de reflexión, que desvían una señal difundida por un transmisor hacia el receptor móvil, se emplea normalmente un 'Channel-Sounder', que emite un impulso correspondiente. También se pueden emplear otros procedimientos inteligentes, que trabajan con una frecuencia de propagación u otra señal, como se indica, por ejemplo, en el documento DE 197 41 991 C1 con respecto al sistema de medición 'Channel-Sounder' descrito allí. Por medio de uno de estos procedimientos conocidos a partir del estado de la técnica se puede determinar el tiempo de propagación de una reflexión desde el transmisor hasta el receptor y, por lo tanto, también su retraso.

35 Por lo tanto, el cometido de la presente invención es indicar un modelo de canal lo más exacto posible, que trabaja muy rápidamente y es, además, muy económico de una transmisión multi-trayectorias para sistemas de navegación por satélite y/o sistemas de radio móvil.

40 De acuerdo con la invención, este cometido se soluciona en un procedimiento para la formación de un modelo de canal de una transmisión multi-trayectorias especialmente para un sistema de navegación por satélite a través de las características de la reivindicación 1. Los desarrollos ventajosos son objeto de reivindicaciones relacionadas directa o indirectamente con la reivindicación 1.

45 El sistema según la invención se aplica para varios reflectores, que son generados y retirados de manera adecuada. Sin embargo, para mayor simplicidad a continuación sólo se habla de un reflector.

De acuerdo con una forma de realización preferida de la invención se emula estocásticamente un reflector y se calculan el retraso  $\Delta\tau(x) = \frac{|\vec{r}_r(x)| - \vec{r}_r(x) \cdot \vec{r}_z(x)}{c_0}$  y la fase Doppler  $\varphi_D(x) = \frac{|\vec{r}_r(x)|}{2\pi\lambda}$ , en la que x es la dirección de la marcha y  $\vec{r}_r$  y  $\vec{r}_z$  son los vectores desde un receptor hacia un reflector o bien el satélite, el producto escalar  $\vec{r}_r(x) \cdot \vec{r}_z(x)$  es

50 la proyección de  $\vec{r}_r$  en  $\vec{r}_z$  y  $\lambda$  es la longitud de onda. En este caso se puede seleccionar de forma aleatoria la posición de un reflector utilizando estadísticas creadas, pudiendo crearse las estadísticas con la ayuda de mediciones y siendo dependientes de la elevación y del azimut. Además, las estadísticas se pueden calcular a través de multiplicación de la probabilidad incondicional y de la probabilidad relativa de incidencia en función del azimut.

55 Además, se puede determinar estadísticamente la capacidad de reflexión de un reflector con la ayuda de tablas o funciones, siendo creadas las tablas con la ayuda de mediciones y siendo dependientes de la elevación y del azimut.

Además, se registra y se selecciona estadísticamente un factor de Rice, que consta de un componente constante y un componente variable. El factor de Rice seleccionado se forma a partir de mediciones y es dependiente de la elevación.

60 De acuerdo con un desarrollo ventajoso de la invención, el reflector presenta una duración de vida medida en metros

- (m), que corresponde a un recorrido de un vehículo virtual, siendo creado tal recorrido con la ayuda de tablas y/o funciones. En este caso, las tablas y/o funciones se pueden basar en mediciones. Además, el reflector se puede mover al mismo tiempo con el vehículo virtual con velocidad correspondiente. A tal fin se superpone un proceso variable con el tiempo, que se genera a través de ruido blanco con una filtración espectral, que se puede basar en mediciones.
- De acuerdo con la invención, para la generación de una variable estocástica se superponen linealmente dos procesos ponderados, a saber, un proceso de banda estrecha y un proceso de banda ancha, que se representan en cada caso a través de sus espectros, valores medios y varianzas. En este caso, los dos procesos se pueden formar a partir de estadísticas, por ejemplo también a partir de datos de medición. Además, se pueden formar procesos estocásticos a partir de una pluralidad de ecos.
- A continuación se explica la invención con la ayuda de los dibujos. En este caso:
- La figura 1 muestra una representación esquemática para la definición del ángulo  $\alpha$ .
- Las figuras 2 y 3 muestran, respectivamente, una posición horizontal del reflector en entorno urbano a  $10^\circ$  y  $30^\circ$  de elevación, respectivamente, estando representadas las coordenadas en m tanto sobre el eje-x como también sobre el eje-y.
- La figura 4 muestra una distribución de la probabilidad del ángulo azimutal relativo  $\alpha$  a  $50^\circ$  de elevación.
- La figura 5 muestra un reflector de esquina que aparece con frecuencia en entorno urbano.
- La figura 6 muestra una probabilidad condicionada de reflectores en una posición 2D determinada con un satélite a  $25^\circ$  azimut.
- La figura 7 muestra una representación de la distancia de vida de ecos, en la que sobre el eje-x se registra la distancia de vida en m y sobre el eje-y se registra su número.
- La figura 8 muestra un histograma del factor de Rice de señales reflejadas de un vehículo que se mueve en entorno urbano a  $30^\circ$  de elevación.
- La figura 9 muestra una representación de modelo de un reflector aislado.
- La figura 10 muestra ecos que aparecen al mismo tiempo durante una marcha de aproximadamente 15 minutos a través de una ciudad.
- La figura 11 muestra un número de reflexiones / ecos generado sintéticamente.
- La figura 12 muestra un escenario que sirve de base para el modelo de canal en vista en planta superior.
- La figura 13a muestra una representación esquemática de una difracción en un frente de casas.
- La figura 13b muestra un grafo medido y modulado de la refracción en un frente de casas.
- La figura 14 muestra un árbol reproducido esquemático, cuya corona se reproduce como cuerpo homogéneo en forma del llamado cilindro del árbol y cuyo tronco se reproduce en forma de un cuerpo cilíndrico circular.
- La figura 15 muestra un grafo que se refiere a la amortiguación a través de tres coronas de árbol con una porción estocástica superpuesta.
- La figura 16 muestra un grafo que se refiere a la amortiguación a través de una corona de árbol.
- La figura 17a muestra una representación esquemática de un mástil de luz como pilar en forma de un cilindro metálico.
- La figura 17b muestra curvas de amortiguación superpuestas, obtenidas a través de medición o bien modelación, que se refiere a la amortiguación a través de un mástil de luz, y
- La figura 18 muestra un diagrama de bloques de un modelo de canal.
- Escenario artificial
- En un entorno abierto se puede representar el camino directo de manera óptima a través de una transmisión de líneas de visión(LOS) de la señal. A continuación se indican todas las mediciones con relación a este camino-LOS. En entorno urbano, el LOS está bloqueado, de manera que la señal se amortigua frente a LOS y posiblemente se retrasa. Los impedimentos principales en ciudades, que influyen en el camino de la señal, sin frentes de casas, árboles y mástiles de luz (figura 12).

En una campaña de medición del solicitante se ha constatado que durante la marcha a través de una ciudad se modifica muy fuertemente el número de ecos. Para un receptor de navegación, que trata de estimar la respuesta del impulso del canal, no hay que procesar prácticamente un número alto de reflexiones/ecos. Un ejemplo del número alto de ecos se reproduce en la figura 1; esto ha sido medido en una campaña de medición en entorno urbano a 40° de elevación. En este caso, hay que observar la aparición simultánea de un número alto de ecos, a saber, hasta 50.

Un escenario presenta, como se esboza esquemáticamente en la figura 1 un transmisor (aquí en forma de un satélite), un receptor en una posición RX y un reflector en una posición R. El ángulo relativo en el receptor entre el satélite S y el reflector R es  $\alpha$ . Evidentemente, se pueden emular también varios satélites o bien transmisores en general.

10 Generación de reflectores virtuales

En una primera base de datos están depositados en función de la elevación en primer lugar como probabilidades incondicionales unas posiciones horizontales del reflector bajo 5°, 10°, 20°, 30°, 40°, etc. de elevación. Ejemplos de posiciones horizontales del reflector medidas en entorno urbano a 10° y 30° de elevación se reproducen en la figura 2 y en la figura 3, respectivamente.

En una segunda base de datos está registrada la dependencia del ángulo relativo.

La función de densidad de probabilidades  $p(\alpha)$  del ángulo  $\alpha$  se puede determinar a partir de datos obtenidos. Sin embargo, en esta distribución hay que tener en cuenta que el azimut del satélite no estaba distribuido de manera uniforme durante la medición. Para corregir esto, se realiza una ponderación a través de la probabilidad de frecuencia  $p(\varphi)$  del azimut del satélite  $\varphi$  en un histograma  $h_\alpha$ :

$$h_\alpha = (h_1, h_2, \dots)$$

La distribución de la probabilidad discreta  $p_\alpha$  es entonces:

$$p_\alpha = \frac{h_\alpha}{\sum_\alpha h_\alpha}$$

Como un ejemplo en un entorno urbano a 50° de elevación, la distribución de representa en la figura 4.

Independientemente del azimut del satélite  $\varphi$  con relación a la dirección de la marcha del receptor en dirección-x, el ángulo  $\alpha$  tiene un máximo a 180°. Si en un frente de casas a lo largo de una calle se encuentra un satélite en el lado izquierdo, esto conduce a una reflexión sobre el lado derecho de la calle. Cuando el satélite se encuentra, por ejemplo, a 45° (delante a la izquierda), de manera sorprendente la mayoría de las reflexiones proceden desde 225° (detrás a la derecha) y no desde el lado derecho del frente de casas, donde se encontraría el punto de reflexión reflectante sobre la pared de las casas.

Este resultado asombroso a primera vista es atribuible a la estructura rectangular de las ciudades. Como consecuencia de esta estructura, en las ciudades existen con frecuencia los llamados reflectores de esquina (figura 5). Es característico para tal reflector que un rayo que procede desde un satélite es reflejado en el plano horizontal de retorno en dirección al satélite, siendo inalterada la elevación del rayo.

Como primera etapa para el cálculo de la probabilidad condicional, se busca en ambas bases de datos la elevación precisamente a simular. A continuación se realiza una rotación de los resultados registrados en la segunda base de datos alrededor del ángulo relativo  $\alpha$ , que es el ángulo entre la línea de soporte así como la línea de unión receptor - reflector. Finalmente se realiza todavía una combinación adecuada. La probabilidad de que un reflector se encuentre en una posición determinada con una elevación  $\varepsilon$  determinada de los satélites y un azimut  $\varphi$  relativo determinado de los satélites, se puede calcular, por ejemplo, a través de la multiplicación de las probabilidades

$$P_{r,\psi}(\varepsilon, \varphi) = \frac{P_{r,\psi}(\varepsilon) \cdot p_{\alpha-\varphi}(\varepsilon)}{\sum_r \sum_\psi P_{r,\psi}(\varepsilon) \cdot p_{\alpha-\varphi}(\varepsilon)}$$

designando con  $P_{r,\psi}(\varepsilon)$  la distribución horizontal de la posición del reflector, con  $p_\alpha(\varepsilon)$  una dependencia de la dirección del reflector con relación al azimut de los satélites y con  $\varepsilon$  la elevación y con  $\varphi$  el azimut. De ello se deduce la probabilidad condicionada para un azimut y rumbo predeterminados.

Como un ejemplo, se representa el resultado de esta operación en la figura 6 para  $\varepsilon = 35^\circ$  y  $\varphi = 25^\circ$ . La dirección de la marcha del vehículo se extiende en dirección-x; el satélite se encuentra delante del vehículo un poco arriba a la izquierda y la posición más probable de la reflexión está en el lado derecho de la calle detrás del vehículo.

A continuación sigue un experimento aleatorio utilizando las probabilidades condicionadas. El resultado es una

5 posición (x, y). La selección de la coordenada z del reflector se realiza con procedimientos adecuados. Por ejemplo, se puede suponer una pared vertical de una casa, sobre la que se encuentra el punto del reflector. Además, se supone que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de salida. De esta manera, a partir de la distancia horizontal receptor - reflector y de la elevación de los satélites resulta la altura del reflector H(z). Además, se supone de manera ventajosa que existe una altura máxima, que es, por ejemplo, idéntica a la altura máxima de la casa en la región a simular.

10 Una tercera base de datos contiene de nuevo, condicionada por la elevación, por ejemplo para la posición calculada (x, y) una potencia media dependiente del lugar. Otra base de datos contiene de nuevo condicionada por la elevación la varianza dependiente del lugar de la potencia. Después de buscar en las dos bases de datos la elevación correspondiente en los conjuntos de datos respectivos, se obtiene como resultado la potencia media y la varianza para la posición calculada anteriormente.

15 A continuación se realiza un experimento aleatorio con respecto a la potencia. El valor medio y la varianza se añaden para determinar la potencia seleccionada del reflector. Para este elemento se supone una distribución de Gauß con el valor medio buscado en la base de datos y la varianza buscada. Como resultado se obtiene la potencia seleccionada o bien real del reflector "ajedrezado". De esta manera se conoce dónde se encuentra el reflector y qué potencia media tiene.

En otra base de datos se registra la duración de vida útil o bien la distancia de vida de un reflector en m. Con un experimento aleatorio se calcula la duración de vida seleccionada del reflector (figura 7). Como han mostrado repetidas veces mediciones exhaustivas de solicitante, los reflectantes varían adicionalmente con el tiempo.

20 Para la emulación de esta varianza temporal se puede conducir ruido blanco a través de un filtro; la función del filtro es el espectro del filtro de Gauß S(f)

$$S(f) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-f^2/(2\sigma^2)}$$

en la que su transformada de Fourier de la función de filtro (espectro) presenta un espectro de Gauß, y en la que la desvía estándar  $\alpha$  se da por

25 
$$\sigma = \frac{B_e}{2\sqrt{2\ln(2)}}$$

en la que con  $B_e$  se designa la anchura de banda, que se selecciona adecuadamente. Además, se añade todavía una constante. También aquí se pueden emplear bases de datos. Además, mediciones exhaustivas del solicitante han mostrado que la amplitud de la varianza temporal está limitada hacia abajo. Este proceso no se emula a través de una distribución sencilla de Rayleigh, sino de manera ventajosa a través de una distribución de Rice.

30 El factor o bien la relación de la parte constante y la parte variable en el tiempo se designa como factor de Rice  $K_{Rice}$  (figura 8).

$$K_{Rice} = \frac{P_{const}}{P_{admg}}$$

35 Se selecciona una ponderación correspondiente para que la potencia media del proceso sea 1. Por lo tanto, resulta una potencia media de ruido, que es igual a 1. El resultado es el modelo corregido en la figura 7 de un reflector aislado.

Una forma de realización especialmente favorable de la emulación de un reflector es

$$\mathcal{F}^{-1} \left\{ \sqrt{S(f)} \right\} = \lim_{N_c \rightarrow \infty} \frac{1}{\sqrt{N_c}} \sum_{i=1}^{N_c} e^{j2\pi f_i t + \varphi_i}$$

Otra forma de realización ventajosa para la emulación de un reflector se indica en la patente DE 198 08 954.

40 Como ya se ha indicado al principio, un escenario está constituido en el sentido de esta solicitud por un satélite, un reflector y un vehículo virtual (como receptor móvil).

Un modelo correspondiente para la emulación de un reflector se representa en la figura 9. Como se puede deducir a partir del modelo, se indican el rumbo y el azimut y a partir de éstos se forma el ángulo relativo. Además, se introducen la elevación y la velocidad del vehículo. Como salida se obtienen entonces el retraso  $\Delta\tau$  así como la fase

φ.

Hay que observar todavía que en esta emulación del escenario, el satélite virtual no está exactamente en la dirección de la marcha, es decir, delante del vehículo, sino en el ángulo relativo con la dirección de la marcha. Cuando, por ejemplo, un vehículo real marcha hacia el Norte, también en el escenario virtual el satélite está exactamente en el Norte. Sin embargo, cuando el vehículo marcha ligeramente hacia el Oeste, entonces el satélite "se gira" hacia el Oeste. En el modelo, entonces el vehículo marcha, por lo tanto, en adelante recto en dirección-x (hacia el Norte), siendo emulada la modificación de la dirección de la marcha por una "rotación" del satélite.

Puesto que la posición del receptor, la posición del reflector R y la posición del satélite S se conocen, se puede calcular ahora el retraso Δτ. A tal fin, se genera un reflector R en un lugar seleccionado de forma aleatoria, circulando con el receptor por delante del reflector. Ahora se pueden calcular geoméricamente tanto el retraso Δτ y la fase φ<sub>D</sub>

$$\Delta \tau(x) = \frac{|\vec{r}_r(x)| - \vec{r}_r(x) \cdot \vec{r}_z(x)}{c_0}$$

en la que  $\vec{r}_r$  y  $\vec{r}_z$  son los vectores desde un receptor hacia el punto de reflexión o bien el satélite y el producto escalar  $\vec{r}_r(x) \cdot \vec{r}_z(x)$  es la proyección de  $\vec{r}_r$  en  $\vec{r}_z$ .

La modificación de las fases en la señal reflejada depende solamente de  $\vec{r}_r$  y de la longitud de la onda λ. Por consiguiente se aplica

$$\varphi_{Dj}(x) = \frac{|\vec{r}_r(x)|}{2\pi\lambda}$$

Este proceso depende de manera más ventajosa del movimiento.

En virtud de la geometría conocida, se conoce dónde se encuentra el reflector y a través de la circulación por delante del reflector se puede calcular para cada instante el retardo Δτ y la fase φ<sub>D</sub>.

Durante una marcha virtual se genera, por lo tanto, en un instante adecuado un reflector, que permanece activo hasta que el trayecto recorrido a partir de la generación del reflector es más largo que la duración de vida, es decir, la duración de vida previamente seleccionada. Con otras palabras, por lo tanto, el reflector desaparece después de un cierto periodo de tiempo o bien recorrido.

De manera ventajosa, se puede añadir también todavía un proceso de ruido en color. Una superposición de este tipo del ruido se indica en la parte inferior de la figura 9.

Una ventaja especial del proceso para la emulación de un reflector se puede ver, entre otras, también en que con bases de datos relativamente pequeñas se pueden emular escenarios relativamente grandes. Naturalmente, cuanto mayores son las cantidades de datos, más fina se resuelve la elevación. En la campaña de medición realizada se ha comenzado con 5° de elevación, como se ha descrito al principio y luego se ha proseguido en saltos de 10° hasta 90°.

Determinación de un número actual de reflectores

Una transformación de Fourier del ejemplo reproducido en la figura 10 muestra dos procesos, a saber, un proceso de banda muy estrecha de alta potencia y un proceso de banda ancha de baja potencia. El proceso de banda estrecha reproduce en este caso las condiciones multi-trayectorias variables en calles, pudiendo explicarse las modificaciones a través de diferentes tipos de casas así como objetos más pequeños, como árboles, señales de tráfico, mástiles de luz, etc. Ambos procesos están aproximados para diferentes elevaciones e implementados en un llamado "Echo-Number-Generator" (generador de número de eco). Los procesos pueden modelarse de manera más ventajosa en función del camino.

La función de distribución acumulativa (CDF) de un proceso de banda estrecha con una potencia P<sub>n</sub> se aproxima a través de una función P(X) parcialmente lineal, para modelar exactamente este efecto.

El proceso de banda ancha se puede modelar de manera ideal como ruido de color, que se parametriza a través de un filtro digital con n = 7:

$$\frac{b(z)}{a(z)} = \frac{b_1 + b_2 z^{-1} + \dots + b_{n+1} z^{-n}}{a_1 + a_2 z^{-1} + \dots + a_{n+1} z^{-n}}$$

Un diseño de filtro recursivo, que está implementado en la función de Yulewalk en Matlab se utiliza para configurar el comportamiento de frecuencia específico. Un número de ecos sintético  $N_e(x)$  se puede calcular ahora como suma de una señal de banda estrecha  $N_n(x)$  de una señal de banda ancha  $N_w(x)$  y el valor medio  $\bar{n}$  de ecos.

$$N_e(x) \stackrel{d}{=} N_n(x) + N_w(x) + \bar{n}$$

$$= \sqrt{P_n} \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{i=1}^N e^{j2\pi f_{i,n} x + \phi_{i,n}} + z^{-1} \left\{ \frac{b(z)}{a(z)} \right\} * n(x) + \bar{n}$$

5 La señal de baja frecuencia de banda estrecha se aproxima a través de una suma de portadoras  $N_c$  con frecuencias  $f_{i,n}$  distribuidas según Gauß, que están distribuidas de acuerdo con la PDF (Probability Density Function)  $p(X)$

$$P(x) = \frac{d}{dx} P(x)$$

y tienen fases iniciales  $\phi_{i,n}$  distribuidas iguales,

10 La señal de banda anchura se realiza a través de multiplicación con un factor de potencia  $P_1$  y  $P_2$ , respectivamente, y adición de una constante  $C_1$  y  $C_2$ , respectivamente así como adición de las dos ramificaciones y a través de limitación en un limitador, filtrado de ruido blando de Gauß con una densidad de potencia espectral de  $N_0 = 1$  W/Hz. De esta manera se termina el proceso estocástico (figura 3). Un ejemplo de un número resultante de reflexiones se representa en la figura 11. Los ecos relativos que aparecen dado el caso son eliminados, poniéndolos a cero.

15 Sombreado de la trayectoria directa a través de casas

Evidentemente en un modelo de canal realista se pueden modelar también varias líneas de casas. Sin embargo, para mayor claridad a continuación se habla siempre sólo de una línea de casas.

20 En el modelo de canal de acuerdo con la invención, como se representa en la figura 12, un vehículo F se mueve sólo en dirección-x. Casas H con distribución de Gauß de altura mínima, máxima y media y huecos distribuidos estadísticamente, árboles BZ de diferente altura y con coronas de diferente tamaño a distancias iguales, diferentes o distribuidas estadísticamente y mástiles de luz P a distancias iguales, diferentes o distribuidas estadísticamente, se encuentran a la derecha y a la izquierda a lo largo de una calle recta ST, que se extiende en dirección-x.

25 Por lo tanto, un escenario artificial puede estar constituido por líneas de casas de este tipo a lo largo de una calle, sobre la que se circula entre las líneas de casas; cruces, plazas, etc. se reproducen a través de huecos en el escenario artificial.

30 La figura 13a muestra esquemáticamente sobre una casa un satélite así como una refracción de una señal en un frente de casas. La figura 13b muestra un grafo relacionado con una medición de una refracción provocada por un "frente de casas". El recorrido se registra sobre la abscisa en m y la potencia reproducida en dB se registra sobre la ordenada. En la parte izquierda del grafo existe una buena coincidencia de una oscilación modulada y de una oscilación medida.

Ya en la proximidad del canto del tejado comienza una oscilación de la potencia, por que la trayectoria directa se superpone en fase correcta a la trayectoria rota en el canto del tejado. Se producen, en parte, extinciones (ver las cavidades) y en parte complementos de fases correctas (ver las sobreelevaciones).

35 Aproximadamente a 3385 m se alcanza el "canto de tejado de la línea de casas"; el satélite es cubierto cada vez más por la "línea de casas". Por lo tanto, la potencia cae muy rápidamente y está aproximadamente en -20dB. Estas relaciones se pueden modelar con el "Modelo de Difracción Knife-Edge" conocido

40 En la figura 13b se reproducen los valores medidos a través de una línea continua, mientras que la línea de trazos reproduce la amortiguación calculada modelada según el "Modelo de Difracción Knife-Edge". Resulta una coincidencia casi perfecta entre medición y modelo. También se podría añadir todavía otro proceso estadístico, en el que se tiene en cuenta la rugosidad del edificio.

Sombreado de la trayectoria directa a través de árboles

Evidentemente, con un modelo de canal realista se pueden modelar también varios árboles. Para mayor claridad a continuación se habla de un árbol. Los árboles tienen una estructura compleja debido a sus ramas y hojas. Cuando los árboles se encuentran en la vía de transmisión directa (LOS) de las señales difundidas por un satélite de un

sistema de navegación, como han mostrado mediciones exhaustivas del solicitante, las señales-LOS son amortiguadas a través de las coronas de los árboles, mientras que son refractadas en los troncos de los árboles.

5 Como se puede deducir a partir de la representación esquemática e la figura 14, según la invención se pueden emular árboles o bien coronas de árboles a través de cuerpos homogéneos, por ejemplo en forma de cilindros de "árbol" BZ, que pueden estar en una calle no representada en detalle, sobre la que se encuentra un vehículo F  
10 indicado de forma esquemática con un receptor E. Un cilindro de "árbol" BZ que emula el árbol izquierdo o bien su corona tiene una altura  $h_k$  y un diámetro  $d_k$  y debe tener una densidad del árbol que se puede seleccionar de manera correspondiente en un proceso estocástico. La vía de transmisión directa (LOS) de una señal  $s_1$  difundida por un satélite no representado de un sistema de navegación de satélites se indica por una línea que atraviesa el cilindro de "árbol" BZ.

Cuando el vehículo F se mueve a lo largo de una calle, la señal  $s_1$  es amortiguada por el cilindro de "árbol" BZ y llega correspondientemente amortiguada al receptor E.

15 Esta amortiguación se representa en la figura 16 con relación a la señal  $s_1$  amortiguada a través del cilindro de "árbol" BZ, de manera que sobre la abscisa se representa el recorrido en m y sobre la ordenada se representa la potencia en dB.

La entrada en el grafo de la figura 16 reproduce la amortiguación provocada a través del cilindro de "árbol" BZ, que se encuentra en la figura 15, por ejemplo, en el orden de magnitud de aproximadamente 7dB. De esta manera se forma la porción determinista de la modelación.

20 Como se representa en la figura 15, una señal-LOS puede ser amortiguada a través de los árboles. La señal reproducida en la figura 15 ha sido medida en una marcha por delante de tres árboles. El proceso medido depende, por una parte, de la longitud de la señal-LOS en la corona del árbol y, por otra parte, es visible un efecto adicional, que es provocado por ramas y hojas.

25 Para emular las señales medidas reproducidas en la figura 15, se ha realizado una combinación de un cilindro dieléctrico de amortiguación, que modela la transición a través de la corona del árbol con un factor de amortiguación constante  $\alpha_{tr}$  por metro, y un proceso de atenuación estadística, que modela las ramas y las hojas. Sin embargo, ambos efectos solamente dependen de la posición del receptor  $x$  y, por lo tanto, exclusivamente depende del camino. Por lo tanto, se analizó la señal medida como una función de  $x$ , para derivar parámetros para el proceso estocástico.

30 A través de la división de la señal medida por una versión filtrada por filtro de paso bajo, que pasa hacia el modelo en forma de cilindro con constante de dielectricidad imaginaria, se ha podido aislar el proceso estocástico remanente. La distribución de la amplitud de este proceso se puede modelar de manera más ventajosa según la distribución de Rayleigh.

35 A partir de mediciones se ha podido calcular que una porción de constante está presente en el modelo. A este respecto es ventajoso añadir en la modelación de la misma manera una porción constante. La distribución de la amplitud se modifica entonces desde la distribución de Rayleigh mencionada hacia una distribución de Rice. Entonces se puede indicar la relación entre la porción variable en el tiempo y la porción constante del factor de Rice. El componente en fase y el componente en cuadratura se distribuyen según Gauß con respecto a esta amplitud.

40 Todo el coeficiente de amortiguación  $A(x)$  a través del modelo de "corona del árbol" cilíndrico, en el que el proceso de atenuación de Rice está superpuesto a la amortiguación determinista del cilindro dieléctrico, se puede calcular entonces de la siguiente manera:

$$A(x) = \alpha_{tr} l_{tr}(x) \cdot A_{stoch}(x)$$

con

$$A_{stoch}(x) = \frac{1}{\sqrt{1 + K_{Rice,tr}}} \left( \sqrt{K_{Rice,tr}} e^{j\varphi_C} + \mathcal{F}^{-1} \left\{ \sqrt{S_{tr}(X)} \right\} \right)$$

45 en la que  $\sqrt{K_{Rice,tr}} e^{j\varphi_C}$  representa la señal constante del proceso de Rice con un fase  $\varphi_C \in [0, 2\pi]$ . La señal de atenuación se deriva a partir del espectro de potencia del recorrido normalizado de Gauß  $S_{tr}(X)$ :

$$S_{tr}(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-X^2/(2\sigma^2)}$$

en el que el espectro de potencia de recorrido representa en este contexto un espectro de la densidad de la potencia a partir de la transformación de Fourier de una señal con respecto al camino y no, como es habitual en otro caso,

con respecto al tiempo y en el que la desviación estándar  $\sigma$  se da por

$$\sigma = \frac{B_r}{2\sqrt{2\ln(2)}}$$

El proceso estocástico  $A_{\text{stoch}}(x)$ , que se da por la suma de las constantes y la señal de atenuación, se normaliza a través del factor  $\frac{1}{1 + K_{\text{Rice},tr}}$ .

5 Para la emulación realista de cuerpos, en particular de troncos de árboles, se modela tal cuerpo con el llamado Modelo Double-Knife-Edge. En la figura 17 se reproduce la coincidencia casi perfecta entre modelo y medición. También este proceso depende de nuevo sólo de la posición y, por lo tanto, del camino.

A continuación se indica una implementación ventajosa, en la que la señal de atención está realizada como una suma de  $N_c$  portadoras con frecuencias  $f_{i,tr}$  distribuidas según Gauß y fases  $\varphi_{i,tr}$  distribuidas iguales:

10 
$$\mathcal{F}^{-1} \left\{ \sqrt{S_{tr}(X)} \right\} = \lim_{N_c \rightarrow \infty} \frac{1}{\sqrt{N_c}} \sum_{i=1}^{N_c} e^{j2\pi f_{i,tr} x + \varphi_{i,tr}}$$

En la figura 14 se emula de forma esquemática un tronco del árbol a través de un “pilar” P cilíndrico circular. Una señal  $s_2$  difundida por un satélite, por ejemplo, de un sistema de navegación, es difractada en el “pilar” P en dos lugares opuestos del “pilar” P, lo que se indica en la figura 14 por medio de dos líneas de trazos cortos. Esta difracción a través del “pilar” P que emula un tronco de árbol se puede emular con la ayuda de un modelo Double-Knife-Edge.

15

Lo mismo se aplica para mástiles reproducidos de forma esquemática en la figura 17m como mástiles de luz, farolas o similares, que se reproducen igualmente como “pilares” alineados verticales.

En la figura 17a, los valores obtenidos con la ayuda de la Modelación Double-Knife-Edge se superponen a los valores medidos en una campaña de medición. En la figura 17b, en la que sobre la abscisa se registra la distancia en m y sobre la ordenada se registra la potencia en dB, la curva de la señal medida se reproduce a través de una línea continua y la curva de la señal modelada se reproduce por medio de una línea discontinua. De esta manera existe una coincidencia muy buena entre la curva de la señal medida y la curva de la señal modelada. También esta función depende del movimiento y no depende del tiempo.

20

En la figura 18 se reproduce una estructura de un modelo de canal, que presenta cuatro parámetros de entrada, la velocidad del receptor / usuario explorada en el tiempo, el rumbo del receptor / usuario así como el azimut y la elevación del satélite.

25

Estos valores son introducidos en un modelo de movimiento, que calcula a partir de la velocidad, la tasa de exploración (duración de la exploración), rumbo y rumbo del satélite dos valores, a saber, el camino-x (puesto que en este modelo se circula sólo en dirección-x), la elevación introducida del satélite y el azimut relativo, a cuyo fin se forma la diferencia del rumbo del usuario y el azimut del satélite. Cuando en el mundo real se circula por una curva, en el modelo de canal se circula recto en dirección-x por ejemplo a través de una línea de casas; a tal fin, sólo el satélite se “gira hacia el lado”, con lo que se simula una “circulación alrededor de la curva”.

30

**REIVINDICACIONES**

1.- Procedimiento para la emulación de un canal de transmisión multi-trayectorias entre un transmisor (S) y un receptor (RX) móvil, cuyo movimiento se describe a través de las coordenadas de las trayectorias (x), así como con al menos un reflector (R), en el que se refleja una señal emitida por el transmisor (S), antes que llegue al receptor (RX), caracterizado

- por que se determina aleatoriamente una posición del al menos un reflector (R) con relación al transmisor (S) y al receptor (RX),

- por que (i) el retraso ( $\Delta\tau(x)$ ) del tiempo de propagación de la señal, provocado por la reflexión de la señal en el al menos un reflector (R), entre el transmisor (S) y el receptor (RX) y (ii) la fase Doppler ( $\varphi_D(x)$ ) se calculan, respectivamente, en función de las coordenadas de las trayectorias (x) de la siguiente manera:

$$\Delta\tau(x) = \frac{|\vec{r}_r(x)| - \vec{r}_r(x) \cdot \vec{r}_z(x)}{c_0}$$

y la fase Doppler ( $\varphi_D$ )

$$\varphi_D(x) = \frac{|\vec{r}_r(x)|}{2\pi\lambda}$$

- en la que

-  $\vec{r}_r$  es el vector desde el receptor (RX) hacia el al menos un reflector (R)

-  $\vec{r}_z$  es el vector desde el receptor (RX) hacia el transmisor (S),

-  $\vec{r}_r(x) \cdot \vec{r}_z(x)$  es el producto escalar dependiente de las coordenadas de las trayectorias (x) y, por lo tanto, es la proyección  $\vec{r}_r$  en  $\vec{r}_z$

-  $c_0$  es la velocidad de la luz y

-  $\lambda$  es la longitud de ondas de la señal.

2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que la posición del al menos un reflector (R) se determina con la ayuda de una distribución estadística de la probabilidad de incidencia, que describe la probabilidad de que, en función de la posición del al menos un reflector (R), la señal transmitida por el transmisor (S) alcance el reflector (R), siendo la distribución de la probabilidad de incidencia dependiente de la elevación y/o del azimut del transmisor (S).

3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado por que la distribución estadística de la probabilidad de incidencia se obtiene midiendo las posiciones de reflectores reales, en función de la elevación y/o del azimut del transmisor real (S).

4.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 3, caracterizado por que la distribución de la probabilidad de incidencia se determina por la multiplicación de una probabilidad de incidencia dependiente de la elevación del transmisor (S) y una probabilidad de incidencia dependiente del azimut del transmisor (S).

5.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que la potencia de reflexión del al menos un reflector se determina con relación a la posición determinada previamente y, en concreto en función de la elevación y/o el azimut del transmisor (S) con la ayuda de tablas o funciones.

6.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por que las tablas se crean con la ayuda de mediciones de potencias de reflexión de reflectores reales.

7.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5 ó 6, caracterizado por que la potencia de reflexión se determina con la ayuda de una distribución de Rice.

8.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por que la distribución de Rice se determina a través de un factor de Rice dependiente de la elevación del transmisor (S), que se calcula a través de mediciones de reflectores.

- 9.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que para el caso de que la señal del transmisor (S) reflejada por el al menos un reflector (R) alcance al receptor (RX) durante la duración de una longitud determinada de la trayectoria del receptor (RX), se asocia al menos a un reflector (R) una duración de vida que corresponde a la longitud de la trayectoria, medida en una unidad de longitud y por que la duración de vida se selecciona a partir de una tabla, que se crea a través de mediciones de reflectores reales.
- 5

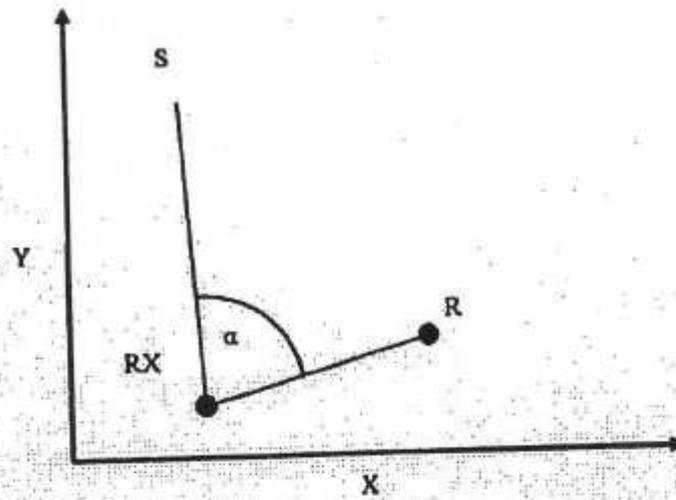


Fig.1

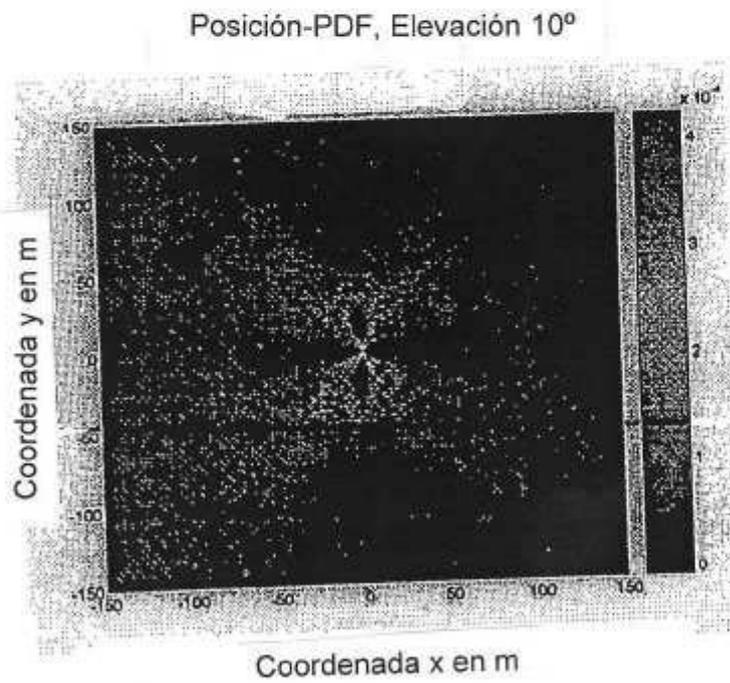


Fig.2

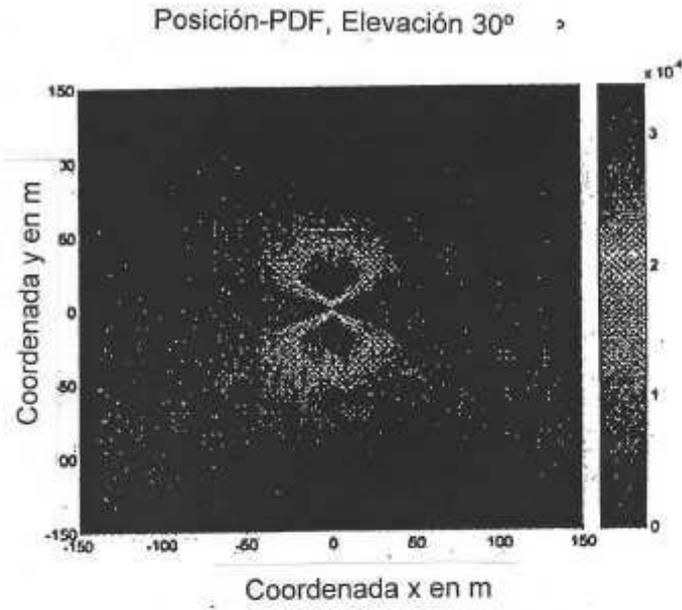


Fig.3

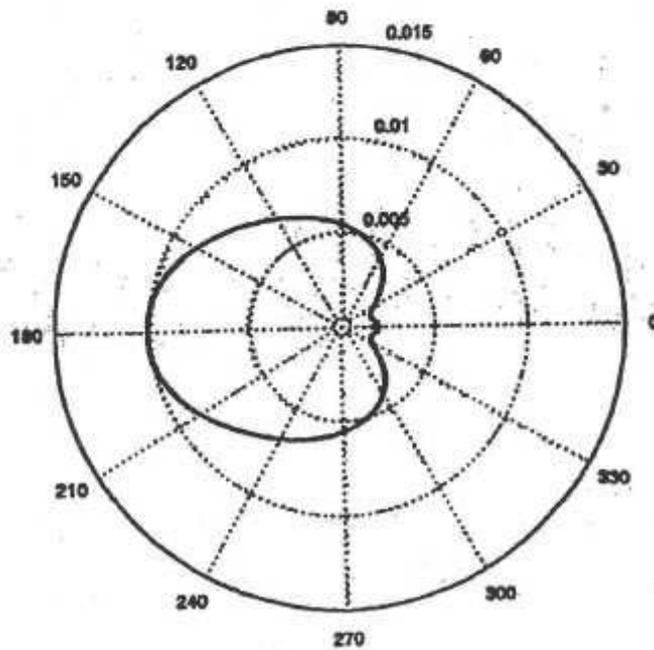


Fig.4

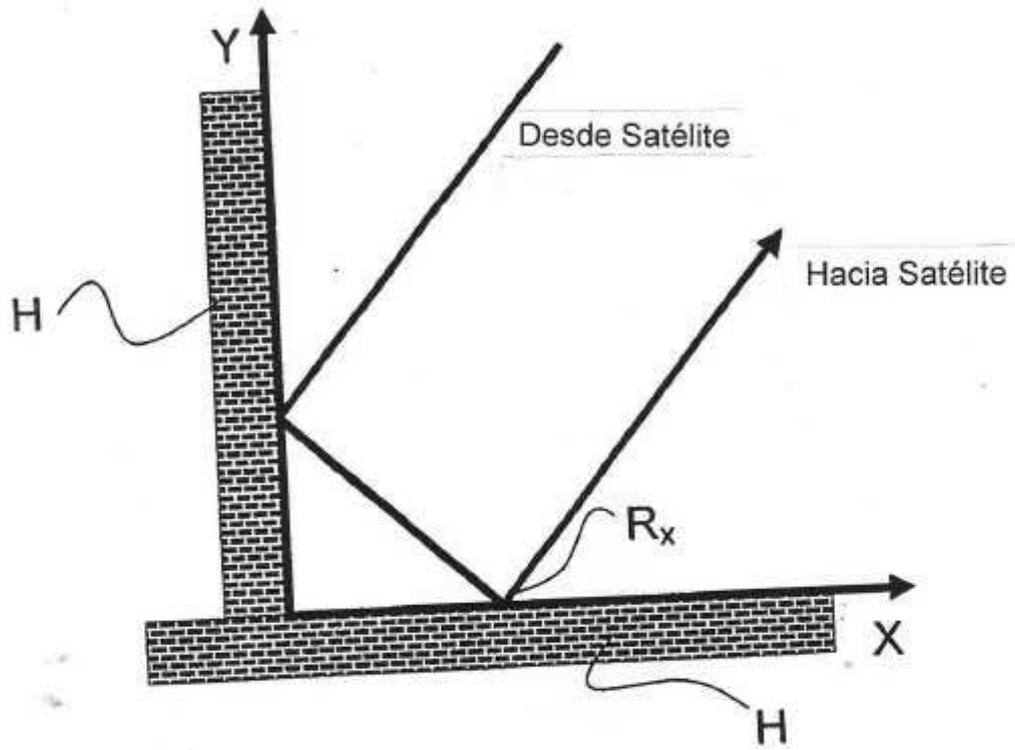


Fig.5

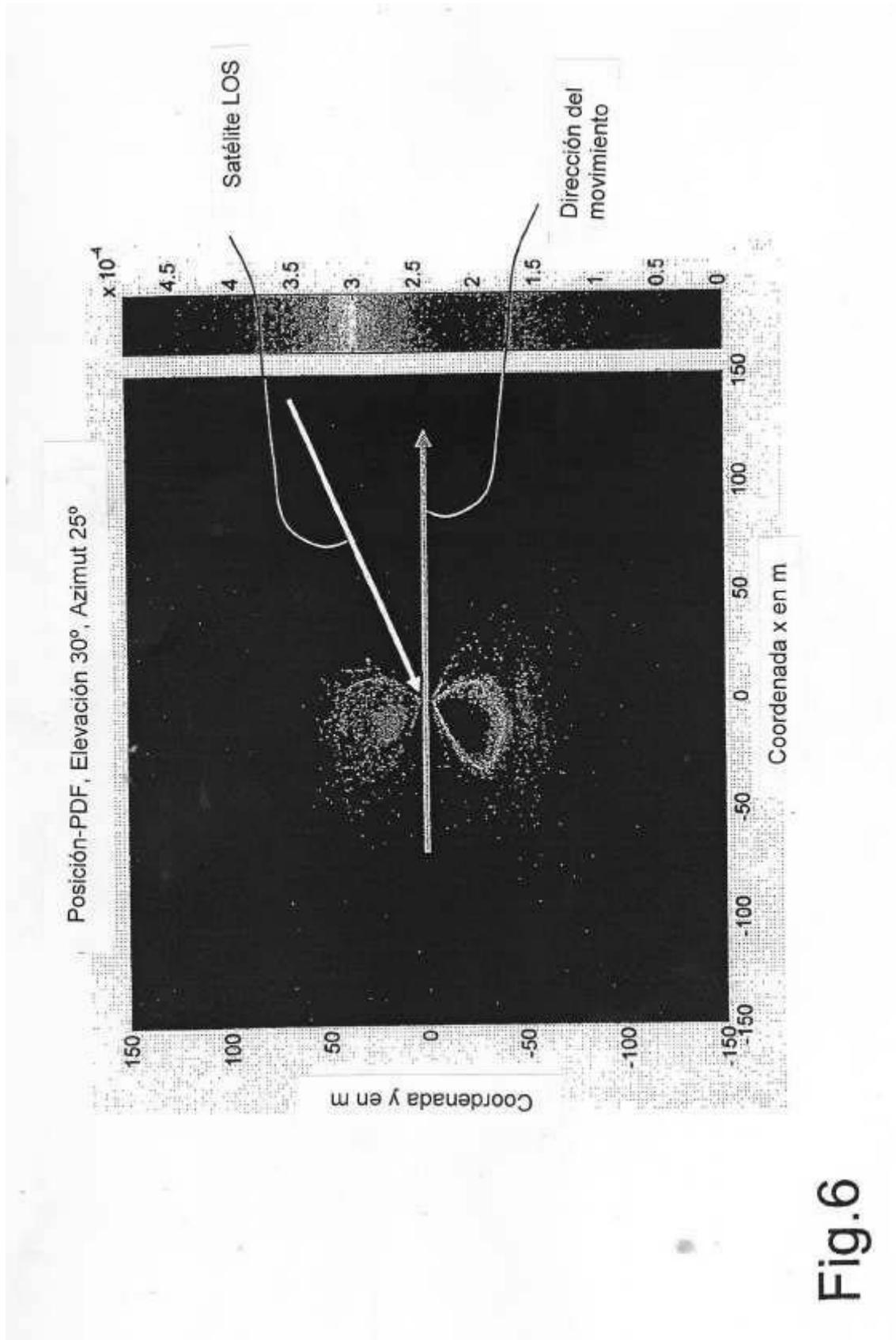


Fig.6

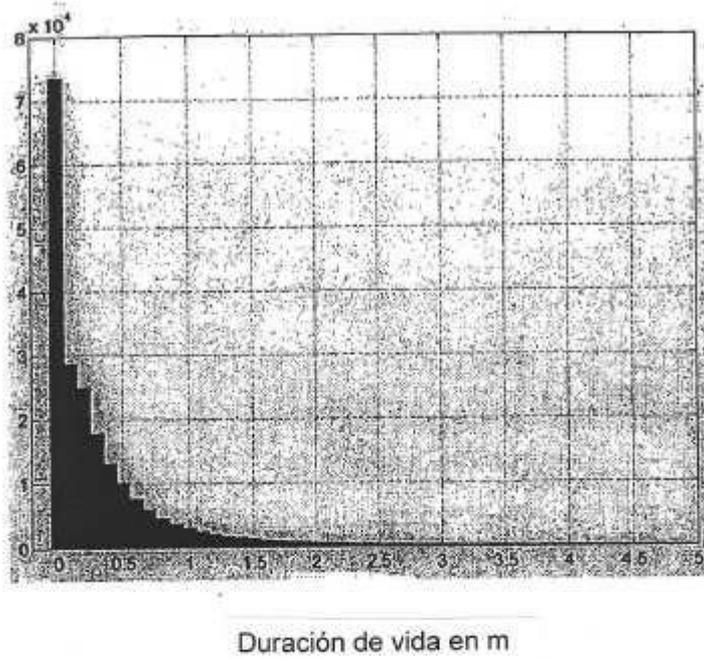


Fig.7

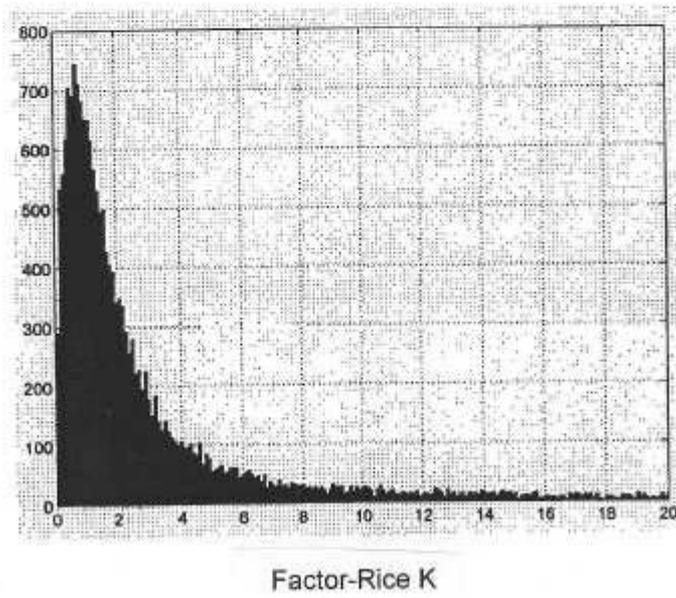


Fig.8

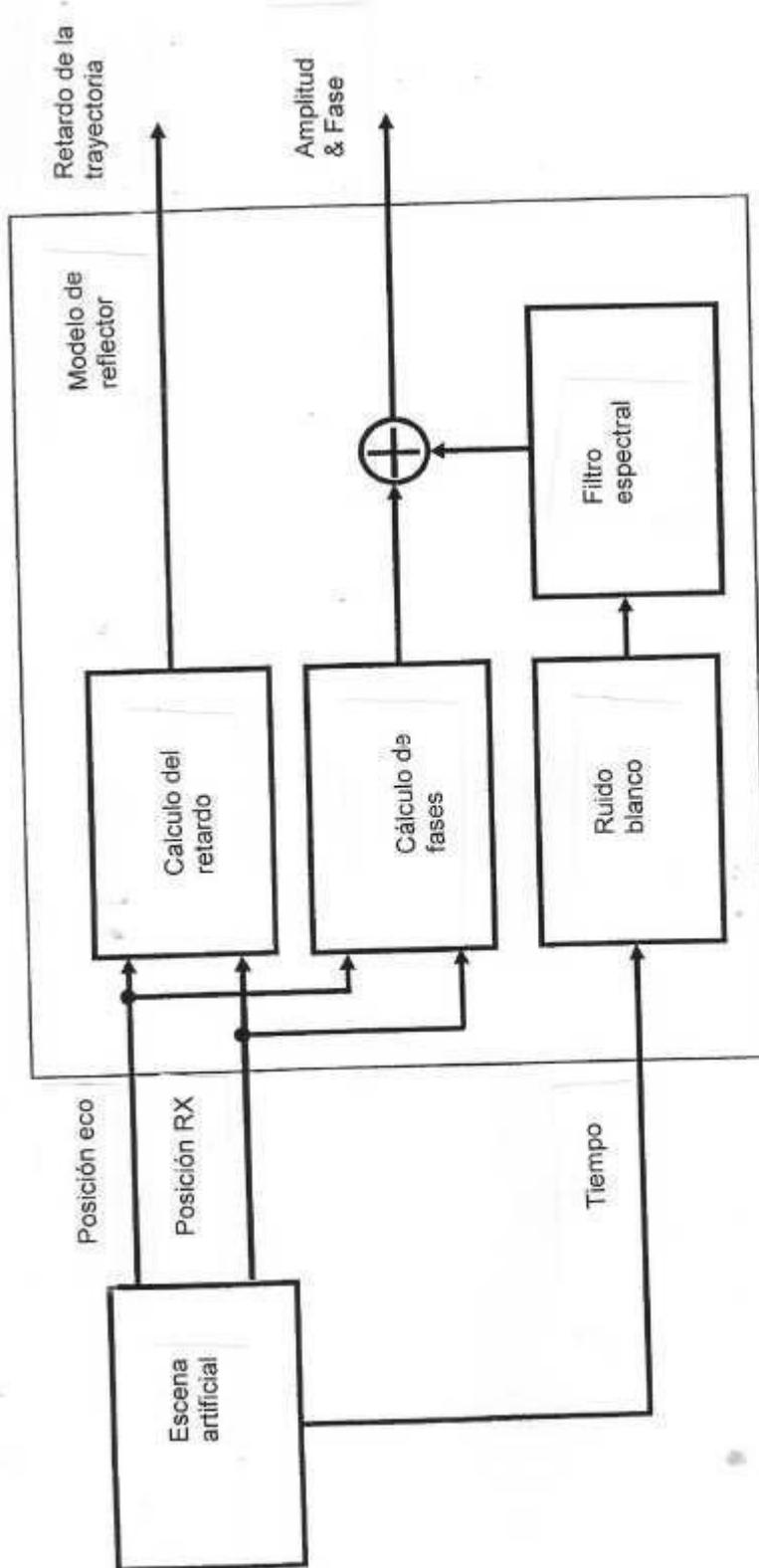


Fig.9

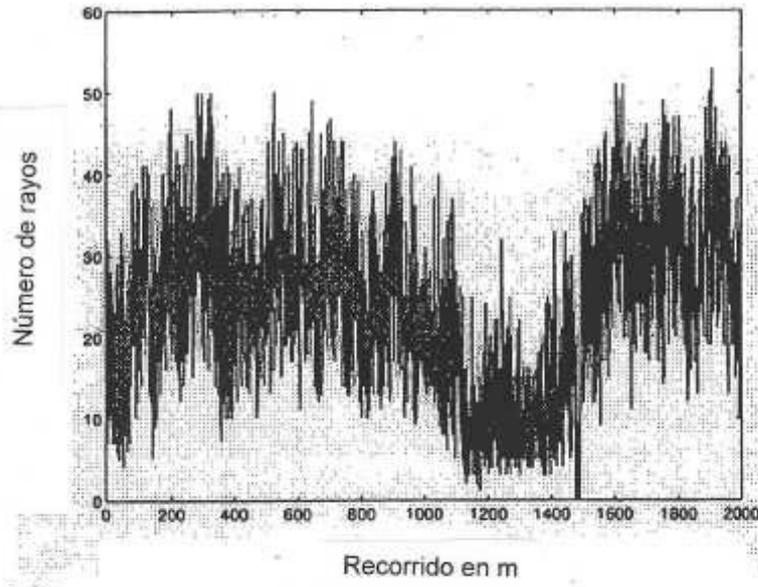


Fig.10

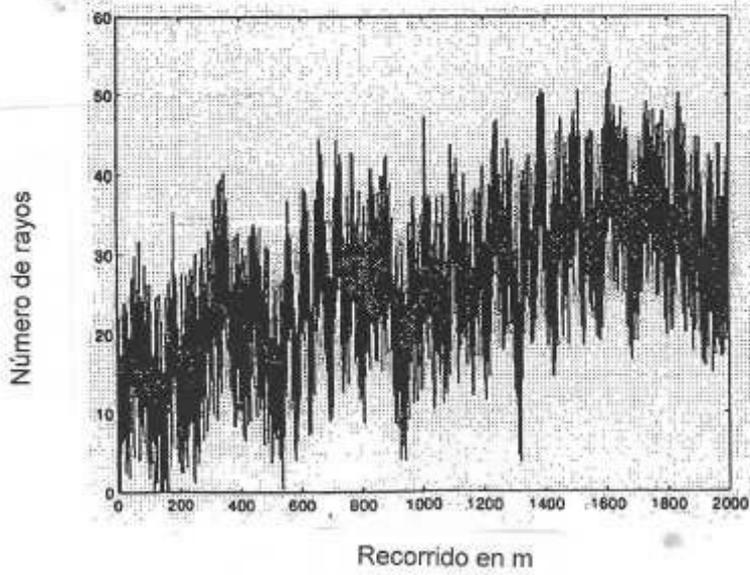
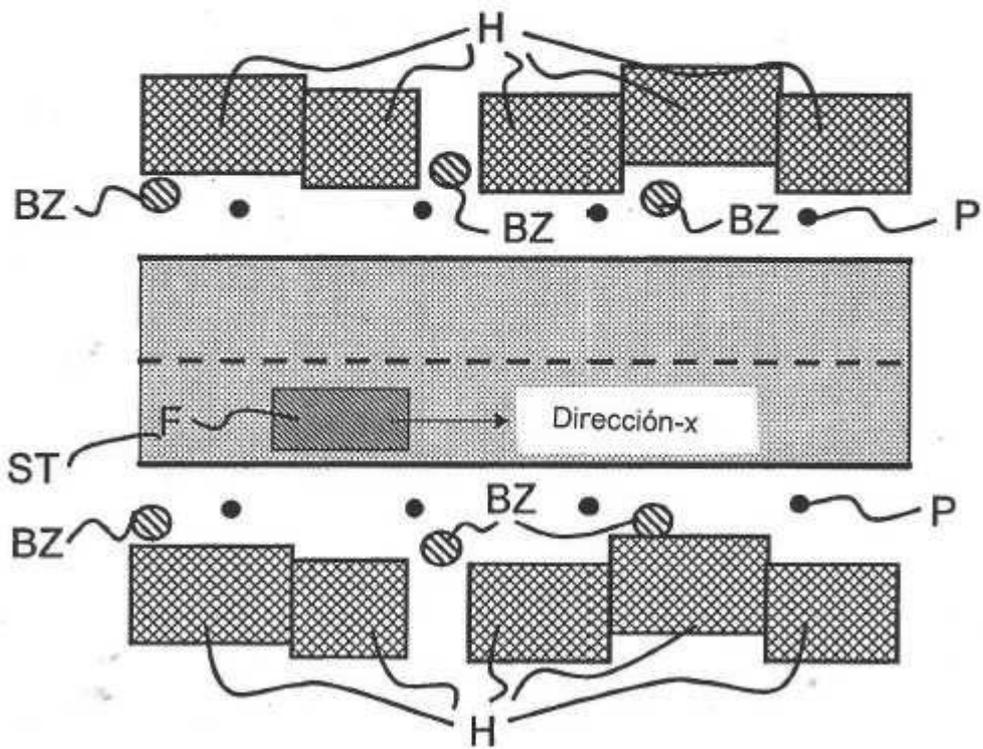


Fig.11

Fig.12



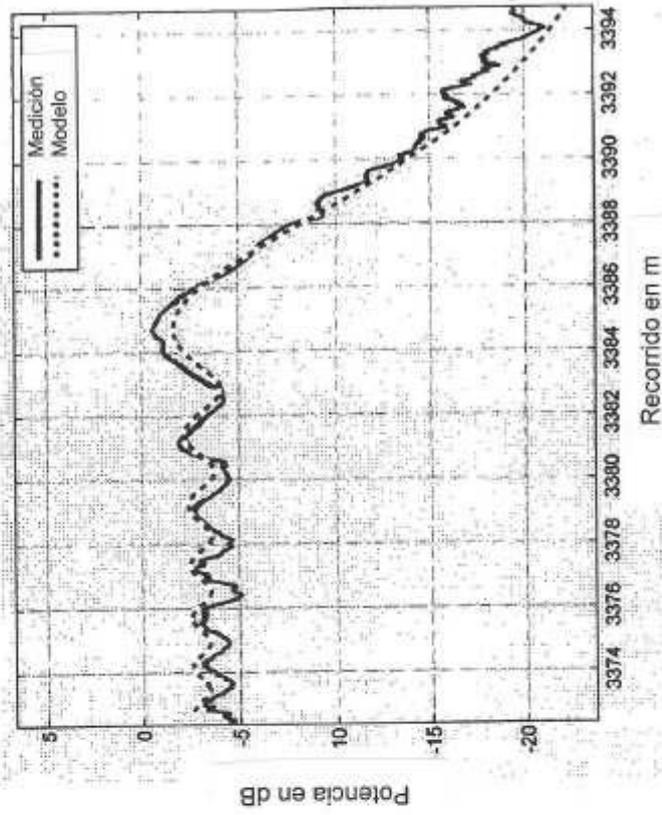


Fig.13b

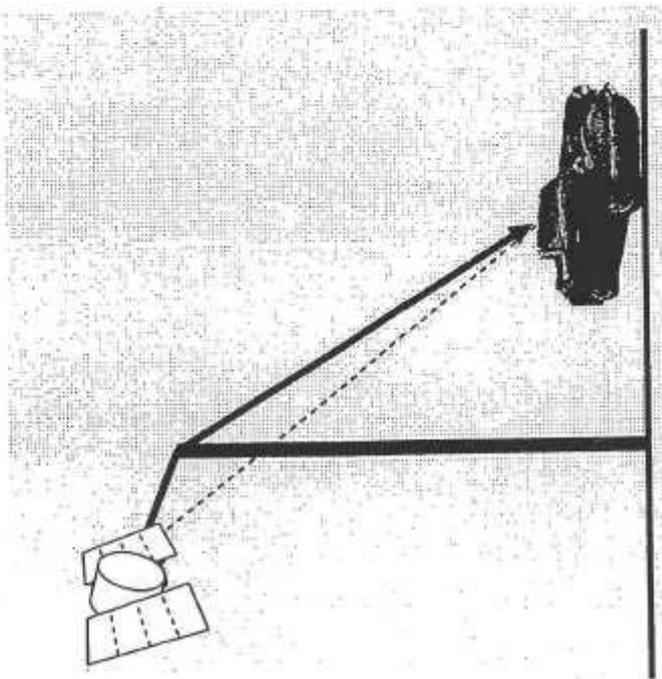
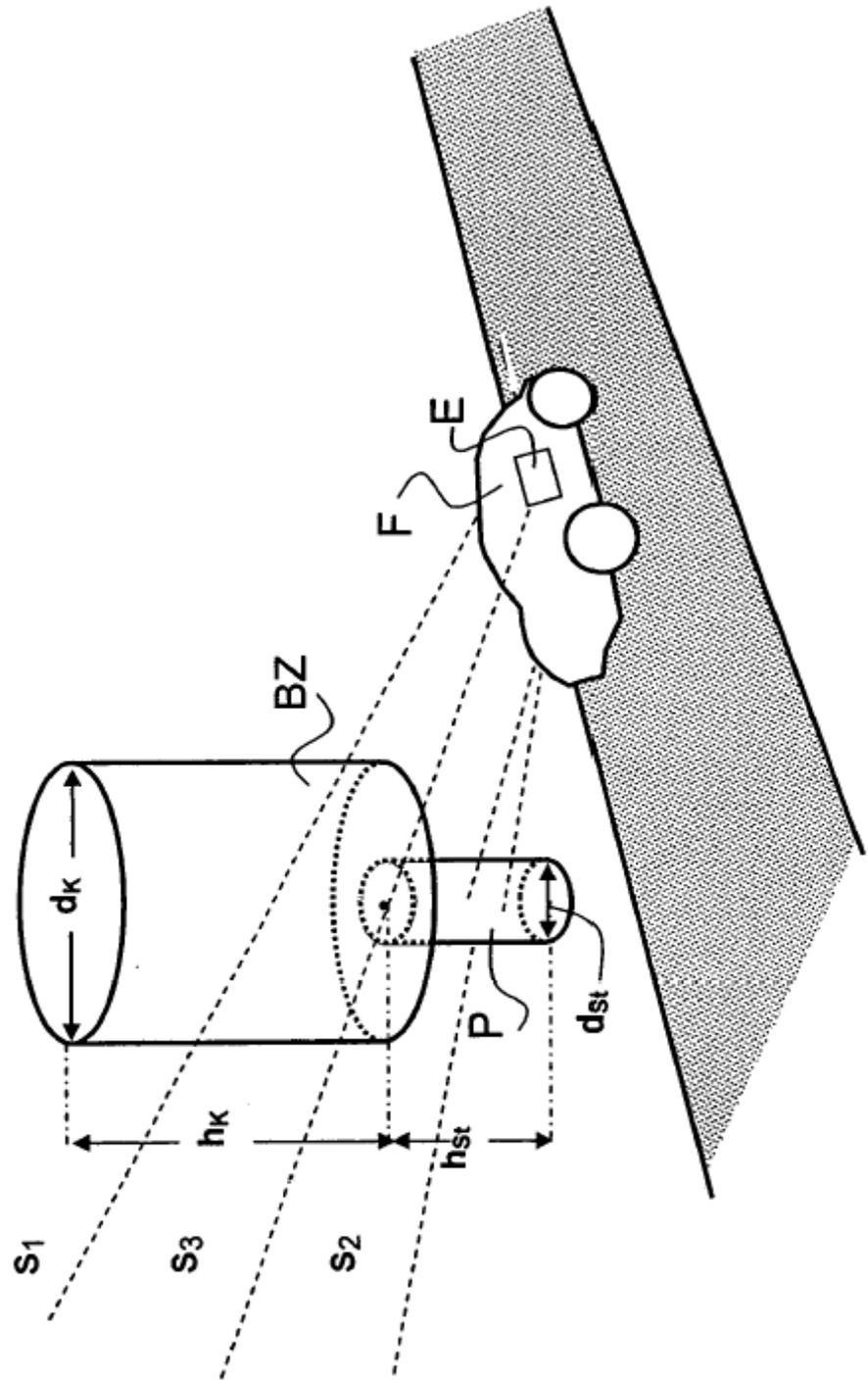


Fig.13a

Fig.14



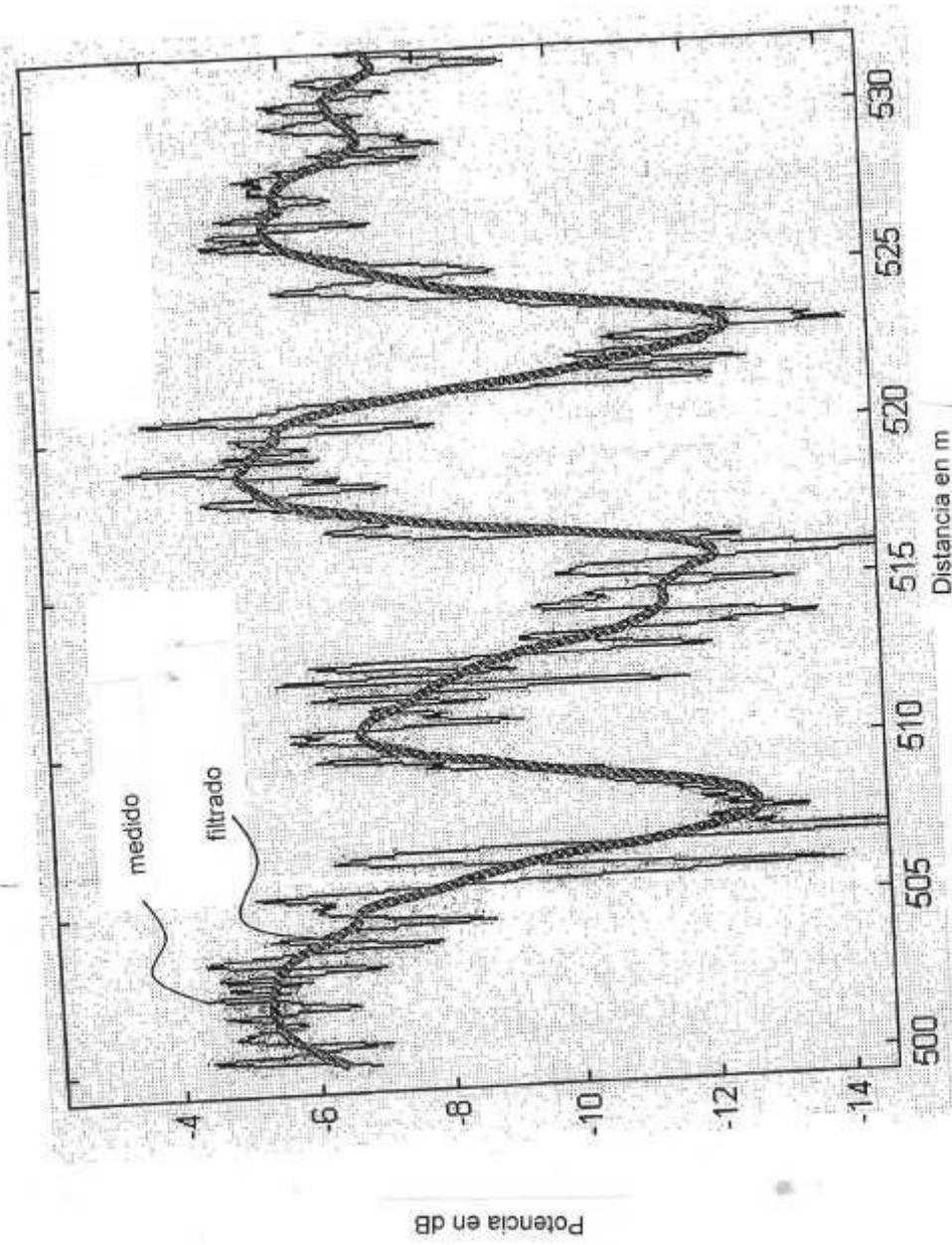


Fig.15

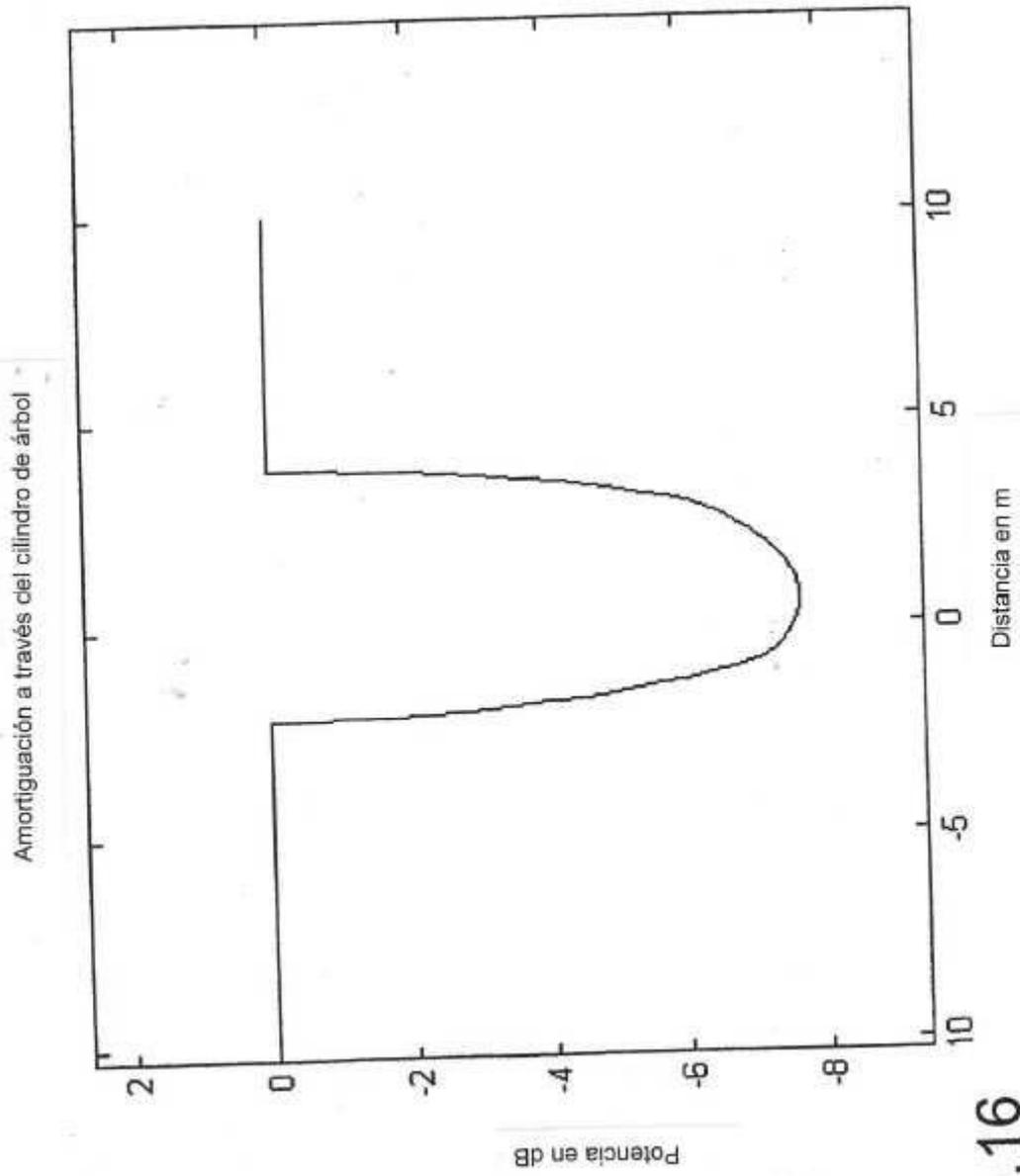


Fig.16

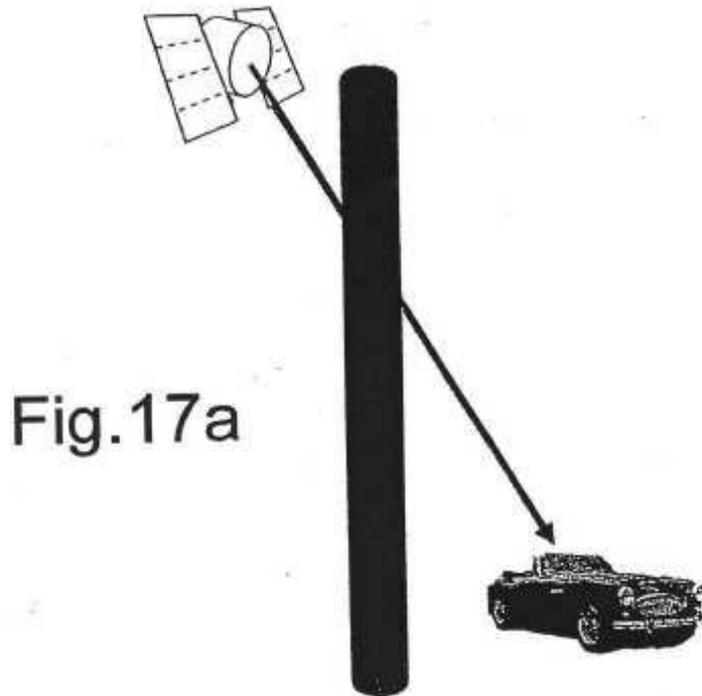


Fig.17a

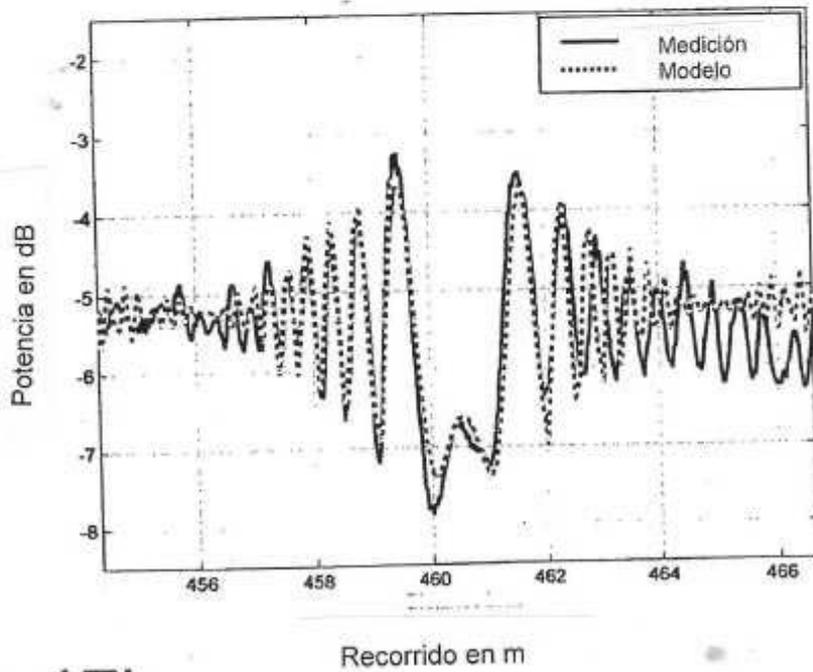


Fig.17b

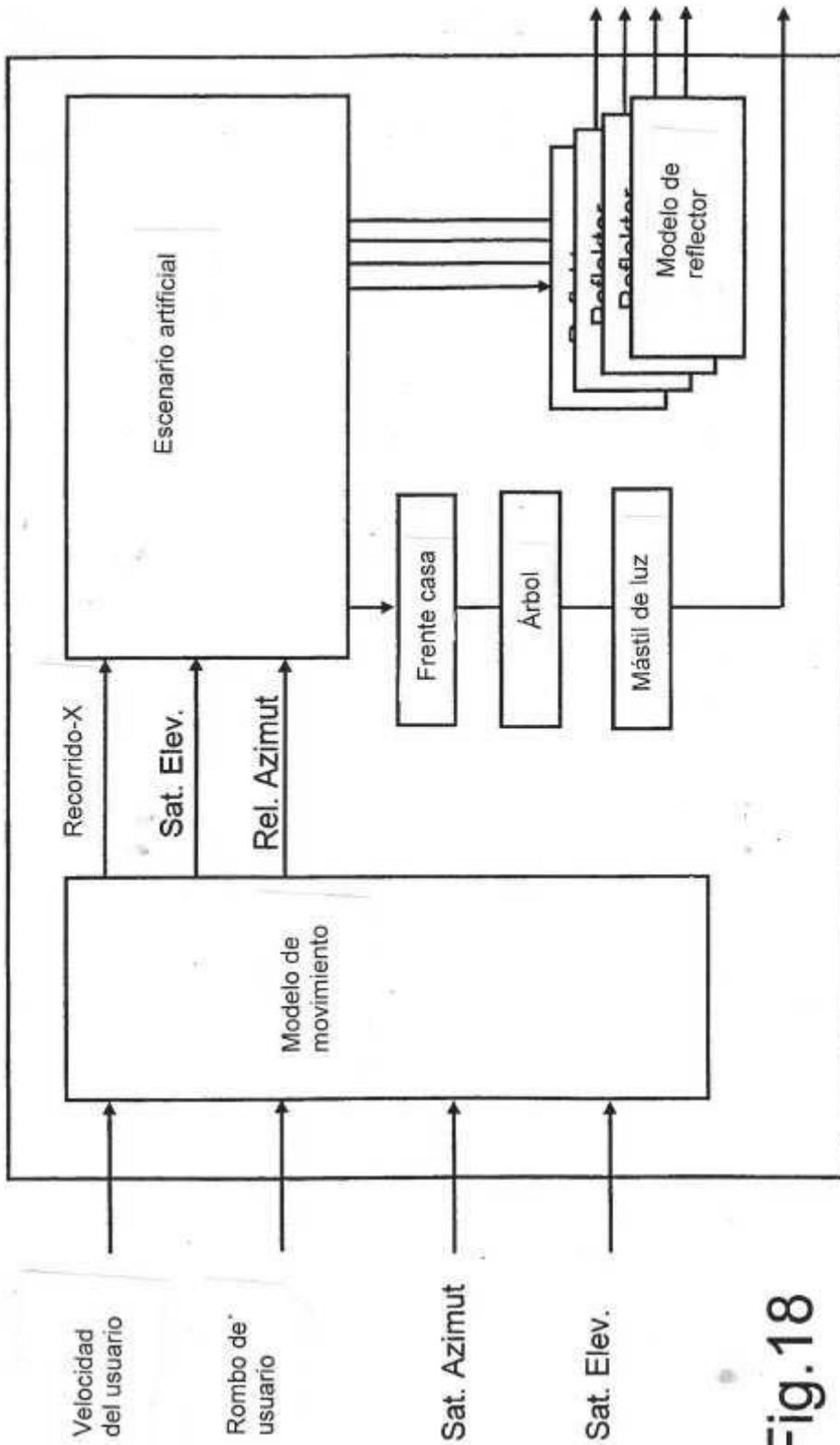


Fig.18