

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 279 954**

21 Número de solicitud: 202131764

51 Int. Cl.:

**H01Q 1/40** (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

**04.02.2020**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**22.10.2021**

71 Solicitantes:

**CHATU TECH S.L. (100.0%)  
C/ Albinyana, 109  
08223 Terrassa (Barcelona) ES**

72 Inventor/es:

**CAIRÓ MOLINS, Josep Ignasi;  
TORRENTALLÉ CAIRÓ, Manel;  
JOFRE ROCA, Lluís;  
ROMEU ROBERT, Jordi y  
GONZALEZ GONZALEZ, Giselle**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

54 Título: **SISTEMA DE TRANSMISIÓN ENTRE UN MEDIO DE TRABAJO Y UN MEDIO DE DESTINO  
CON DIFERENTES PERMITIVIDADES**

**ES 1 279 954 U**

## DESCRIPCIÓN

### **SISTEMA DE TRANSMISIÓN ENTRE UN MEDIO DE TRABAJO Y UN MEDIO DE DESTINO CON DIFERENTES PERMITIVIDADES**

5

#### **Campo técnico de la invención**

La invención pertenece al campo de los sistemas de medición y transmisión. En general, se refiere a un sistema aplicable para medir magnitudes en el interior de un medio y transmitir las al exterior. Particularmente, una posible realización de la  
10 invención tiene como objeto permitir conocer la salud estructural del hormigón.

#### **Estado de la Técnica**

Las antenas, son componentes que permiten la propagación de las ondas electromagnéticas por medios como el aire con máxima eficiencia. El aire por sus  
15 propiedades de tener una permitividad conocida y fija igual a la unidad, facilita dicha propagación.

Para otros medios como líquidos, con permitividades relativas (denominadas también constantes dieléctricas) mucho mayores a la unidad, la propagación como ondas electromagnéticas se ve atenuada. En estos medios la propagación de las ondas no  
20 es transversal sino longitudinal. Aquí, ondas como las del sonido se propagan longitudinalmente, pero no lo hacen las electromagnéticas las cuales pierden su propiedad de polarización.

En ciertos medios transmitir constituye todo un reto. Un caso interesante es el del hormigón –denominado *concreto* en algunas regiones hispanohablantes– en fase de  
25 fraguado o curado, que constituye un medio con alto contenido líquido (puede ser 50%), donde las ondas radio electromagnéticas son altamente atenuadas, de forma que si alguien tiene interés en realizar una transmisión radio en el interior del hormigón durante esta fase de curado se encontrará con que la propagación se hace imposible. Además, para este caso concreto las condiciones de humedad son altamente  
30 cambiantes, con lo cual se encontrará que las propiedades dieléctricas de dicho medio son altamente cambiantes con el tiempo. Equipos incrustados en hormigón en condiciones de fraguado necesitan de una comunicación hacia el exterior por cable puesto que para equipos radio la propagación de ondas hacia el exterior se ve

demasiado atenuada. De aquí el reto de realizar equipos sin cables que permitan ser incrustados en el interior de materiales con estas condiciones donde la permitividad es tan cambiante. Cuando se habla de permitividad se incluye tanto su parte real como la imaginaria.

- 5 La fase de curado del hormigón es una reacción exotérmica, libera calor, con unas fases diferenciadas, como son la dispersión de granos del clínker (roca que compone el cemento), la creación de productos de hidratación que ocurre transcurridos unos minutos, la fase propia de fraguado donde las capas que recubren los diferentes granos del clínker interacciona convirtiéndose el conjunto un gel continuo que dura  
10 unas horas, para terminar al cabo de unos días como un gel masificado.

Tiempo reacción	Reacción exotérmica	Generación energía hidratación	Aire $\epsilon = 1$ , variación con el tiempo
$t_i$	$C_3S + (H)$	118 kJ/mol	$\epsilon(t_i) = \epsilon'(t_i) + j \epsilon''(t_i)$
.....			
$t_f$	$C_4AF + (CH+H)$	203 kJ/mol	$\epsilon(t_f) = \epsilon'(t_f) + j \epsilon''(t_f)$

La solicitud de patente US2015/0212061 A1 divulga técnicas para depositar un sensor a nivel del hormigón mientras está siendo revuelto para realizar medidas, con la limitación de que el sensor debe tener una cara externa para facilitar la radiotransmisión.

- 15 La solicitud de patente WO 2007/025172 A2 divulga técnicas para realizar unas medidas de las condiciones de fraguado del hormigón. Para ello, se usan ondas acústicas de superficie que son alimentadas desde el exterior por radio pero en la superficie del hormigón.

No se conoce en el estado de la técnica ninguna propuesta que permita desarrollar  
20 una antena para propagar señales estando en el interior del hormigón en condiciones de humedad como las existentes durante el fraguado. En especial, durante las 24 a 48 horas iniciales donde se tiene el máximo de humedad, y la información que se puede extraer del mismo es de vital importancia para poder caracterizar por ejemplo la resistencia a compresión de mismo en las distintas fases de evolución.

- 25 Lo indicado en los párrafos anteriores para el hormigón es extensible a diversos medios con características parecidas y para las que el estado de la técnica carece de soluciones convenientes.

**Breve descripción de la invención**

La presente invención se concibe a la luz de las limitaciones observadas en el estado de la técnica para obtener información desde el interior de un primer medio compuesto por material con una proporción de líquido relevante y transmitirla hacia un segundo medio exterior, generalmente aire. Añadiendo, en ocasiones, la dificultad que el contenido de agua en dicho primer medio puede variar con el tiempo, y por tanto sus propiedades dieléctricas.

La invención presenta una solución a este problema actualmente no resuelto, se propone un sistema de transmisión entre un medio de trabajo y un medio de destino con diferentes permitividades caracterizado que incluye una antena, un circuito de control acoplado con la antena para transmitir datos y una envolvente que recubre al menos parcialmente la antena y que tiene una permitividad ( $\epsilon_1$ ) menor que la permitividad ( $\epsilon_i$ ) del medio de trabajo. A su vez la envolvente puede contar con diferentes regiones cada una con sus propiedades geométricas o eléctricas.

Varias realizaciones ventajosas se definen en las reivindicaciones dependientes. Uno de los aspectos del sistema es que incluye una antena con un diseño que permite una buena adaptación para transmitir en un entorno de trabajo hostil, generalmente en el interior de un medio con materiales en ocasiones heterogéneos y con una componente líquida importante. El sistema puede incorporar un sensor para adquirir información de dicho medio de trabajo. Con la antena se puede transmitir al exterior del medio de trabajo, generalmente aire. Un ejemplo interesante de aplicación es el caso específico del hormigón.

Por tanto, una de las ventajas de la invención es su capacidad de funcionar cubierta por una capa de material que hace de medio de trabajo. Una de las aplicaciones posibles de esta invención es inspeccionar la evolución del hormigón mediante la incorporación de uno o más sensores. En este caso, la capa de material (hormigón) puede tener un espesor de varias decenas de cm. Generalmente, consigue penetrar de 10 a 20 cm, incluso hasta 50cm. Señalar que es importante adquirir información del hormigón cuando éste tiene poca madurez, lo cual implica mayor proporción de líquido. Se ha de considerar adicionalmente cómo afecta el proceso de fraguado del hormigón. Además, es ventajoso hacerlo con instrumental que no está cableado hacia el exterior por sencillez y facilidad de manejo y también evitar equipos por los encofrados que pueden ser dañados durante los trabajos de obra.

Resaltar que la invención abre un amplio abanico de aplicaciones. Es extensible a medios formados por otros materiales, tales como alimentos con contenido líquido. También es aplicable a materiales orgánicos, por ejemplo, sistemas integrados en el cuerpo humano o animal.

- 5 Una ventaja es que puede actuar de manera mínimamente invasiva. El sistema según la invención puede fabricarse con dimensiones reducidas para ser introducido en el medio sin perturbar sus propiedades. Por dimensiones reducidas, se entiende aproximadamente un sexto de la longitud de onda empleada para transmitir, generalmente de varios cm. Por ejemplo, para la frecuencia ISM de 868 MHz las
- 10 dimensiones son de 5 cm aproximadamente. El sistema de la invención puede prescindir de conexiones cableadas con el exterior. Uno o varios sensores se pueden encargar de tomar medidas de diversos parámetros tales como la temperatura y humedad relativa justo en el dentro del medio de trabajo mediante la creación de un canal de comunicación con el exterior. Dicho canal se puede cerrar con una
- 15 membrana adecuada para evitar que el material que compone el medio de trabajo pueda perjudicar a los componentes del sistema, por ejemplo, la parte electrónica. Estas medidas de parámetros adquiridas por el sensor se transmiten efectivamente hacia el exterior, generalmente aire, mediante una antena especialmente adaptada para esta función.
- 20 Respecto del caso particular del hormigón, el diseño debe soportar adicionalmente las reacciones de fraguado. Entre otras consideraciones, ha de tenerse en cuenta que en las primeras horas de fraguado se produce la formación de silicatos de calcio hidratados que conlleva una intensa actividad química exotérmica.

Otro aspecto resuelto en la invención es el suministro de energía que puede ser de

25 dos tipos. Una opción es obtener alimentación eléctrica con una respuesta invariante respecto a las características de permitividad compleja cambiante del medio mediante una batería (por ejemplo, una pila de tipo botón). Por respuesta invariante, se entiende que permanece inalterada a pesar de los cambios de propiedades físicas del medio que lo envuelve. La batería se dimensiona para asegurar la alimentación eléctrica

30 durante el tiempo para adquirir las medidas. Para el fraguado del hormigón, este tiempo es del orden de varios días.

Otra opción para el suministro energético de la invención es hacerlo de forma totalmente pasiva. En esta variante, la energía se obtiene de la misma portadora de radiofrecuencia utilizada para comunicarse con el sistema.

Para transmitir de forma efectiva, el comportamiento de la antena debe ser analizado. Así, la antena es preferentemente de banda ancha, donde la adaptación de impedancia, ganancia y polarización se mantienen estables en un rango de frecuencias amplio.

- 5 En ciertas realizaciones es deseable que la antena tenga una ganancia y polarización en la banda de frecuencias que sea independiente de las direcciones de interés. Una antena omnidireccional acoplada con el sensor tiene la ventaja de que la colocación en el material (e.g. hormigón) es independiente de su orientación. Por direcciones de interés se entienden aquellas direcciones que incluyen un haz directo entre la antena
- 10 transmisora de la invención y una antena receptora de un equipo remoto. Esto facilita el trabajo de los operarios. Atendiendo a esta u otras condiciones, se plantea el diseño de antena con diferentes geometrías y las características apropiadas del resto de componentes.

15 **Breve descripción de las figuras**

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

- 20 FIG. 1A.- Muestra medidas de la parte real e imaginaria de la constante dieléctrica en el tiempo y a una cierta frecuencia para un hormigón en condiciones de fraguado.

FIG. 1B.- Muestra gráficas de la parte real del coeficiente de reflexión de la antena para diferentes constantes dieléctricas, que corresponderían a diferentes tiempos de fraguado, en un mismo rango de frecuencia.

- 25 FIG. 2.- Muestra diferentes envolventes según varias realizaciones del sistema con una antena planar.

FIG. 3.- Muestra diferentes estructuras reticulares para envolventes según varias realizaciones del sistema con una antena planar.

- 30 FIGs. 4A-4D.- Muestran varios diagramas de radiación. FIG. 4A diagrama de radiación de un dipolo convencional; FIGs.4B-4D diagramas de radiación para diferentes realizaciones de la estructura envolvente.

FIGs. 5A-5D.- Muestran varias realizaciones para una antena batwing o bow-tie. FIG. 5A antena bow-tie convencional; FIGs. 5B-5D varias realizaciones de una antena bow-tie modificada en diferentes aspectos para su empleo en el sistema.

FIG. 6.- Muestra un posible ensamblaje en dos partes para una realización del sistema con envolvente cilíndrica.

FIG. 7.- Muestra diferentes envoltentes de diferentes tamaños reticulares para varias realizaciones del sistema con una antena planar.

FIG. 8.- Muestra un diagrama esquemático de bloques funcionales de la invención.

## 10 **Descripción detallada de la invención**

Con referencia a las figuras se describen diferentes realizaciones y aspectos de la invención.

15 La FIG. 1A muestra medidas de la constante dieléctrica para un hormigón *H-25 PRO* en condiciones de fraguado (o curado) con el tiempo a una cierta frecuencia. Se aprecia claramente que tanto la parte real como la imaginaria tienen un valor diferente de la unidad para el primero, y diferente de cero para el segundo (dichos valores corresponden al aire). Como se observa, el valor de constante dieléctrica va  
20 cambiando con el transcurso del tiempo. Esto quiere decir que las características dieléctricas del hormigón son cambiantes a medida que va fraguando.

La FIG. 1B muestra un conjunto de curvas que representan respuestas de una antena a diferentes permitividades del medio que lo rodea. Se representa mediante el  
25 cociente de reflexión expresado en escala lineal. El coeficiente de reflexión va de 1 a 0 (valores normalizados según la impedancia del medio definida por  $Z_0$  y que toma el valor habitual de 50). Se observan tres curvas cada una asociada a un valor de la constante dieléctrica a lo largo de un amplio rango de frecuencias de 0 Hz a 1000 MHz. En línea de trazo negro grueso se tiene la respuesta de una antena adaptada  
30 para una sola frecuencia. En otros colores de línea se aprecia el comportamiento de antenas diseñadas según la presente invención para permitividades con valores de 4 a 20. A través de esta gráfica se puede comprobar cómo la respuesta en frecuencia es muy similar. Más adelante se volverá sobre esta figura.

Se aprecian en la FIG. 2 varias tres realizaciones con diferentes geometrías para las envolventes **2** para una antena **1** representada de forma esquemática, preferentemente de tipo planar. Hay una antena **1** de tipo planar con una envolvente **2** de geometría esférica dibujada a la izquierda, la antena **1** dibujada en el centro tiene una envolvente **2** de geometría cilíndrica, la antena **1** dibujada a la derecha tiene una envolvente **2** de geometría poliédrica. Se ha encontrado que el efecto del ancho de banda con la permitividad mejora con la estructura envolvente. El ancho de banda de las impedancias se puede ampliar.

En estas realizaciones de la FIG. 2, todas las envolventes **2** forman un espacio de material macizo –a excepción de ciertas realizaciones con sensores que precisan un canal **24** de comunicación con el exterior para habilitar la adquisición de medidas, se precisa también entonces una membrana **25** que impida la entrada de material del medio de trabajo a través de dicho canal **24**. Dado que el espacio que encierra cada envolvente **2** está relleno, su permitividad es homogénea. Se consigue de esta manera simplificar el análisis ya que no depende de ninguna dirección espacial privilegiada. Las antenas planares son buena opción por su amplio ancho de banda, tamaño compacto y geometría adaptable.

La permitividad de las envolventes **2** debe ser alta aunque nunca superior a la del medio exterior, es decir el medio destino, a donde se pretende adaptar la antena **1**. Así, por ejemplo, en condiciones de fraguado, la permitividad inicial del hormigón como medio suele estar comprendida entre 14 y 20. De lo que se desprende, que la permitividad del material del medio de trabajo deba estar en unos valores comprendidos entre 7 y 10.

Además de una antena planar, es posible emplear otros tipos de antenas. La variedad de antenas susceptibles de ser incorporadas en diferentes realizaciones del sistema es numerosa.

Algunos ejemplos de antenas válidas son los monopolos cuadrados, las antenas de disco o de medio disco, las antenas elípticas con alimentación en base, la stepped-fat antena dipolo, o la antena dipolo diamante. Existen antenas como las antenas dipolo que son planares, o sea de sencilla realización y fácilmente dimensionables para conseguir un reducido tamaño, generalmente del orden de submúltiplos de la longitud de onda.

En particular, se ha encontrado que para diseñar una antena omnidireccional se puede emplear ventajosamente la geometría utilizada por la antena tipo bow-tie, también llamada de pajarita o de mariposa (discutida más adelante).



Si el medio de trabajo experimenta una permitividad cambiante –es el caso del hormigón–, la respuesta frecuencial del sistema cambia. La ecuación [E1] ilustra la relación entre una permitividad relativa cambiante con el tiempo  $\epsilon_r(t)$  y la frecuencia. La presente propuesta para la antena permite paliar este efecto. Como se desprende de

5

la última ecuación [E3], a partir de una variación de ancho de banda ( $\Delta BW(t)$ ) es factible compensar una variación de la permitividad. Para ello se usa una antena de suficiente ancho de banda que permite compensar en gran medida este fenómeno.

$$f = \frac{c_0}{\lambda \cdot \sqrt{\epsilon_r}};$$

[E1]

Que en este caso peculiar se convierte en una función del tiempo:

$$f(t) = \frac{c_0}{\lambda \cdot \sqrt{\epsilon_r(t)}}; \quad f(t) = \frac{c_0}{\lambda \cdot \sqrt{\epsilon'(t) + \epsilon''(t)}};$$

[E2]

10 Esto propicia un desajuste con el tiempo de la radiación de la antena, ya que estará sintonizada a una frecuencia y no estará preparada para cambios del medio.

Mediante un ventajoso diseño, se ha conseguido compensar tales efectos de variación de permitividad con el tiempo, diseñando una antena de banda ancha y a la vez añadir un recubrimiento compensa efectos limitantes de respuesta en frecuencia, dado el

15

$$\left. \begin{array}{l} t_i \rightarrow \epsilon(t_i) \rightarrow f_i \\ t_f \rightarrow \epsilon(t_f) \rightarrow f_f \end{array} \right\} f_i - f_f = \frac{c_0}{\lambda Q} \left( \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r(t_i)}} - \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r(t_f)}} \right)$$

[E3]

Una antena de gran ancho de banda exhibe una mejor adaptación a medios de permitividad alta y/o variable. Hay que considerar que una antena de reducido tamaño presenta limitaciones que pueden llegar a compensar entre el 30% y 40% de la

20

Volviendo a la FIG. 1B se observa el comportamiento de una antena adaptada en negro grueso con una frecuencia central de trabajo es  $f_0 = 868\text{MHz}$ . Para un hormigón en fases iniciales de fraguado la permitividad relativa  $\epsilon_r$  puede tener valores comprendidos entre 20 y 15. El ancho de banda en frecuencia indicada como BW, que

25

depende del factor de calidad  $Q$ , y se define como el cociente entre la diferencia de la máxima y mínima frecuencia de operación y la frecuencia central, debe poder incluir las variaciones de permitividades. Como se puede observar esto será un gran reto puesto que para permitividades entre 5 y 20 el ancho de banda puede variar entre el

5 55 y 78%. Estas variaciones son principalmente provocadas en el hormigón por las reacciones químicas exotérmicas mencionadas que afectan a las propiedades eléctricas de permitividad y a las que ha de adaptarse para poder transmitir con éxito una señal electromagnética.

10 La FIG. 3 muestra realizaciones para tres geometrías de las envolventes **2** para una antena **1** de tipo planar. Finalmente, con el fin de mejorar aun más la adaptación, se opta por definir un gradiente de permitividades, definiendo varias zonas con diferentes permitividades que van, desde la zona interior, más próxima a la antena, con menor permitividad, a la zona exterior próxima al medio de trabajo, con mayor permitividad.

15 Como se observa en cada envolvente **2** existen zonas **21**, **22**, **23** con un reticulado diferente. La primera región **21** de la envolvente **2** tiene asociada una permitividad  $\epsilon_1$ , la segunda región **22** de la envolvente **2** tiene asociada una permitividad  $\epsilon_2$ , la tercera región **23** de la envolvente **2** tiene asociada una permitividad  $\epsilon_3$ . Se forman así cavidades con aire de permitividad  $\epsilon_0$  y, en suma, se consigue una permitividad no-

20 homogénea del conjunto que envuelve a la antena **1**. Ésta es una manera para obtener un gradiente de permitividades ( $\epsilon_1 < \epsilon_2 < \epsilon_3$ ) que permite una adaptación gradual desde la posición central donde se encuentra la antena a la parte exterior, donde se encuentra el medio de trabajo con valor de permitividad mayor ( $\epsilon_i$ ) a adaptar. Para lograrlo –además de empleando diferentes materiales– se pueden ajustar las

25 características de la retícula o malla, para variar la proporción existente de material de un tipo respecto de otro. En el caso mostrado de una retícula cuadrada, se ajustan los valores de  $r_1$  y  $r_0$  ( $r_1$  es el espesor de la capa de material con dieléctrico de permitividad  $\epsilon_1$ ;  $r_0$  es el espesor de la capa de material con dieléctrico de permitividad  $\epsilon_0$ ).

30 La envolvente exterior **23** del sistema debe incluir una estructura para impedir que entre material del medio de trabajo en el interior donde se encuentran componentes electrónicos (sensor, procesador, batería) o delicados (la propia antena). Una opción es usar una membrana porosa (no mostrada) que sea impermeable pero transpirable,

35 con la suficiente porosidad como para evitar que pase la gota de agua (por ejemplo poros de 12  $\mu\text{m}$ ) y para que si deje pasar el aire. En esta realización, el reticulado

define espacios huecos o cavidades, fabricados en diferentes materiales con unas dimensiones  $r_1$  y  $r_0$ , que definen al menos un canal (no mostrado) que permite la medida de temperatura y humedad al sensor en el medio de trabajo. En superficie  $r_1$  y  $r_0$  conforman las áreas planas, en la gráfica aparecen como áreas oscurecidas, para  
 5 ambos materiales, que al extenderse en el otro eje  $z$  conforman un volumen para cada material atendiendo a la siguiente fórmula.

$$\epsilon_{ef}(r, \theta) = \frac{\epsilon_0 r_0 + \epsilon_1 r_1}{r_0 + r_1}; \quad [E4]$$

Las FIGs. 4A-4D muestran esquemáticamente diagramas de radiación para cuatro realizaciones de una antena **1** planar tipo dipolo, sin y con diversas envolventes para  
 10 una mejor comparación de las ventajas del sistema según esta invención (por conveniencia no se muestran otros elementos como el sensor o la electrónica asociada). En color rojo se define el valor absoluto de la directividad para los diferentes ángulos del espacio según la posición de la antena.

La FIG. 4A muestra la antena **1** de tipo planar dipolo, sin envolvente, radiando en un  
 15 medio exterior  $\epsilon_0$ . Se aprecia claramente la formación de dos lóbulos **10** bien diferenciados.

La FIG. 4B, respecto de la antena estándar mostrada en la FIG. 4A, muestra la misma antena **1** pero contenida en una estructura envolvente de permitividad  $\epsilon_1$ . Esta  
 20 envolvente **2** modifica la radiación al medio exterior  $\epsilon_0$ , según se aprecia en el diagrama, suaviza la unión entre los dos lóbulos **10** (en línea roja) en las cercanías del eje de la antena **1**. No obstante, si bien se mejora la transmisión en la dirección de la antena **1** (eje X), todavía prevalece la dirección perpendicular a la superficie de la antena **1** (eje Y).

La FIG. 4C muestra la misma antena **1** pero contenida en una estructura envolvente  
 25 de material con permitividad  $\epsilon_{m1}$  y en forma de elipse con una excentricidad mayor que la dibujada en la FIG. 4B. Para mejorar la omnidireccionalidad de antenas tipo dipolo —con menor radiación en la dirección del eje de dicha antena (eje X)—, se usa una envolvente con mayor grosor en el plano de la antena. Así se obtiene el diagrama de radiación con un único lóbulo **10** (en línea roja) con forma de elipse.

30 La FIG. 4D es una evolución del diseño de las FIGs. 4B y 4C. Externamente, se incorpora a una primera envolvente **21** con forma elíptica, una segunda envolvente **22** con forma elíptica. Esta segunda envolvente **22** forma una capa sobre la primera envolvente **21**. Ambas envolventes **21**, **22** pueden diseñarse geoméricamente con excentricidades diferentes para obtener una mejor adaptación de la directividad a un

medio exterior para todas las direcciones de radiación de la antena **1** (en el caso del hormigón, con permitividad elevada).

Lo mencionado en estas realizaciones para una antena de tipo planar, es extensible a otros tipos como ilustra la siguiente figura.

5

Las FIGs. 5A-5D ilustran otro aspecto del sistema **20** relativo a la antena **1**, un dipolo de tipo Bow-Tie, también denominada pajarita o mariposa por la forma de sus polos.

La FIG. 5A ilustra un ejemplo de antena **1** bow-tie convencional donde el ángulo “theta” y la longitud “l” definen la geometría de la antena.

10 La FIG. 5B ilustra ya la antena **1** bow-tie modificada. La radiación de antenas tipo dipolo es generada principalmente por la superposición de campos radiados por la alimentación y fuertes difracciones de los extremos **12**. Para formar más difracciones, se recortan los vértices exteriores. Se ha encontrado que realizando cierto número de cortes mejoran las difracciones. A su vez, a partir de un número dado, si se realizan  
15 más cortes no se consiguen más mejoras.

La relación entre magnitud y fase en la difracción de los campos radiados con respecto cada uno de ellos y el campo directo determina el ancho de banda. Se consigue mejorar no sólo la relación de ancho de banda con respecto a un dipolo, sino respecto a una antena bow-tie convencional gracias a disponer de más difracciones incoherentes.

20 De hecho, se ha comprobado que cuanto más grande sea la distribución de los términos de fase que contribuyen, mayor será el ancho de banda. La variante se realiza con reducido de tamaño para integrarla en un sistema que incluye un sensor también de pequeñas dimensiones.

En el escalado de la antena se considera el efecto de auto-complementariedad que  
25 cumple la antena bow-tie, cuya geometría se puede describir por la relación de ángulos ( $\theta$ ) en la FIG. 5A. Por auto-complementariedad se entiende la propiedad por la que son equivalentes las antenas de una geometría dada y la de geometría complementaria. La característica principal que la longitud (l) dependerá de la frecuencia de operación y el ángulo ( $\theta$ ) que controla la impedancia de la antena: a  
30 mayor ángulo, menor impedancia.

En la Fig. 5B se tiene una antena de tipo bow-tie **1** que incluye unas estructuras centrales **11** a modo de puente en forma de “T”, en el punto de alimentación para poder adaptar su impedancia a unos valores de parte real muy bajos e imaginarios elevados, a diferencia de la adaptación típica de una antena a 50 Ohmios.

35 Se muestra en la FIG. 5C una realización de la antena **1** curvada que logra reducir aún más el tamaño para usarla en el sistema de transmisión.

Finalmente, en la FIG. 5D se muestra en la realización del sistema **20** donde se recubre parcialmente la antena de la FIG. 5C de material para crear una envolvente **2** y permitir que los laterales queden libres para mejorar la transmisión de la antena **1** a costa de exponer una porción al medio de trabajo. Se aprecian también varios  
5 elementos. Una cubierta frontal **13** y una cubierta trasera **14** que acaban de recubrir la antena **1** para su protección. Como sustrato se tiene el revestimiento **15** donde se imprime la antena **1** que es de cierto material usado para frecuencias de radio –por ejemplo un Rogers 4003– y un material de plástico con permitividad controlada también en el centro de la antena **1** haciendo de soporte central. Por Rogers 4003 se  
10 entiende un material que trabaja bien a las frecuencias de trabajo. Esto es, que sus propiedades electromagnéticas son conocidas, bien controladas y dispone de pocas pérdidas.

La FIG. 6 muestra una realización del sistema **20** con una envolvente **2** de geometría  
15 cilíndrica que está dividida en dos semicilindros para facilitar el ensamblaje. Se define un alojamiento interior para albergar una antena **1** de tipo dipolo y un sensor **3** para medir y un circuito de control **4** asociado. Por ejemplo, el alojamiento puede generarse mecánicamente en forma de una ranura donde incorporar la antena **1** y el sensor **3** de medida y otros componentes electrónicos (un circuito de control) implementados de  
20 manera compacta como una placa de circuito integrado (PCB) incluyendo, en caso de que sea necesario, una pequeña batería.

Si se desean medir ciertos valores de magnitudes físicas o químicas, las realizaciones anteriores deben incorporar los sensores apropiados. En hormigón, interesa fundamentalmente conocer la temperatura y humedad. Para que un sensor **3** pueda  
25 medir el valor de estas magnitudes se ha previsto establecer un canal **24** en la envolvente **2** desde la zona donde se ubica el sensor **3**, e.g. en la placa de circuito integrado, hasta la salida, a modo de chimenea, que se llena de aire y que se taponada mediante una membrana **25**, membrana que es impenetrable para el medio de trabajo pero que faculta al sensor **3** para realizar mediciones sobre dicho medio de trabajo.  
30 Por equilibrio termodinámico entre esta capa de aire en contacto con el sensor **3** y la parte exterior en contacto con el hormigón, se logra medir tanto la humedad como la temperatura del hormigón. Ventajosamente, este canal **24** no afecta sustancialmente a la capacidad de la antena **1** para transmitir.

El problema de las interferencias ha sido otro aspecto evaluado también. Se ha  
35 encontrado que existen ciertas zonas, próximas a la antena, donde no debería haber ninguna parte metálica para que ésta funcione a máximo rendimiento. En ciertas

realizaciones, la antena monopolo se ha doblado para ajustarlo a las dimensiones rectangulares de la placa PCB y así reducir la dimensión longitudinal. Sorprendentemente, se ha comprobado que, de esta forma, hay menos afectación de componentes electrónicos en la periferia de la antena. En suma, se ha visto que existe una zona cercana al punto de alimentación de la misma que requiere que no se sitúen componentes, pero en el resto de espaciado, se han habilitado trazados longitudinales rectos paralelos a la traza de la antena y se ha visto que la afectación a su radiación y eficiencia es mínima.

La FIG. 7 muestra realizaciones para diferentes tamaños de retícula para la envolvente **2**. En función del tamaño se obtienen valores de permitividades diferentes.

La FIG. 8 representa esquemáticamente un diagrama de bloques del sistema **20**. Un circuito de control **5** controla el funcionamiento de un sensor **3** que se acopla con una antena **1** para transmitir las medidas realizadas en el interior del hormigón **4**. Las medidas transmitidas pueden ser recibidas en el exterior por un equipo receptor **6**.

Aunque las realizaciones aquí descritas se han enfocado principalmente en el hormigón, en otras aplicaciones como el caso de alimentos, el empleo de la invención sería ventajoso. Es incluso habitual que, para el procesado de alimentos, se deban medir las magnitudes de humedad y temperatura. Basta entonces con caracterizar adecuadamente la constante dieléctrica del alimento en cuestión y a partir de aquí, dimensionar tanto la antena **1** como la envolvente **2**. Podría suceder que, con una antena **1** de gran ancho de banda como la usada y una envolvente **2** menor que la revista superficialmente fuera suficiente.

Mencionar que en todas las realizaciones comentadas del sistema es posible usar sensores activos, es decir, aquellos que incorporan una batería para poder funcionar, tanto para la medida como para la transmisión de la información.

Igualmente es factible usar sensores pasivos, que no incorporan ningún tipo de batería y, en su lugar, obtienen la energía para su alimentación de la propia señal que interroga o pregunta al sensor. El sensor activo puede transmitir independientemente de que sea interrogado, e.g. que un lector envíe la señal de manera análoga a los sistemas RFID. En caso se debe tener en consideración que cuando se deje de alimentar con el lector, se pierde tanto la medida como la información.

## REIVINDICACIONES

1. Sistema (20) de transmisión entre un medio de trabajo y un medio de destino con diferentes permitividades caracterizado por que comprende:  
5 - una antena (1);  
- una envolvente (2);  
- un circuito de control (5) que se acopla con la antena (1) para transmitir datos;  
donde la envolvente (2) comprende una primera región (21) de un primer material que recubre al menos parcialmente la antena (1) y que tiene una permitividad ( $\epsilon_1$ ) menor  
10 que la permitividad ( $\epsilon_t$ ) del medio de trabajo.
  
2. Sistema de transmisión según la reivindicación 1, que comprende un sensor (3) de medida configurado para medir una magnitud del medio de trabajo, donde el sensor (3) está controlado por el circuito de control (5) para transmitir, a través de la antena  
15 (1), datos relativos a las magnitudes medidas.
  
3. Sistema de transmisión según la reivindicación 2, donde el sensor (3) es pasivo y el circuito de control (5) está configurado para alimentar eléctricamente al sensor (3) mediante la energía proporcionada a través de una señal recibida por la antena (1).  
20
  
4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde al menos una de las regiones de la envolvente (2) tiene una geometría seleccionable entre cilíndrica, esférica y poliédrica.
  
- 25 5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde la primera región (21) que recubre de la envolvente (2) es maciza.
  
6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde la primera  
30 región (21) de la envolvente (2) es reticular con una pluralidad de cavidades interiores huecas.
  
7. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde la envolvente (2) comprende una segunda región (22) de un segundo material que recubre al menos parcialmente la primera región (21) y que tiene una permitividad ( $\epsilon_2$ ) mayor que la  
35 permitividad ( $\epsilon_1$ ) del primer material.

8. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde la envolvente (2) define un canal (24) que comunica el sensor (3) con el medio de trabajo y una membrana (25) que bloquea el paso de material procedente del medio de trabajo a través del canal (24).

5

9. Sistema según la reivindicación 8, donde el sensor (3) está configurado para medir la humedad y/o la temperatura y donde la membrana (25) es impermeable.

10. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, donde la antena (1) es de tipo planar.

10

11. Sistema según la reivindicación 10, donde la superficie de la antena (1) es curva para adaptarse a la geometría de la envolvente (2).

12. Sistema según las reivindicaciones 10 u 11, donde la antena (1) es de tipo bow-tie.

15

13. Sistema según la reivindicación 12, donde los vértices (12) extremos de la antena (1) están recortados.

20



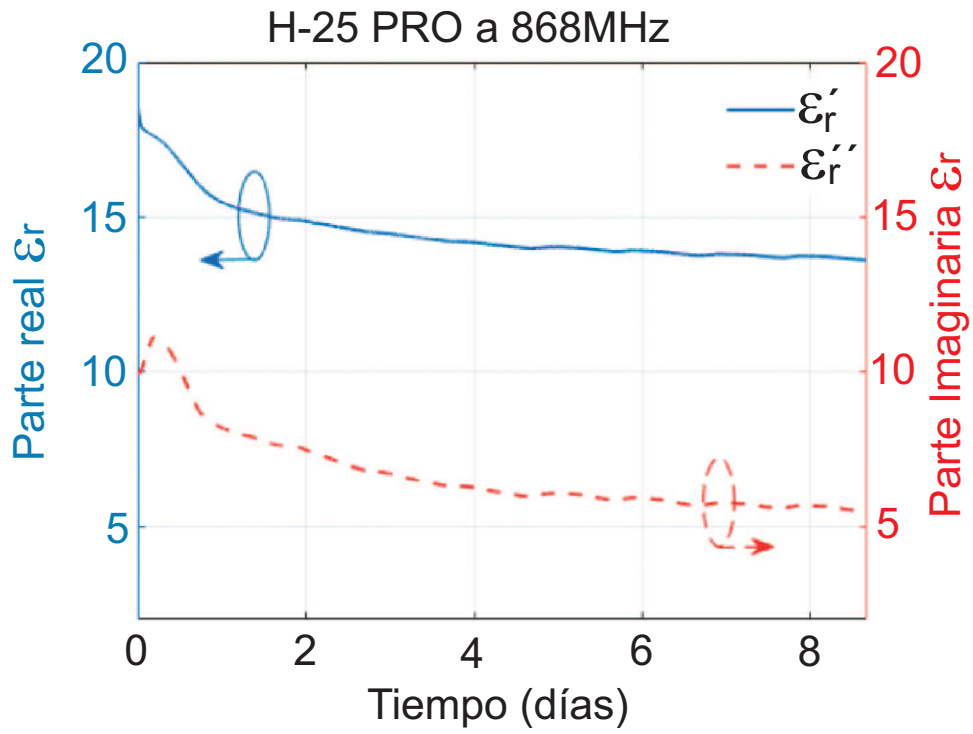


Fig. 1A

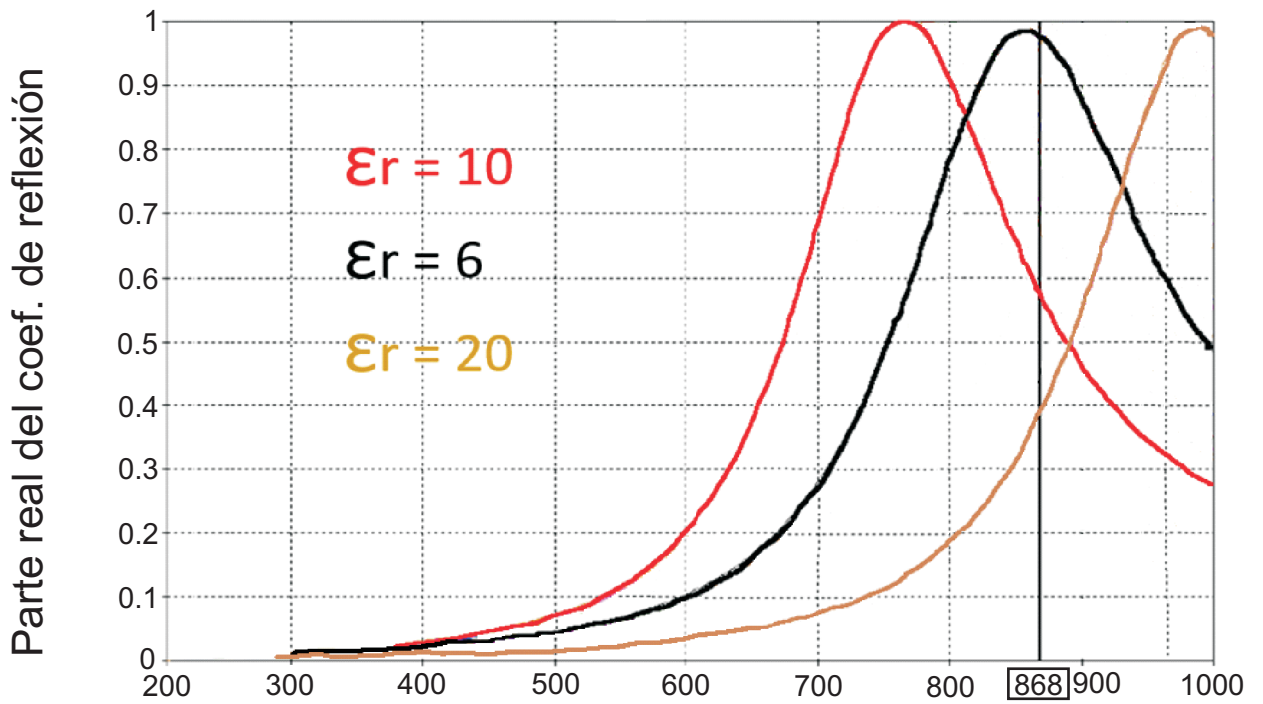


Fig. 1B

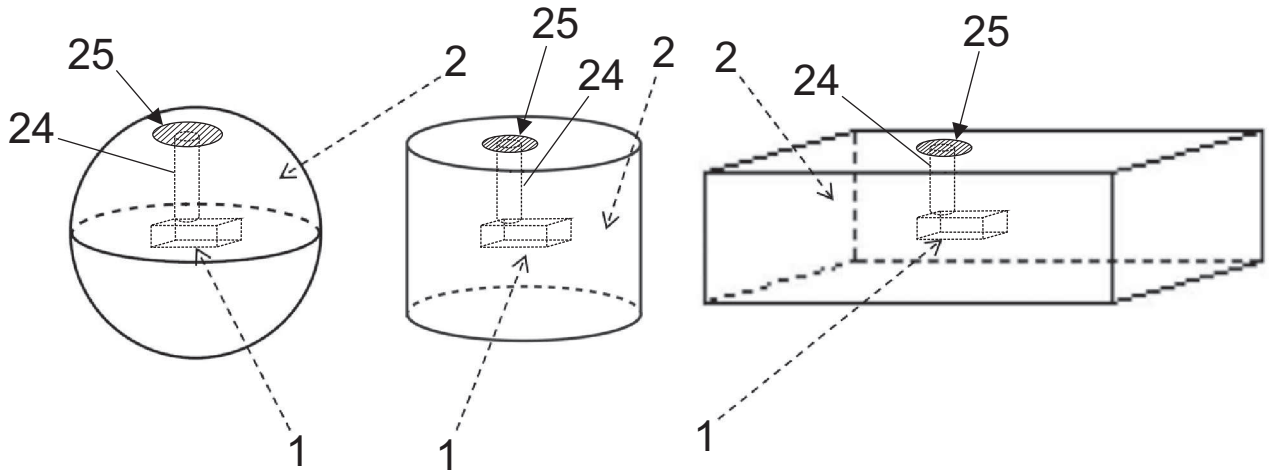


Fig. 2

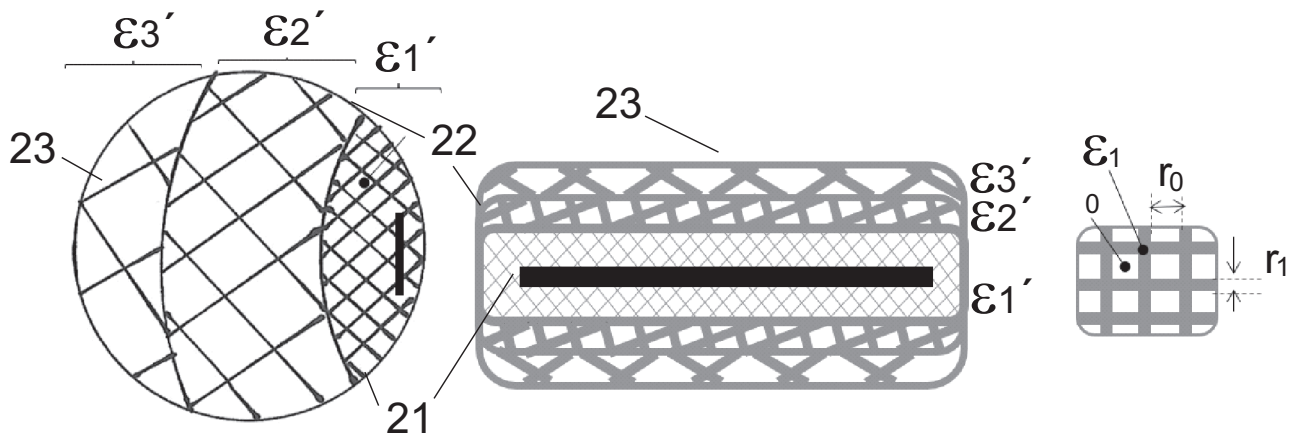


Fig. 3

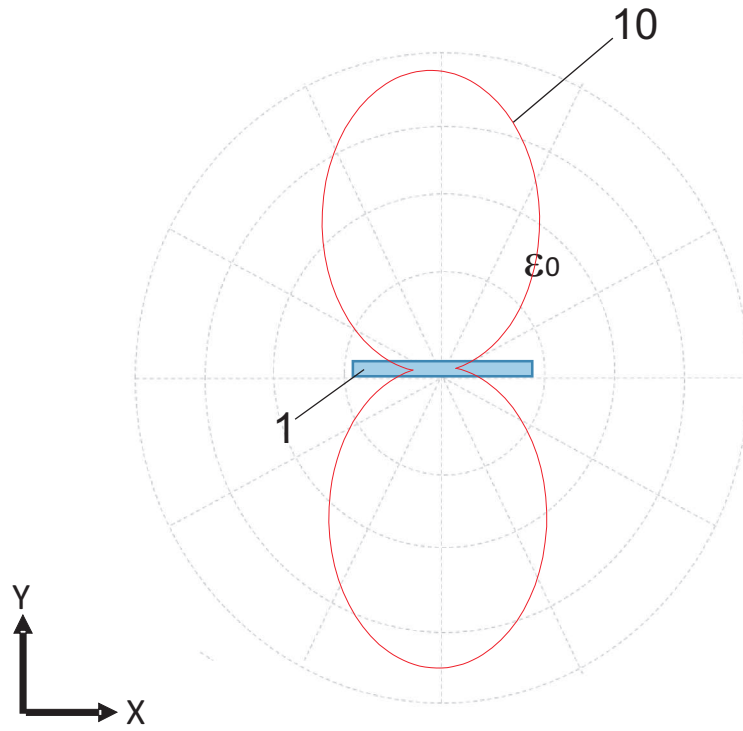


Fig. 4A

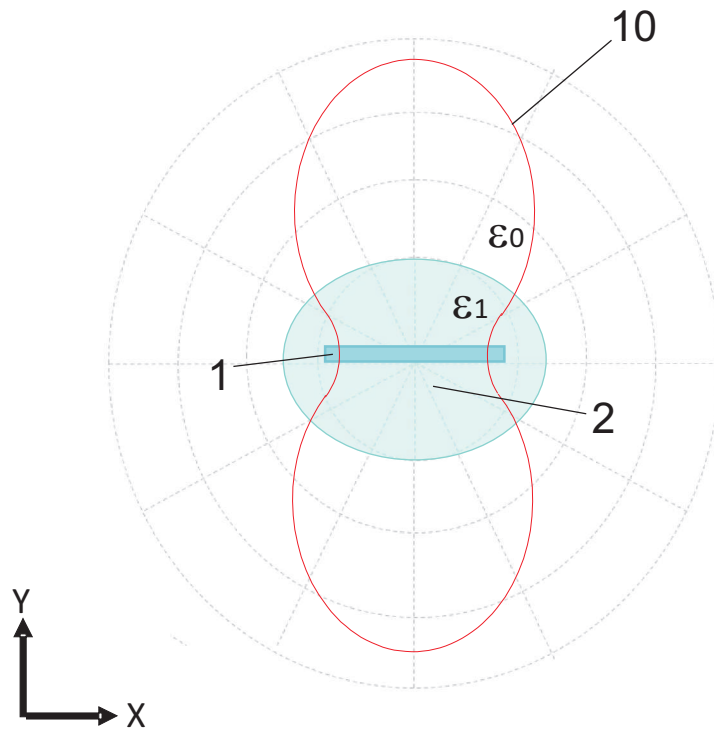


Fig. 4B

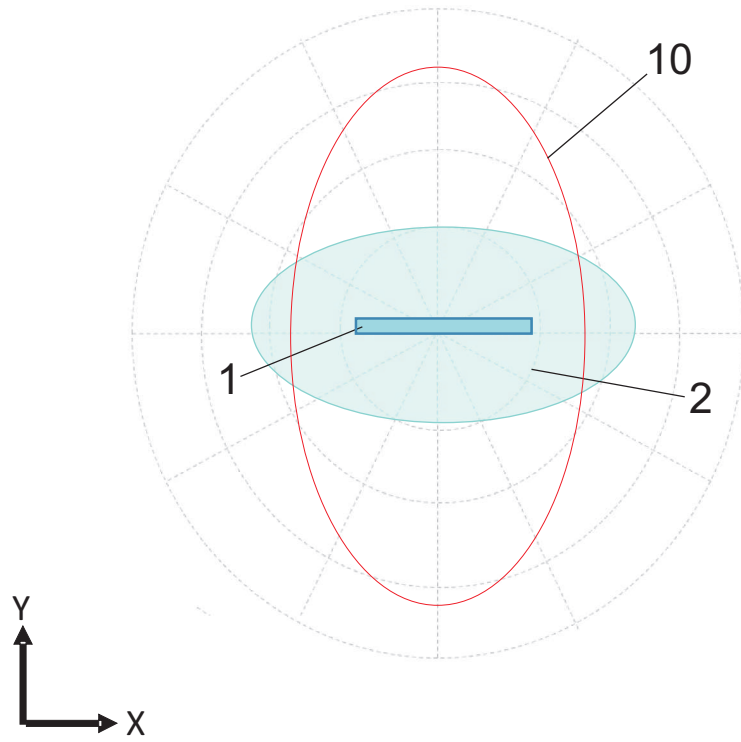


Fig. 4C

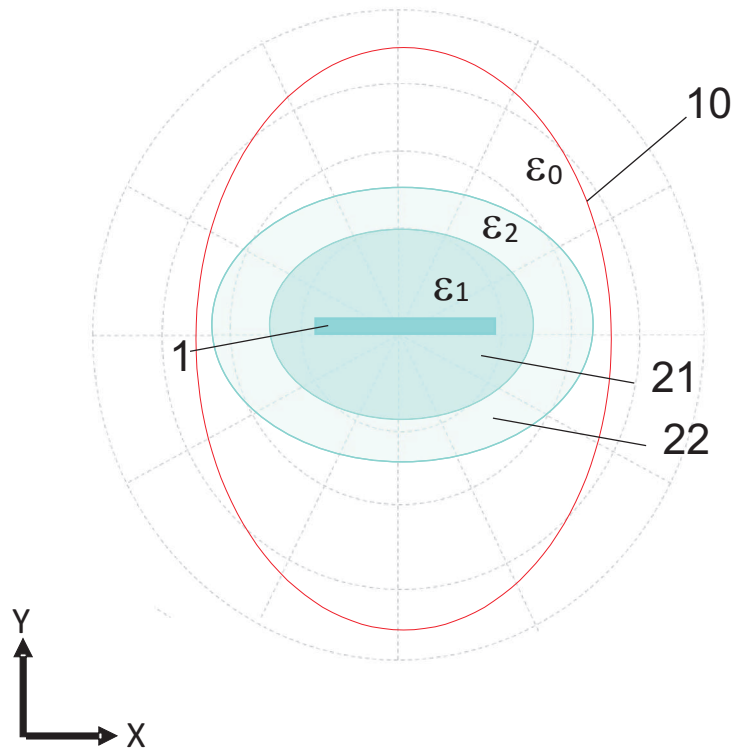


Fig. 4D

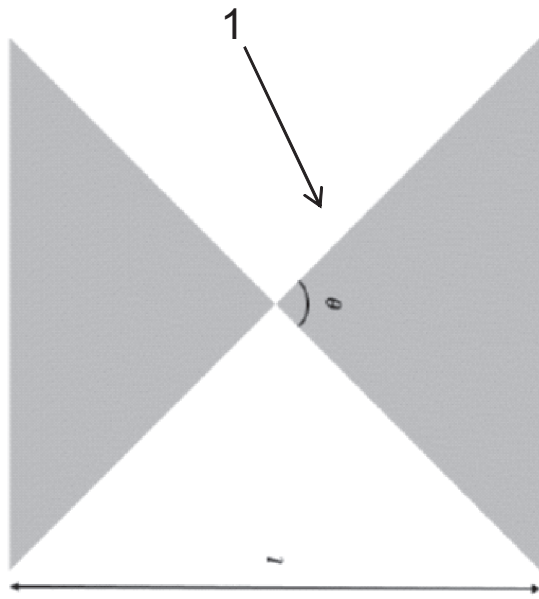


Fig. 5A

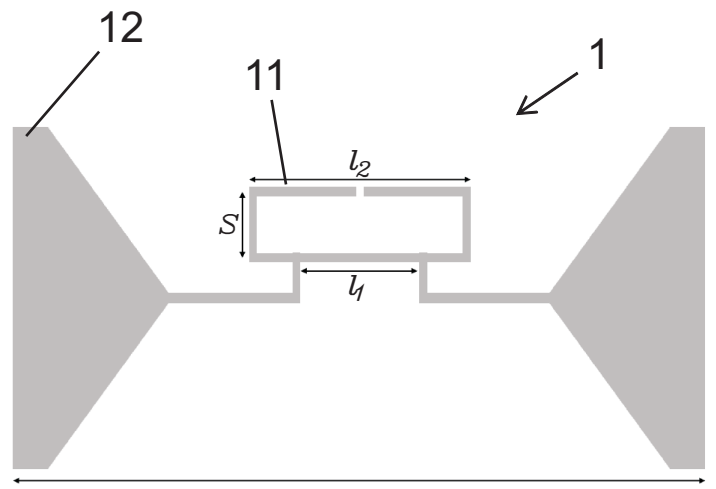


Fig. 5B

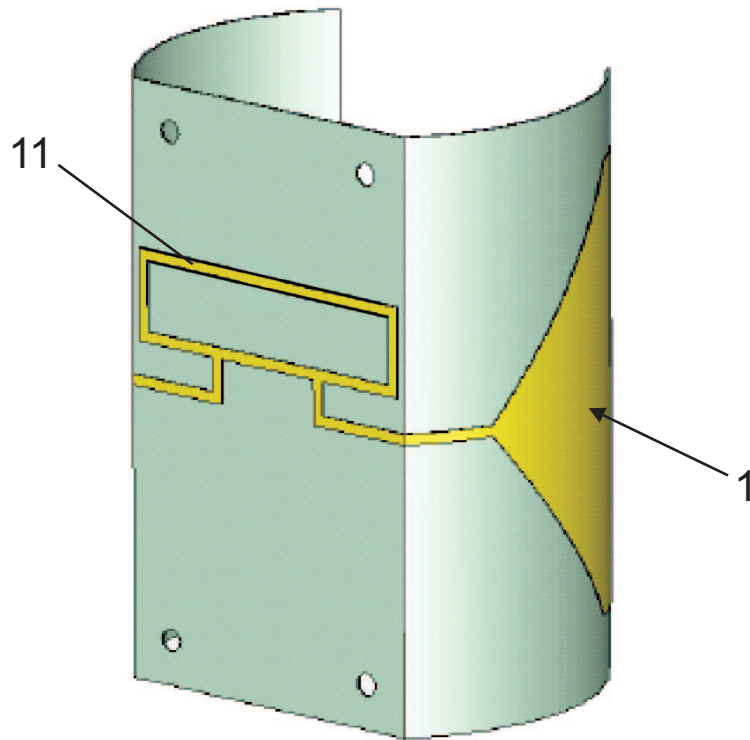
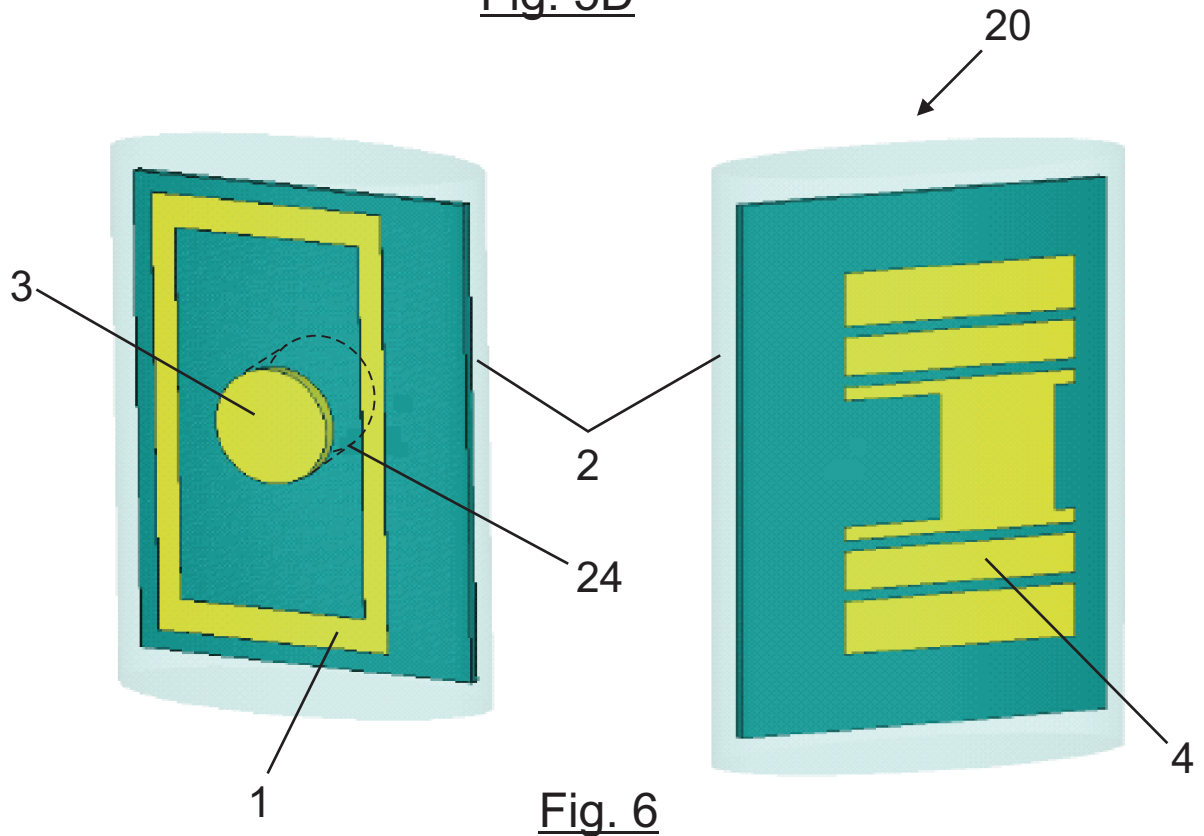
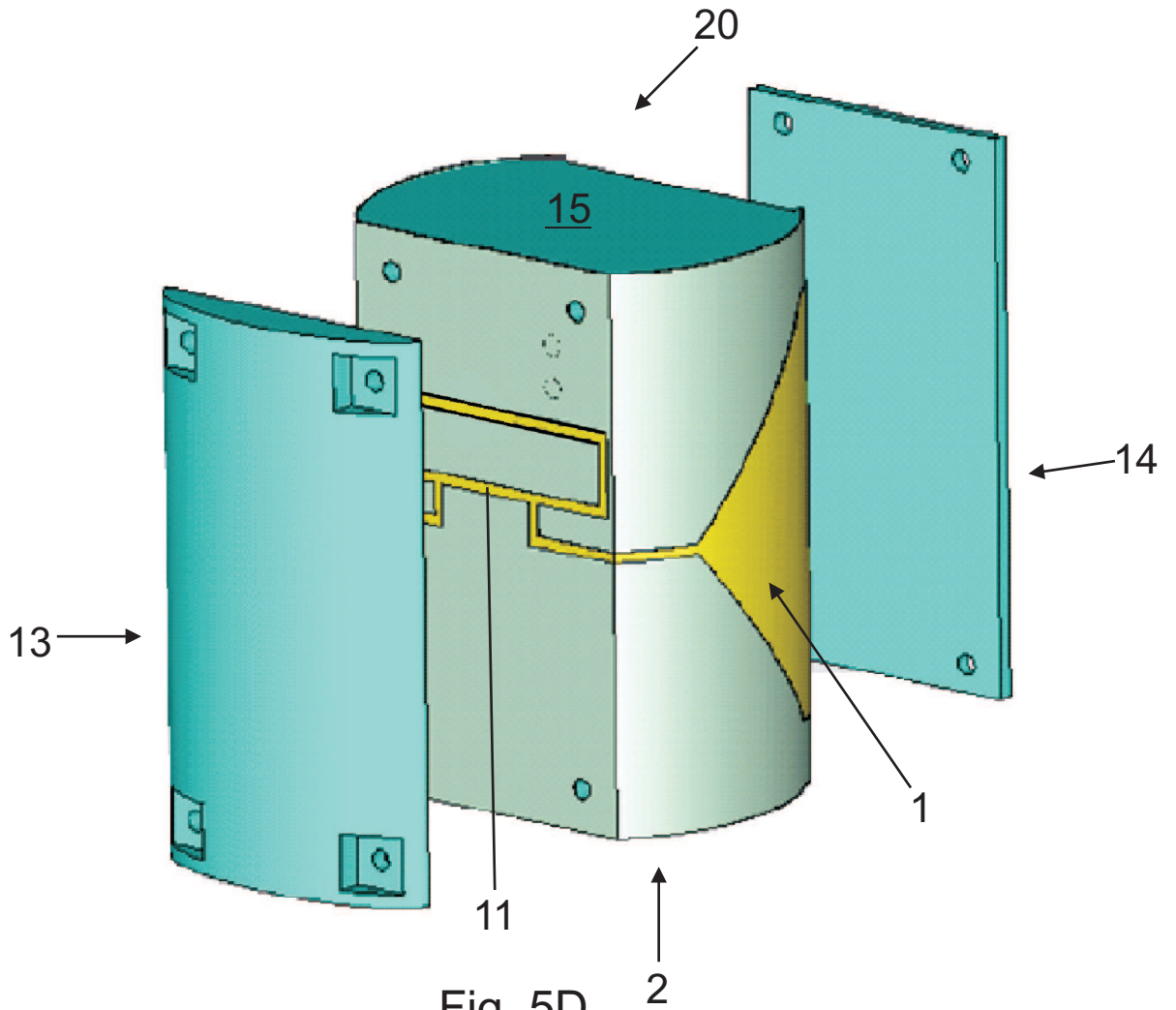


Fig. 5C



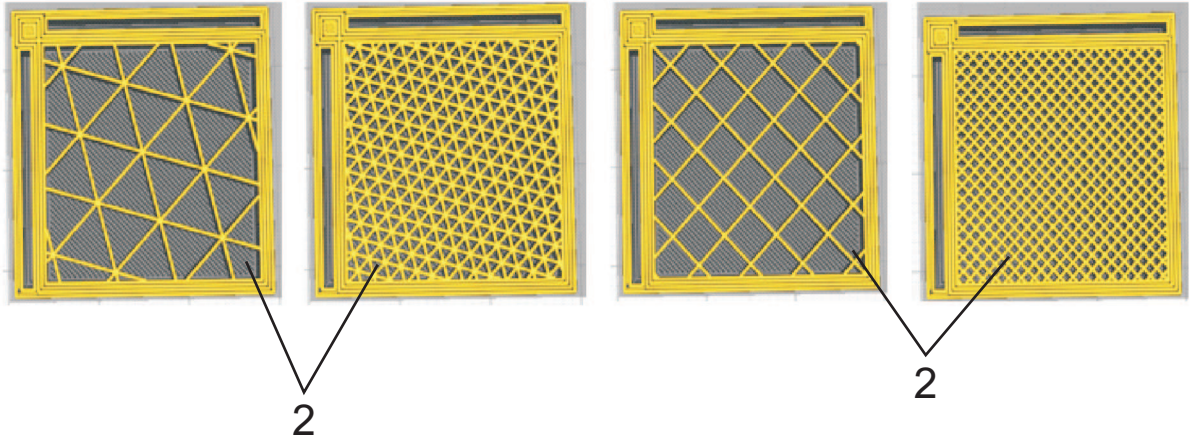


Fig. 7

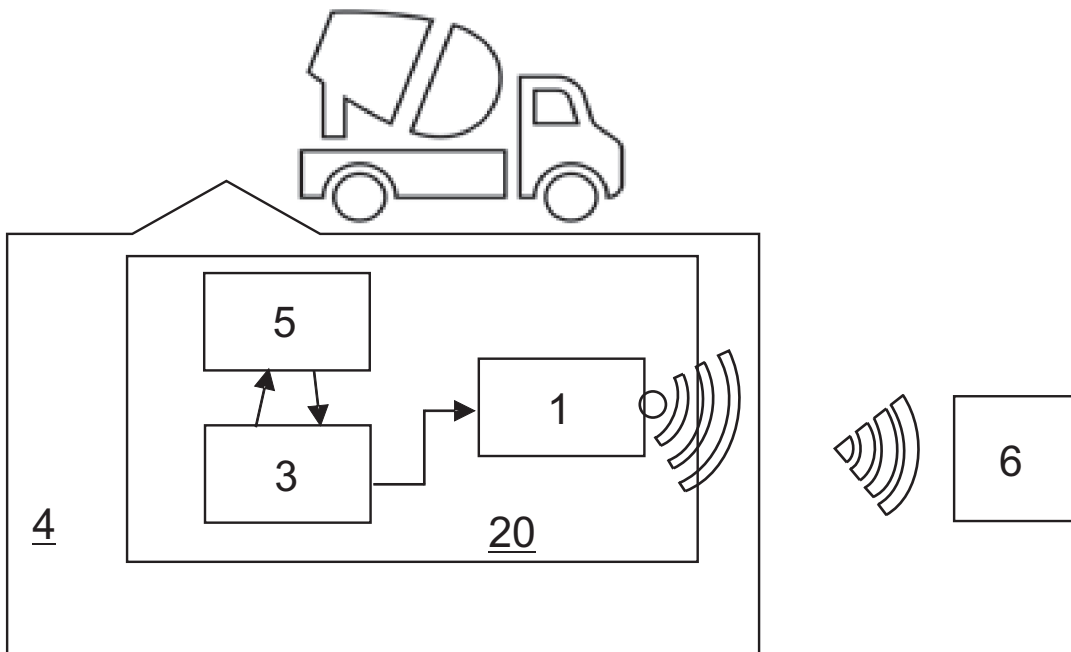


Fig. 8