

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **3 014 769**

(51) Int. Cl.:

G01N 27/22 (2006.01)

G01S 13/00 (2006.01)

G01S 7/00 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.10.2020 PCT/EP2020/080466**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **05.05.2022 WO22089753**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2020 E 20800611 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2025 EP 4237837**

(54) Título: **Sistemas de detección de humedad y procedimientos**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.04.2025

(73) Titular/es:

FUNDACIÓ PER A LA UNIVERSITAT OBERTA DE CATALUNYA (UOC) (100.00%)
Rambla del Poblenou 154-156
08018 Barcelona, ES

(72) Inventor/es:

VILAJOSANA GUILLÉN, XAVIER;
MELIÀ SEGUÍ, JOAN ANTONI y
LEJARRETA ANDRÉS, JON

(74) Agente/Representante:

CONTRERAS PÉREZ, Yahel

ES 3 014 769 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

Sistemas de detección de humedad y procedimientos

5

La presente divulgación se refiere a sistemas sensores de humedad. La presente divulgación se refiere además a procedimientos de detección de humedad.

TÉCNICA ANTERIOR

10 Es conocido el uso de sensores de humedad en entornos tales como la industria, el hogar o la oficina con el objetivo de medir los cambios en el estado de humedad, es decir, por ejemplo, para detección de fugas de líquidos (por ejemplo, agua), que pueden implicar vulnerabilidades.

15 Los sensores de humedad pueden ser por cable o inalámbricos. Tanto los sensores con cable como los inalámbricos tienen ventajas e inconvenientes.

20 En muchas situaciones, los sensores con cable se encuentran entre los sistemas más fiables, ya que conectan directamente el sensor con el dispositivo que recibe el input. Esto significa que los sensores con cable son también los sistemas más duraderos, que no necesitan sustituirse con frecuencia. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los sistemas cableados están conectados a la corriente, requieren mucho espacio, no son adecuados para entornos en movimiento y su mantenimiento es mucho más complicado. Esta carga aumenta a medida que se utilizan más sensores en función de la aplicación para la que se haya diseñado el sensor. En consecuencia, en determinadas condiciones (por ejemplo, en elementos móviles), los sensores cableados pueden no ser recomendables para detección de humedad.

25

25 Por otro lado, los sensores inalámbricos son cada vez más comunes en el mundo de las aplicaciones basadas en sensores. Esto se debe principalmente a que son más baratos de instalar, se pueden instalar en elementos móviles y son fáciles de mantener. Se pueden conectar radios o transductores inalámbricos a sensores de humedad y obtener lecturas de humedad de forma activa. Los sensores activos requieren baterías, lo que aumenta el mantenimiento y el coste base. Las radios pasivas, tal como la tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID: Radio-Frequency Identification), por ejemplo, las etiquetas RFID pasivas UHF, también se pueden conectar a los sensores de humedad, pero esto limita su capacidad de respuesta, ya que se necesita más energía para alimentar el sensor y algunas normativas no permiten utilizar mucha más potencia.

30

30 Los fundamentos de la detección de humedad por medio de un sensor de humedad se basan en que es posible detectar la presencia de humedad debido a cambios en la impedancia o en el voltaje de lectura del sensor de humedad, cuando éste entra en contacto con líquido (por ejemplo, cuando se ha producido una fuga de líquido).

35

35 Es interesante para la industria utilizar sensores de humedad con capacidad de comunicación inalámbrica. La industria requiere sensores de bajo coste y bajo mantenimiento y, por lo tanto, la tecnología RFID, por ejemplo, RFID pasiva UHF, combinada con la capacidad de detección de humedad, es relevante.

40

40 Sin embargo, el uso de una radio RFID con un sensor de humedad es caro y suele limitar su funcionalidad, ya que la cantidad de energía necesaria para obtener una respuesta significativa es mayor de lo que permiten las normativas.

45

45 Sin embargo, la presencia de humedad implica variaciones en la adaptación de la impedancia antena-chip, lo que a su vez genera variaciones en la señal percibida.

50

50 En un despliegue típico, los sensores de humedad inalámbricos requieren ser leídos (es decir, el lector envía una señal al sensor y lee su respuesta) al menos dos veces. En una primera ocasión, el sensor de humedad inalámbrico debe ser calibrado, es decir, el lector necesita obtener una primera señal de respuesta procedente del sensor antes de que el sensor esté en uso. A continuación, algunas características de la señal de primera respuesta obtenida se pueden utilizar como características de referencia para lecturas posteriores del sensor.

55

55 De este modo, para detección de humedad (por ejemplo, cuando se ha producido una fuga de líquido), el sensor de humedad puede ser leído al menos una segunda vez y las características de la segunda señal de respuesta obtenida deben ser comparadas con las características de referencia obtenidas previamente.

60

60 Por otra parte, dado que las condiciones (por ejemplo, las condiciones ambientales tales como la temperatura, la humedad, etc.) de la primera lectura y la segunda lectura (o lecturas posteriores) pueden ser muy diferentes, se pueden producir falsos positivos.

Además, por ejemplo, durante el proceso de montaje de un vehículo, se pueden realizar "pruebas de sellado o de humedad" posteriores para determinar si hay agujeros, piezas mal ensambladas o arañazos que puedan causar fugas de agua en el interior del vehículo.

- 5 Es conocido el uso de un dispositivo portátil, llevado por un operario, que está configurado para medir fugas en puntos estratégicos del interior del vehículo. Cabe tener en cuenta que, durante las "pruebas de sellado" y los procesos de medición en la cadena de montaje de un vehículo, el vehículo no se detiene en ningún momento. Esto supone un problema, ya que es difícil para el operario acceder al interior del vehículo mientras el vehículo se desplaza a lo largo de la cadena de montaje.
- 10 Este enfoque presenta otros inconvenientes diferentes, que incluyen un proceso de formación de los operarios, un proceso de medición lento, ya que el operario debe medir diferentes puntos del interior del vehículo uno por uno (por ejemplo, al final de la cadena de producción), una notificación manual de estos datos, que es propensa a errores o imprecisiones, y las condiciones de trabajo peligrosas para los operarios en situaciones de gran humedad. Además, el proceso de medición de puntos estratégicos del interior del vehículo por medio de un dispositivo portátil por parte de un operario puede tardar entre dos y tres minutos, lo que supone un importante cuello de botella en la cadena de producción automatizada.
- 20 El documento EP3611668 divulga un sistema y un procedimiento relacionado para detección de humedad.
- 25 Ejemplos de la presente divulgación pretenden reducir, al menos parcialmente, uno o varios de los problemas mencionados anteriormente.

RESUMEN

En un primer aspecto, se proporciona un sistema para detección de humedad. El sistema comprende uno o más sensores de humedad que comprenden: al menos un elemento sensor que no está protegido contra el líquido, en el que el elemento sensor que no está protegido contra el líquido comprende: una primera etiqueta RFID que comprende al menos una antena, y un elemento hecho de un material absorbente de líquido, en el que el material absorbente de líquido está configurado para absorber y conducir líquido a la antena de la primera etiqueta RFID de tal manera que, cuando el líquido está en contacto con la antena de la primera etiqueta RFID, se modifica la intensidad y/o la fase de una señal de respuesta de la antena; al menos un elemento sensor que está protegido contra el líquido, comprendiendo el elemento sensor que está protegido contra el líquido al menos una antena y un elemento hecho de un material a prueba de líquido. El sistema comprende además un módulo de control que comprende un módulo lector, en el que el módulo lector está configurado para recibir una pluralidad de señales de respuesta procedentes del elemento sensor que no está protegido contra el líquido y recibir una pluralidad de señales de respuesta procedentes del elemento sensor que está protegido contra el líquido, en el que el módulo de control está configurado para: recibir una pluralidad de señales de respuesta procedentes del elemento sensor que no está protegido contra el líquido, en el que las señales de respuesta procedentes del sensor que no está protegido contra el líquido comprenden una característica, en el que la característica de cada señal de respuesta recibida es la misma característica; seleccionar una señal de respuesta de entre la pluralidad de señales de respuesta recibidas procedentes del elemento sensor que no está protegido contra el líquido en base a la característica de las señales de respuesta de tal manera que la señal de respuesta seleccionada corresponde a un valor máximo de la característica de la señal de respuesta seleccionada con respecto al valor de la característica de todas o algunas de las otras señales de respuesta recibidas; recibir una pluralidad de señales de respuesta procedentes del elemento sensor que está protegido contra el líquido, en el que las señales de respuesta procedentes del elemento sensor que está protegido contra el líquido comprenden una característica que es la misma característica que la característica de las señales de respuesta recibidas procedentes del elemento sensor que no está protegido contra el líquido; seleccionar una señal de respuesta de entre la pluralidad de señales de respuesta recibidas procedentes del elemento sensor que está protegido contra el líquido en base a la característica de las señales de respuesta, de modo que la señal de respuesta seleccionada corresponde a un valor máximo de la característica de la señal de respuesta seleccionada con respecto al valor de la característica de todas o algunas de las otras señales de respuesta recibidas; obtener un valor numérico relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que está protegido contra el líquido; obtener un valor numérico relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido; determinar una diferencia entre el valor numérico obtenido relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que está protegido contra el líquido y el valor numérico obtenido relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido; determinar la detección de humedad si la diferencia determinada se encuentra por encima o por debajo de un umbral.

Según este primer aspecto, se proporciona un sistema para detección de humedad que incluye sensores de humedad. Los sensores comprenden un elemento sensor que está protegido contra el líquido. Este elemento permite obtener una señal de respuesta de referencia para determinar la presencia de humedad. Debido a que el elemento sensor que está protegido contra el líquido está obviamente protegido contra el

líquido, normalmente su señal de respuesta no se altera o modifica con la presencia de líquido porque su antena se encuentra siempre seca.

5 Obviamente, por ejemplo, las condiciones externas (por ejemplo, la temperatura proporcionada por el líquido) pueden alterar su señal de respuesta, pero esta alteración puede ser diferente de la alteración del elemento sensor que no está protegido contra el líquido cuando es o está húmedo y se puede determinar una variación significativa entre las señales de respuesta. Además, dichas condiciones externas pueden modificar la señal de respuesta del elemento sensor que está protegido contra el líquido y del elemento sensor que no está protegido contra el líquido de la misma manera y, por lo tanto, dicha alteración de la señal de respuesta puede no ser relevante cuando se obtiene una señal de respuesta procedente de ambos elementos sensores para determinar la presencia de humedad.

10 Por otra parte, el material absorbente de líquido del elemento sensor que no está protegido contra el líquido facilita el contacto del líquido con la antena de tal manera que, en el caso de presencia de líquido, se puede alterar o modificar la intensidad de señal y/o la fase de señal de su señal de respuesta.

15 Más concretamente, los fundamentos de la detección de humedad se basan en el hecho de que el material absorbente de líquido del elemento sensor que no está protegido contra el líquido absorbe el líquido/humedad y lo/la transporta a la antena no protegida. Cuando la antena no protegida está húmeda, su adaptación varía causando una variación en la intensidad, fase u otras características de la señal de respuesta.

20 25 El sistema puede comprender además un módulo de control. El módulo de control recibe una pluralidad de señales de respuesta procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido y selecciona una señal de respuesta de entre la pluralidad de señales de respuesta recibidas procedentes del elemento sensor que no está protegido contra el líquido en base a la característica de las señales de respuesta de tal manera que la señal de respuesta seleccionada corresponde a un valor numérico máximo de la característica con respecto al valor numérico de la característica de una pluralidad (es decir, algunas de) o todas las otras señales de respuesta recibidas. El módulo de control realiza un procedimiento similar con 30 respecto a una pluralidad de señales de respuesta recibidas por el elemento sensor que está protegido contra el líquido y, por lo tanto, también se selecciona una señal de respuesta que corresponde a un valor numérico máximo de la característica con respecto al valor numérico de la característica de una pluralidad (es decir, algunas de) o todas las otras señales de respuesta recibidas.

35 40 45 El módulo de control puede calcular además una diferencia (es decir, un valor numérico) entre un valor numérico obtenido relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que está protegido contra el líquido y un valor numérico obtenido relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido. Esta diferencia entre dichos valores se puede utilizar para determinar si el sensor de humedad ha estado expuesto al líquido, es decir, se puede determinar que, por ejemplo, se ha producido una fuga de líquido si la diferencia entre los valores que se han comentado anteriormente se encuentra por encima o por debajo de un valor numérico umbral.

50 En algunos ejemplos, la característica de la señal de respuesta recibida comprende la intensidad de la señal o la fase de la señal.

A este respecto, según se ha comentado anteriormente, dado que la presencia de líquido/humedad afecta a la fase y/o a la intensidad de la señal de respuesta procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido, el patrón de intensidad y/o fase de retro dispersión del elemento sensor que no está protegido contra el líquido y del elemento sensor que está protegido contra el líquido pueden ser diferentes debido a señales constructivas y destructivas. Asimismo, debido a la presencia de líquido y/o humedad, también puede modificarse la impedancia de adaptación de las correspondientes antenas.

55 60 Dichos efectos pueden modificar los valores (numéricos) de intensidad o fase obtenidos de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que está protegido contra el líquido en comparación con los valores de intensidad o fase de las señales de respuesta seleccionadas del elemento sensor que no está protegido contra el líquido. Como resultado, y midiendo una diferencia entre el valor numérico de la intensidad o el valor numérico de la fase de las señales de respuesta seleccionadas del elemento sensor que está protegido contra el líquido y el correspondiente valor numérico de la intensidad o el valor numérico de la fase de las señales de respuesta seleccionadas del elemento sensor que no está protegido contra el líquido, se puede determinar que el sensor de humedad está seco o húmedo.

65 Los efectos que se han comentado anteriormente también pueden adelantar o retrasar la intensidad y/o fase máxima obtenida de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que está protegido contra el líquido en comparación con la intensidad o la fase de las señales de respuesta seleccionadas del elemento sensor que no está protegido contra el líquido. Como resultado, en algunos otros ejemplos, la medición de una diferencia de tiempo entre el tiempo empleado por la intensidad o fase

de las señales de respuesta seleccionadas del elemento sensor que está protegido contra la humedad para alcanzar una intensidad máxima o fase máxima y el tiempo empleado por la intensidad o fase del elemento sensor que no está protegido contra la humedad para alcanzar una intensidad máxima o fase máxima, también se puede determinar que el sensor de humedad está seco o húmedo.

- 5 De este modo, se proporciona un sistema para detección de humedad que es sencillo, relativamente rápido, rentable y versátil.
- 10 Según un segundo aspecto, se proporciona un procedimiento de detección de humedad ejecutable por un módulo de control comprendido en un sistema para detección de humedad según el primer aspecto. El procedimiento comprende: recibir una pluralidad de señales de respuesta procedentes del sensor que no está protegido contra el líquido, en el que las señales de respuesta procedentes del sensor que no está protegido contra el líquido comprenden una característica, en el que la característica de cada señal de respuesta recibida es la misma característica; seleccionar una señal de respuesta de entre la pluralidad de señales de respuesta recibidas procedentes del elemento sensor que no está protegido contra el líquido en base a la característica de las señales de respuesta de tal manera que la señal de respuesta seleccionada corresponde a un valor máximo de la característica de la señal de respuesta seleccionada con respecto al valor de la característica de todas o algunas de las otras señales de respuesta recibidas; recibir una pluralidad de señales de respuesta procedentes del elemento sensor que está protegido contra el líquido, en el que las señales de respuesta procedentes del elemento sensor que está protegido contra el líquido comprenden una característica que es la misma característica que la característica de las señales de respuesta recibidas procedentes del elemento sensor que no está protegido contra el líquido; seleccionar una señal de respuesta de entre la pluralidad de señales de respuesta del elemento sensor que está protegido contra el líquido en base a la característica de las señales de respuesta, de modo que la señal de respuesta seleccionada corresponde a un valor máximo de la característica de la señal de respuesta seleccionada con respecto al valor de la característica de todas o algunas de las otras señales de respuesta recibidas; obtener un valor numérico relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que está protegido contra el líquido; obtener un valor numérico relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido; determinar una diferencia entre el valor numérico obtenido relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que está protegido contra el líquido y el valor numérico obtenido relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido; determinar la detección de humedad si la diferencia determinada se encuentra por encima o por debajo de un umbral.
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35 Según este segundo aspecto, se proporciona un procedimiento de detección de humedad. El procedimiento está configurado para seleccionar una señal de respuesta de entre la pluralidad de las señales de respuesta recibidas procedentes del elemento sensor que está protegido contra el líquido y para seleccionar una señal de respuesta de entre la pluralidad de las señales de respuesta recibidas procedentes del elemento sensor que no está protegido contra el líquido. Las señales de respuesta seleccionadas pueden corresponder a un valor numérico máximo de la característica con respecto al valor numérico de la característica de todas o algunas de las otras señales de respuesta recibidas.
- 40
- 45 Dado que el valor de la característica de las señales de respuesta recibidas (para cada elemento sensor) puede depender de la distancia entre el correspondiente elemento sensor y el módulo lector, el módulo de control puede seleccionar la señal de respuesta más adecuada para determinar la humedad del sensor. Por ejemplo, el módulo de control puede seleccionar una señal de respuesta (de entre todas las señales de respuesta recibidas) del correspondiente elemento sensor en relación con la posición más cercana del elemento sensor con respecto al módulo lector, por ejemplo, a medida que el sensor se desplaza en la dimensión XYZ con respecto al módulo lector.
- 50
- 55 A continuación, se pueden comparar los valores numéricos relativos a la característica de las señales de respuesta seleccionadas y se puede establecer una diferencia. Si dicha diferencia se encuentra por encima o por debajo de un umbral, se puede determinar la presencia de humedad.
- BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS
A continuación se describirán ejemplos no limitativos de la presente divulgación, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:
- 60 La figura 1 ilustra un diagrama esquemático de un sensor de humedad que forma parte de un sistema para detección de humedad, según algunos ejemplos;
- La figura 2 ilustra un diagrama de bloques de un sistema para detección de humedad, según algunos ejemplos;
- 65

La figura 3a muestra un gráfico del comportamiento de la intensidad (RSSI - Received Signal Strength Indicator) de las señales de respuesta recibidas, a lo largo del tiempo, proporcionadas por el elemento sensor que no está protegido contra la humedad y el elemento sensor que está protegido contra la humedad;

- 5 La figura 3b muestra un gráfico del comportamiento de la fase de las señales de respuesta recibidas, en un canal de frecuencia de 866,061 MHz, a lo largo del tiempo obtenidas del elemento sensor que está protegido contra el líquido y del elemento sensor que no está protegido contra el líquido de un sensor de humedad;
- 10 La figura 4a muestra un diagrama gráfico de una diferencia de tiempo entre el tiempo empleado por la intensidad de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que está protegido contra el líquido para alcanzar su valor de intensidad y el tiempo empleado por la intensidad de la señal de respuesta procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido para alcanzar su valor de intensidad, en diferentes canales de frecuencia, del sensor para detección de humedad, según algunos ejemplos;
- 15 La figura 4b muestra un diagrama gráfico de una diferencia de tiempo entre un tiempo empleado por la fase de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que está protegido contra el líquido para alcanzar su valor de fase y el tiempo empleado por la fase de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido para alcanzar su valor de fase, en diferentes canales de frecuencia, del sensor para detección de humedad, según algunos ejemplos;
- 20 La figura 4c muestra un diagrama gráfico de una diferencia entre un valor de intensidad de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que está protegido contra el líquido y el valor de intensidad de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido, en diferentes canales de frecuencia, del sensor para detección de humedad, según algunos ejemplos;
- 25 La figura 4d muestra un diagrama gráfico de una diferencia entre el valor de fase de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que está protegido contra el líquido y el valor de fase de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido, en diferentes canales de frecuencia, del sensor de detección de humedad, según algunos ejemplos.

La figura 5 ilustra un diagrama esquemático de un sistema para detección de humedad aplicado a un proceso de montaje de vehículos con el fin de detectar fugas de agua en el interior del vehículo.

- 35 **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE EJEMPLOS**
Como se puede ver en la figura 1, un sensor de humedad 10 puede comprender al menos un elemento sensor 11 que no está protegido contra la humedad. El elemento sensor 11 que no está protegido contra la humedad puede comprender una primera etiqueta RFID que incluye al menos una antena. El elemento sensor 11 puede comprender además un elemento 13 hecho de un material absorbente de líquido. Dicho material está configurado para absorber y conducir líquido hacia la antena de la primera etiqueta RFID de tal manera que, cuando el líquido está en contacto con la antena de la primera etiqueta RFID, se modifica la intensidad y/o la fase de una señal de respuesta de la antena.
- 40 45 El sensor de humedad 10 puede comprender además al menos un elemento sensor 14 que está protegido contra la humedad. El elemento sensor 14 que está protegido contra la humedad puede comprender al menos una antena 15 y un elemento 16 hecho de un material a prueba de líquidos y de humedad.
- 50 55 Según una posible configuración del sensor de humedad 10, el elemento sensor 11 que no está protegido contra la humedad y el elemento sensor 14 que está protegido contra la humedad pueden estar situados cercanos entre sí, tal como se muestra en la figura 1. Dichos elementos pueden estar situados a una distancia comprendida entre 0,01 centímetros y 30 centímetros, preferiblemente entre 0,1 centímetros y 5 centímetros, más preferiblemente 1 centímetro.
De este modo, las condiciones (por ejemplo, condiciones ambientales tales como temperatura, humedad, etc.) pueden ser las mismas durante las lecturas para ambos elementos sensores 11, 14. Como resultado, se puede reducir o eliminar el número de falsos positivos en la detección de humedad.
- 60 65 El elemento 13 hecho de un material absorbente de líquido puede comprender al menos un elemento de extensión, por ejemplo, una cola de material absorbente de líquido configurada para extender el alcance del elemento 11 que no está protegido contra la humedad. Además, la cola puede estar unida o ser unible al elemento 13 hecho de material absorbente de líquido del elemento sensor 11 no protegido. La cola puede ser colocada ad-hoc por el fabricante del sensor de humedad o puede ser colocada por el usuario o el instalador del sensor de humedad 10.
En el caso de que el sensor de humedad 10 comprenda más de un elemento sensor 11 que no está protegido contra la humedad y/o más de un elemento sensor 14 que está protegido contra la humedad, la

señal de respuesta de todos o cualquiera de los elementos sensores se puede utilizar para determinar la presencia de humedad.

- Además, la configuración del elemento sensor 11 que no está protegido contra la humedad y del elemento sensor protegido 14 que está protegido contra la humedad pueden ser iguales para asegurar que la comparación de las características de sus correspondientes señales de respuesta sea eficaz, según se describirá más adelante. En ejemplos, esta comparación se puede realizar mientras el sensor está en movimiento, por ejemplo, situado en el interior de un vehículo durante el proceso de montaje de dicho vehículo, según se explicará más adelante.
- 10 El elemento 13 hecho de un material absorbente de líquido puede ser un sustrato del elemento sensor 11 que no está protegido contra la humedad. Por otra parte, el elemento 16 hecho de un material no conductor a prueba de líquidos puede ser un sustrato del elemento sensor protegido 14.
- 15 El material absorbente de líquido puede ser cualquier material hidrófilo, tal como papel (por ejemplo, papel tornasol, papel secante, papel sin pegamento), textiles absorbentes (por ejemplo, algodón, lino, etc.) o materiales sintéticos (por ejemplo, microfibras de poliamida).
- 20 El elemento hecho de un material a prueba de líquidos puede ser cualquier material a prueba de líquidos, tal como derivados del polietileno, PVC, etc. De este modo, la antena queda protegida con un material a prueba de líquidos (y de humedad).
- 25 Los fundamentos de la detección de humedad se basan en el hecho de que el material absorbente de líquido absorbe el líquido/humedad y lo/la transporta y conduce hacia la antena 12 que no está protegida contra la humedad del elemento sensor no protegido 11. Cuando la antena 12 (que no está protegida contra la humedad) se humedece, su impedancia de adaptación con el chip (o circuito integrado) varía provocando una variación en, por ejemplo, la intensidad, la fase u otras características de su señal de respuesta.
- 30 El elemento sensor no protegido 11 y/o el elemento sensor protegido 14 pueden comprender una etiqueta RFID estándar, tal como una etiqueta RFID pasiva UHF. En este caso, la antena del elemento sensor no protegido 11 y/o del elemento sensor protegido 14 es la antena de la etiqueta RFID. Una etiqueta RFID puede comprender al menos tres partes: un circuito integrado que almacena y procesa información y que modula y demodula señales de radio frecuencia (RF); medios para recoger la corriente continua de la señal incidente del lector; y una antena para recibir y transmitir la señal.
- 35 La tecnología RFID utiliza campos electromagnéticos para identificar de forma automática las etiquetas, que pueden contener información almacenada electrónicamente. En el caso de las etiquetas pasivas, recogen energía de ondas de radio interrogadoras de un lector RFID cercano, mientras que las etiquetas activas tienen una fuente de energía local (por ejemplo, una batería) y pueden funcionar a cientos de metros del lector RFID. Una etiqueta activa tiene una batería incorporada y transmite periódicamente, por ejemplo, su señal de identificación (es decir, datos que identifican de forma única a la etiqueta).
- 40 45 La figura 2 ilustra un diagrama de bloques de un sistema para detección de humedad, según algunos ejemplos. Un sensor 10 para la detección de la humedad, según se ha descrito anteriormente en este documento, puede estar comprendido en un sistema 30 de detección de humedad. El sistema 30 puede comprender además un módulo lector 31 configurado para recibir una o más señales de respuesta procedentes del elemento sensor no protegido y una o más señales de respuesta procedentes del elemento sensor protegido incluidos en el sensor de humedad 10 y para obtener una o más características de la señal de respuesta (por ejemplo, la intensidad y/o la fase) recibida procedente del elemento sensor no protegido y la misma característica de la señal de respuesta (por ejemplo, la intensidad y/o la fase) recibida procedente del elemento sensor protegido 14. El sistema puede comprender además un módulo de control 32.
- 50 55 El módulo lector 31 puede comprender, por ejemplo, una o más antenas, por ejemplo, un conjunto estático de antenas (por ejemplo, un arco de antenas) o al menos un lector de mano.
- 60 Las ventajas de utilizar un dispositivo portátil son una mayor flexibilidad para la lectura de cada sensor de humedad, y evitar la necesidad de la infraestructura de antenas, pudiendo de este modo realizar la operación de lectura en diferentes lugares.
- 65 Dado que los elementos sensores (protegidos y no protegidos) del sensor de humedad 10 pueden comprender etiquetas RFID, se puede recuperar información procedente del sensor de humedad de forma inalámbrica desde lectores RFID estándar (es decir, el módulo lector 31), utilizando operaciones estándar. Un lector RFID 31 puede estar compuesto por:
- Una o varias antenas: cada antena se utiliza para enviar energía a las etiquetas usando ondas de radio frecuencia, enviar solicitudes a las etiquetas y recibir señales de respuesta procedentes de las etiquetas;

- Módulo de radio frecuencia: cada antena está conectada a un módulo de radio frecuencia encargado de transformar información en ondas de radio frecuencia o a la inversa;
- 5 - Electrónica: responsable de transmitir la información entre el módulo de radio frecuencia y el sistema de información;
- Sistema de información: almacena las operaciones y órdenes necesarias para operar todo el sistema de lectura.
- 10 Se pueden utilizar otras tecnologías inalámbricas alternativas a la RFID para obtener señales de respuesta de los elementos sensores del sensor de humedad 10, tales como tecnologías de comunicación de corto alcance, por ejemplo, Bluetooth (por ejemplo, BLE - Bluetooth Low Energy), NFC, Zigbee o tecnología WiFi.
- 15 En el caso de utilizar cualquier otra tecnología inalámbrica (por ejemplo, cualquiera de las que se han descrito anteriormente), la configuración del módulo lector 31 puede ser la misma pero adaptada a la correspondiente tecnología.
- 20 La información de etiqueta RFID se almacena en una memoria no volátil. Un lector RFID 31 puede transmitir una señal de radio codificada para interrogar a la etiqueta. La etiqueta RFID recibe la señal de radio y puede responder (es decir, la señal de respuesta) con su identificación y otra información. Esto puede ser sólo un número de serie único de la etiqueta y, dado que cada etiqueta tiene números de serie individuales, el sistema puede discriminar entre varias etiquetas que pueden estar dentro del alcance del lector RFID y leerlas simultáneamente.
- 25 En el caso del presente sensor de humedad 10, el lector RFID 31 transmite una señal de radio codificada para interrogar a cada etiqueta del sensor de humedad 10 y recibe una señal de respuesta procedente de cada etiqueta RFID, es decir, de cada elemento sensor (protegido y no protegido). A continuación, el módulo lector RFID 31 obtiene al menos una característica y datos de cada señal de respuesta y la al menos una característica es enviada al módulo de control 32.
- 30 35 El módulo de control 32 puede comprender o puede estar implementado por medios electrónicos, medios informáticos o una combinación de los mismos, es decir, los medios electrónicos o informáticos se pueden utilizar indistintamente, de modo que una parte de los medios descritos pueden ser medios electrónicos y la otra parte pueden ser medios informáticos, o todos los medios descritos pueden ser medios electrónicos o todos los medios descritos pueden ser medios informáticos.
- Ejemplos de un módulo de control 32 que comprende sólo medios electrónicos (es decir, una configuración puramente electrónica) puede ser un dispositivo electrónico programable tal como un dispositivo lógico programable complejo (CPLD: Complex Programmable Logic Device), una matriz de puertas lógicas programable en campo (FPGA: Field Programmable Gate Array) o un circuito integrado específico de aplicación (ASIC: Application-Specific Integrated Circuit).
- 40 45 Ejemplos de un módulo de control 32 que comprende únicamente medios informáticos pueden ser un sistema informático (por ejemplo, un ordenador portátil, un servidor, un ordenador de sobremesa, un ordenador integrado o industrial, etc.), que puede comprender una memoria y un procesador, estando la memoria adaptada para almacenar un conjunto de instrucciones de programa informático, y estando el procesador adaptado para ejecutar estas instrucciones almacenadas en la memoria con el fin de generar los diversos eventos y acciones para los que se ha programado el módulo de control.
- 50 55 60 65 El programa informático puede comprender instrucciones de programa para hacer que el módulo de control 32 realice un procedimiento de detección de humedad (por ejemplo, debido a una fuga de líquido) que se describirá más adelante. El programa informático puede estar incorporado en un medio de almacenamiento tal como una ROM, por ejemplo un CD ROM o una ROM semiconductora, un medio de grabación magnética, por ejemplo un disco duro, un disco de estado sólido (SSD), una unidad flash USB (por ejemplo, un pen drive); o una tarjeta de memoria no volátil tal como una tarjeta SD, mini SD o micro SD. Además, el programa informático puede ser transportado en un portador transmisible, tal como una señal eléctrica u óptica, que puede ser transmitida por cable eléctrico u óptico o por radio u otros medios.
- Cuando el programa informático está incorporado en una señal que puede ser transmitida directamente por un cable u otro dispositivo o medio, el portador puede estar constituido por dicho cable u otro dispositivo o medio. Alternativamente, el portador puede ser un circuito integrado en el que se encuentra incorporado el programa informático, estando el circuito integrado adaptado para realizar, o para su uso en la realización de, los procedimientos pertinentes.
- El programa informático puede estar en forma de código fuente, código objeto, un código intermedio entre código fuente y código objeto, tal como por ejemplo en forma parcialmente compilada, o en cualquier otra

forma adecuada para su uso en la implementación del procedimiento. El portador puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de transportar el programa informático.

- 5 Además, el módulo de control 32 también puede tener una configuración híbrida entre medios informáticos y electrónicos. En este caso, el módulo de control puede comprender una memoria y un procesador para implementar informáticamente parte de sus funcionalidades y ciertos circuitos electrónicos para implementar las funcionalidades restantes.
- 10 En algunos ejemplos, según se ha comentado anteriormente, el módulo lector 31 puede requerir la colocación de una o varias antenas capaces de recuperar información procedente del sensor de humedad 10 (es decir, del elemento que no está protegido contra la humedad y del elemento que está protegido contra la humedad que forma parte de dicho sensor).
- 15 En cualquier caso, el módulo de control 32 puede estar configurado para ejecutar un procedimiento de detección de humedad (por ejemplo, debido a una fuga de líquido), en el que el procedimiento comprende:
- recibir una pluralidad de señales de respuesta procedentes del sensor que no está protegido contra el líquido, en el que las señales de respuesta procedentes del sensor que no está protegido contra el líquido comprenden una característica, en el que la característica de cada señal de respuesta recibida es la misma característica;
- 20 - seleccionar una señal de respuesta de entre la pluralidad de señales de respuesta recibidas procedentes del elemento sensor que no está protegido contra el líquido en base a la característica de las señales de respuesta de tal manera que la señal de respuesta seleccionada corresponde a un valor máximo de la característica de la señal de respuesta seleccionada con respecto al valor de la característica de todas o algunas de las otras señales de respuesta recibidas;
- 25 - recibir una pluralidad de señales de respuesta procedentes del elemento sensor que está protegido contra el líquido, en el que las señales de respuesta procedentes del elemento sensor que está protegido contra el líquido comprenden una característica que es la misma característica que la característica de las señales de respuesta recibidas procedentes del elemento sensor que no está protegido contra el líquido;
- 30 - seleccionar una señal de respuesta de entre la pluralidad de señales de respuesta recibidas procedentes del elemento sensor que está protegido contra el líquido en base a la característica de las señales de respuesta, de modo que la señal de respuesta seleccionada corresponde a un valor máximo de la característica de la señal de respuesta seleccionada con respecto al valor de la característica de todas o algunas de las otras señales de respuesta recibidas;
- 35 - obtener un valor numérico relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que está protegido contra el líquido;
- 40 - obtener un valor numérico relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido;
- 45 - determinar una diferencia entre el valor numérico obtenido relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que está protegido contra el líquido y el valor numérico obtenido relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido;
- 50 - determinar la detección de humedad si la diferencia determinada se encuentra por encima o por debajo de un umbral.
- 55 Como se explicará con más detalle más adelante con referencia a la figura 5, el sensor de humedad 10 puede estar desplazado en la dimensión XYZ con respecto al módulo lector. Por ejemplo, puede estar situado dentro de un vehículo, en lugares en los que puede ser importante comprobar si se ha producido una fuga de agua durante una "prueba de agua" realizada durante el montaje de dicho vehículo. La cadena de montaje puede estar provista de un mecanismo de transferencia de vehículos configurado para desplazar el vehículo a lo largo de dicha cadena de montaje. A medida que el vehículo (con el sensor de humedad 10 colocado en su interior) se desplaza a lo largo de la cadena de montaje utilizando el mecanismo de transferencia de vehículos (y por lo tanto se desplaza en la dimensión XYZ), una de las antenas que forman parte del módulo lector 31 puede interrogar (por ejemplo, al mismo tiempo o aproximadamente al mismo tiempo) los elementos sensores protegidos y no protegidos del sensor de humedad 10 y recibir una pluralidad de señales de respuesta procedentes del elemento sensor que no está protegido contra la humedad y una pluralidad de señales de respuesta procedentes del elemento sensor que está protegido contra la humedad, formando ambos parte del sensor 10.
- 60 Siguiendo con el ejemplo, el módulo lector 31, a partir de cada señal de respuesta recibida procedente de cada elemento sensor (protegido y no protegido) que forman parte del sensor 10, puede obtener características específicas y puede generar muestras que comprenden una estructura de datos tal como:

Sensor de humedad		
	Etiqueta 1	Etiqueta 2
Marca de tiempo	Instante ₁	Instante ₂
Código de producto electrónico	Código ₁	Código ₂
Indicador de intensidad de señal recibida (RSSI)	RSSI ₁	RSSI ₂

Fase de radio frecuencia (FASE)	FASE ₁	FASE ₂
Otros datos de alto o bajo nivel	X ₁	X ₂

Por ejemplo, una primera muestra procedente del sensor de humedad 10 recibida por una antena que forma parte del módulo lector 31 puede incluir la siguiente información:

5 A₁ := {Instante¹₁, EPC¹₁, RSSI¹₁, FASE¹₁, X¹₁, Instante¹₂, EPC¹₂, RSSI¹₂, FASE¹₂, X¹₂} en la que Etiqueta 1 puede ser el elemento sensor no protegido y Etiqueta 2 puede ser el elemento sensor protegido que forman parte del sensor 10.

10 Por consiguiente, el módulo lector 31 puede interrogar (por ejemplo, al mismo tiempo o aproximadamente al mismo tiempo) al elemento sensor no protegido 11 y al elemento sensor protegido 14, de modo que se obtiene una señal de respuesta procedente de cada elemento sensor (protegido y no protegido) en las mismas condiciones. A continuación, el módulo lector 31 puede obtener al menos una característica (por ejemplo, intensidad de la señal y/o fase de la señal) a partir de cada señal de respuesta y también puede obtener datos (por ejemplo, datos que identifican de forma única cada elemento sensor) y enviarlos al módulo de control 32 para que los procese.

20 El módulo de control 32 puede seleccionar una señal de respuesta de entre todas (o algunas de) las señales de respuesta recibidas por el elemento que está protegido contra la humedad, según se explicará más adelante con referencia a las figuras 3a y 3b. En particular, se puede seleccionar la señal de respuesta que corresponde a la distancia más próxima entre el elemento sensor y la antena del módulo lector 31, por ejemplo, cuando el sensor se desplaza en la dimensión XYZ con respecto a una antena del lector. El módulo de control 32 puede seleccionar además una señal de respuesta de entre todas (o algunas de) las señales de respuesta recibidas por el elemento que está protegido contra la humedad, en particular la señal de respuesta que corresponde a la distancia más cercana entre el elemento sensor protegido y el módulo lector 31 a medida que el sensor se desplaza en la dimensión XYZ con respecto a una antena del lector. Por consiguiente, también se selecciona una muestra según se ha descrito anteriormente en este documento, correspondiente a las señales de respuesta procedentes de ambos elementos sensores (protegidos y no protegidos) que se encuentran más cerca de una antena del módulo lector, a medida que el sensor se desplaza en la dimensión XYZ con respecto al módulo lector. Cabe tener en cuenta que los valores numéricos de la intensidad y de y/o de la fase de las señales de respuesta seleccionadas, emitidas por el elemento sensor que está protegido contra el líquido y/o por el elemento sensor que no está protegido contra el líquido, pueden corresponder a un valor numérico máximo de intensidad o de fase con respecto a los correspondientes valores numéricos de intensidad o de fase de algunas de (o de todas) las restantes señales de respuesta recibidas no seleccionadas.

35 En cualquier caso, el módulo de control 32 puede procesar la muestra seleccionada (incluida la información de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra la humedad y la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que está protegido contra el líquido) y determinar la presencia de humedad, según se describirá más adelante con referencia a las figuras 4a - 4d.

40 En resumen, el módulo lector 31 puede recibir una pluralidad de señales de respuesta procedentes de cada elemento sensor del mismo sensor de humedad. Sin embargo, puede ser necesario seleccionar una única señal de respuesta de entre todas las señales de respuesta recibidas por el elemento protegido y seleccionar una única señal de respuesta de entre todas las señales de respuesta recibidas por el elemento no protegido. Con referencia a las figuras 3a y 3b, se explican diferentes maneras de seleccionar la señal de respuesta más adecuada de entre la pluralidad de señales de respuesta recibidas por una antena del módulo lector 31.

50 50 La figura 3a muestra un gráfico del comportamiento de la intensidad (RSSI - Received Signal Strength Indicator) de las señales de respuesta, a lo largo del tiempo, proporcionadas por el elemento sensor que no está protegido contra la humedad y el elemento sensor que está protegido contra la humedad, a medida que el sensor de humedad se desplaza a lo largo de la dimensión XYZ de un punto a otro con respecto a una antena de un módulo lector según se ha descrito anteriormente en este documento. Por ejemplo, según se ha comentado anteriormente, el sensor puede estar situado en el interior de un vehículo a ensamblar y el vehículo se puede desplazar a lo largo de una línea de montaje.

60 60 El signo de referencia 100a corresponde al comportamiento de la intensidad (RSSI - Received Signal Strength Indicator) de las señales de respuesta, en el tiempo, proporcionadas por el elemento sensor que no está protegido contra el líquido, a medida que el sensor de humedad se desplaza en la dimensión XYZ. El signo de referencia 100b corresponde al comportamiento de la intensidad (RSSI - Received Signal Strength Indicator) de las señales de respuesta, a lo largo del tiempo, proporcionadas por el elemento sensor que está protegido contra el líquido, a medida que el sensor de humedad se desplaza en la dimensión XYZ. Cabe tener en cuenta que el valor numérico de la intensidad de la señal depende de la

distancia entre el elemento sensor que no está protegido contra la humedad o el elemento sensor que está protegido contra la humedad (a medida que el sensor se desplaza en la dimensión XYZ) y la antena del módulo lector, junto con efectos constructivos o destructivos debidos a la fase, más otros efectos de RF menores.

- 5 A este respecto, puede recibirse (por el módulo lector) una pluralidad de señales de respuesta, cada una de las cuales incluye un valor numérico de intensidad de señal 100a, en relación con el elemento sensor que está protegido contra el líquido, a lo largo del tiempo, mientras el sensor se desplaza a lo largo de la dimensión XYZ. Los datos pueden ser enviados al módulo de control para su procesamiento. En particular, el módulo de control está configurado para comparar los valores numéricos de intensidad de señal recibidos 100a y seleccionar una señal de respuesta que corresponde al valor máximo de intensidad de señal de entre toda la pluralidad de valores numéricos de intensidad recibidos de las señales de respuesta recibidas.
- 10 De modo similar, una pluralidad de señales de respuesta, cada una de las cuales incluye un valor numérico de intensidad de señal 100b, puede ser recibida (por el módulo lector) en relación con el elemento sensor que no está protegido contra el líquido, a lo largo del tiempo, a medida que el sensor se desplaza en la dimensión XYZ. Esta información se puede enviar al módulo de control para su procesamiento. El módulo de control 32 está configurado para comparar los valores numéricos de intensidad de señal recibidos 100b y seleccionar la señal de respuesta que corresponde al valor numérico de intensidad de señal máxima de entre todos los valores numéricos de intensidad de señal de las señales de respuesta recibidas.
- 15 A continuación, a partir de la señal de respuesta seleccionada del elemento no protegido y de la señal de respuesta seleccionada del elemento protegido, formando ambos parte del mismo sensor de detección de humedad, se puede crear también una muestra que comprende una estructura de datos según se ha descrito anteriormente en este documento.
- 20 La figura 3b muestra un gráfico del comportamiento de la fase de las señales de respuesta, en un canal de frecuencia de 866,061 MHz, a lo largo del tiempo (minutos : segundos) obtenidas procedentes del elemento sensor no protegido y del elemento sensor protegido de un sensor de humedad según se ha descrito anteriormente en este documento, a medida que el sensor se desplaza en la dimensión XYZ (por ejemplo, el sensor puede estar situado en el interior de un vehículo a ensamblar y el vehículo se puede desplazar a lo largo de dicha cadena de montaje) con respecto a una antena de un módulo lector según se ha descrito anteriormente en este documento. El signo de referencia 101a corresponde al comportamiento de la fase de la señal o señales de respuesta, a lo largo del tiempo, proporcionadas por el elemento sensor que no está protegido contra la humedad, a medida que el sensor de humedad se desplaza en la dimensión XYZ con respecto a una antena del lector. El signo de referencia 101b corresponde al comportamiento de la fase de la señal o señales de respuesta, a lo largo del tiempo, proporcionadas por el elemento sensor que está protegido contra la humedad, a medida que el sensor de humedad se desplaza en la dimensión XYZ con respecto a la antena del lector. Cabe tener en cuenta que la información de fase depende directamente de la distancia entre el elemento sensor no protegido o el elemento sensor protegido que forman parte del mismo sensor de humedad y una antena de un módulo lector, según se ha descrito anteriormente en este documento.
- 25 Como se puede ver en la figura, a medida que el sensor de humedad se desplaza en la dimensión XYZ con respecto a una antena del módulo lector, la fase 101a de la señal de respuesta procedente del elemento sensor que no está protegido contra la humedad se aumenta hasta que se alcanza el valor numérico de 180 grados (alrededor de las 08:11 horas) y, a continuación, en un tiempo relativamente corto, se disminuye hasta 0 grados. En algunos otros ejemplos, la fase 101a de la señal de respuesta procedente del elemento sensor que no está protegido contra la humedad se puede aumentar hasta otros valores numéricos, por ejemplo, 360 grados. Siguiendo el ejemplo, en este punto, la fase 101a de la señal de respuesta aumenta de nuevo hasta que se alcanza de nuevo el valor numérico de 180 grados (tiempo alrededor de 08:12) y entonces en un tiempo relativamente corto se disminuye a 0 grados. Este proceso se repite hasta que el elemento sensor que no está protegido contra la humedad alcanza el punto más cercano con respecto a la antena del módulo lector. En este punto (tiempo alrededor de 09:08:46), la fase deja de aumentar (antes de 180 grados) y comienza a disminuir a partir de un valor de fase alrededor de 100 grados. Este valor de fase ("punto de inflexión") representa el punto más cercano del elemento sensor no protegido con respecto a la antena del módulo lector, a medida que el sensor se desplaza en la dimensión XYZ y, por lo tanto, se selecciona la señal de respuesta que corresponde a dicho valor de fase.
- 30 45 50 55 60 65 De este modo, la unidad de control puede estar configurada para identificar una pendiente de aumento de la fase en (al menos) algunas de las señales de respuesta recibidas procedentes del elemento sensor que no está protegido contra la humedad, en el que la pendiente comprende (al menos) algunas de las señales de respuesta recibidas cuya fase aumenta desde una fase inicial (de 0 grados) hasta una fase máxima (relativa) (de alrededor de 100 grados) durante un primer período de tiempo (alrededor de siete segundos). La unidad de control puede estar configurada además para identificar una pendiente de disminución de la fase en al menos algunas de las señales de respuesta recibidas, en el que la pendiente comprende las (al menos) algunas de las señales de respuesta recibidas cuya fase disminuye desde la fase máxima (relativa)

(de alrededor de 100 grados) hasta la fase inicial (de 0 grados) durante un segundo período de tiempo (cinco segundos), en el que el final del primer período de tiempo y el inicio del segundo período de tiempo son el mismo. En consecuencia, se puede seleccionar una señal de respuesta que corresponde a dicho valor numérico de fase máxima (relativa) (de unos 100 grados), es decir, el valor numérico de fase

5 comentado anteriormente que corresponde al tiempo en torno a 09:08:46. Cabe tener en cuenta que la señal de respuesta seleccionada corresponde a un valor de fase de señal máxima (relativo) de entre los valores de fase de algunas de la pluralidad de señales de respuesta recibidas (por ejemplo, las señales de respuesta incluidas en el periodo de tiempo comprendido entre 08:36 y 08:55).

10 De modo similar, a medida que el sensor de humedad se desplaza en la dimensión XYZ, la fase 101b de la señal de respuesta del elemento sensor que está protegido contra la humedad aumenta hasta que se alcanza el valor numérico de 180 grados (tiempo alrededor de 09:08:12) y luego, en un tiempo relativamente corto, disminuye a 0 grados. En este punto, la fase 101b de la señal de respuesta aumenta de nuevo hasta que el valor numérico de 180 grados se alcanza de nuevo (ver 09:08:15) y luego en un tiempo relativamente corto se reduce a 0 grados. Este proceso se repite hasta que el elemento sensor que está protegido contra la humedad alcanza el punto más cercano con respecto a la antena del módulo lector. En este punto (09:08:48), la fase deja de aumentar y comienza a disminuir a partir de un valor numérico de fase en torno a 65 grados, es decir, un valor numérico de fase inferior a 180 grados. Este valor numérico de fase representa el punto más cercano del elemento sensor no protegido con respecto a la antena del módulo lector, a medida que el sensor se desplaza en la dimensión XYZ y, por lo tanto, se selecciona la señal de respuesta que corresponde a este valor numérico de fase. Cabe tener en cuenta que la señal de respuesta seleccionada corresponde a un valor numérico de fase de señal máxima (relativo) de entre la pluralidad de valores numéricos de fase de algunas de la pluralidad de señales de respuesta recibidas (por ejemplo, las señales de respuesta incluidas en el periodo de tiempo comprendido entre 08:43 y 08:53). Cabe tener en cuenta que este punto corresponde a un "punto de inflexión" de la curva.

15 Por lo tanto, la unidad de control también puede estar configurada para identificar una pendiente de aumento de la fase en (al menos) algunas de las señales de respuesta recibidas del elemento sensor que está protegido contra la humedad, en el que la pendiente comprende (al menos) algunas de las señales de respuesta recibidas cuya fase aumenta desde una fase inicial hasta una fase máxima durante un primer período de tiempo. La unidad de control puede estar configurada además para identificar una pendiente de disminución de la fase en (al menos) algunas de las señales de respuesta recibidas, en el que la pendiente comprende (al menos) algunas de las señales de respuesta recibidas cuya fase disminuye desde la fase máxima a la fase inicial durante un segundo período de tiempo, en el que el final del primer período de tiempo y el comienzo del segundo período de tiempo son el mismo. Como resultado, se puede seleccionar una señal de respuesta que corresponde a dicha fase máxima (relativa), es decir, el valor numérico de fase que se ha comentado anteriormente que corresponde al tiempo en torno a 09:08:48.

20 De este modo, también se selecciona una muestra según se ha descrito anteriormente en este documento que incluye los datos de la señal de respuesta seleccionada de los elementos de humedad protegidos y no protegidos de un sensor de humedad.

25 La figura 4a muestra un diagrama gráfico de una diferencia entre un tiempo empleado por la intensidad de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que está protegido contra el líquido para alcanzar su valor de intensidad (que es un valor numérico de intensidad máxima con respecto a los valores numéricos de intensidad de todas las otras señales de respuesta no seleccionadas) y el tiempo empleado por la intensidad de la señal de respuesta procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido para alcanzar su valor numérico de intensidad (que es un valor numérico de intensidad máxima con respecto a todas las otras señales de respuesta no seleccionadas), en diferentes canales de frecuencia, de un sensor de detección de humedad, según algunos ejemplos.

30 En esta figura, para un primer canal de frecuencia de 867,341 MHz, la diferencia de tiempo (ms) entre el tiempo empleado por la intensidad de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad (de un sensor para detección de humedad según se ha descrito anteriormente en este documento) para alcanzar su valor de intensidad y el tiempo empleado por la intensidad de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido para alcanzar su valor de intensidad, en diferentes pruebas, se describe en los gráficos 80a - 80g. Los gráficos 80a - 80c se refieren a una prueba "sin humedad", es decir, una prueba en la que no hay presencia de humedad, y los gráficos 80d - 80f se refieren a una prueba "con humedad", es decir, una prueba en la que hay presencia de humedad.

35 En un ejemplo (véase el gráfico 80a), la diferencia de tiempo (ms) entre el tiempo empleado por la intensidad de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad para alcanzar su valor numérico de intensidad y el tiempo empleado por la intensidad de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido para alcanzar su valor de intensidad es de en torno a 9600 ms. En otro ejemplo (véase el gráfico 80b), la diferencia de tiempo (ms) entre el tiempo empleado por la intensidad de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que

está protegido contra la humedad para alcanzar su valor numérico de intensidad (máxima) y el tiempo empleado por la intensidad de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido para alcanzar su valor numérico de intensidad (máxima) es de en torno a 8600 ms. En otro ejemplo (véase el gráfico 80c), la diferencia de tiempo (ms) entre el tiempo empleado por

5 la intensidad de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad para alcanzar su valor numérico de intensidad (máxima) y el tiempo empleado por la intensidad de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido para alcanzar su valor numérico de intensidad (máxima) es de en torno a 9200 ms. En este ejemplo, se puede establecer un umbral igual a 8600 ms. Los valores de tiempo por encima de este umbral pueden
10 determinar la no presencia de humedad y los valores numéricos de tiempo por debajo de este umbral pueden determinar la presencia de humedad.

En otro ejemplo (véase el gráfico 80d), la diferencia de tiempo (ms) entre el tiempo empleado por la intensidad de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad
15 para alcanzar su valor numérico de intensidad y el tiempo empleado por la intensidad de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido para alcanzar su valor numérico de intensidad es de en torno a 7300 ms. En otro ejemplo (véase el gráfico 80e), la diferencia de tiempo (ms) entre el tiempo empleado por la intensidad de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad para alcanzar su valor numérico
20 de intensidad y el tiempo empleado por la intensidad de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido para alcanzar su valor numérico de intensidad es de en torno a 6800 ms. En algún otro ejemplo (véase el gráfico 80f), la diferencia de tiempo (ms) entre el tiempo empleado por la intensidad de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está
25 protegido contra la humedad para alcanzar su intensidad (máxima) y el tiempo empleado por la intensidad de la señal de respuesta procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido para alcanzar su intensidad (máxima) es de en torno a 6600 ms. Dado que las diferencias de tiempo, en todas las pruebas "con humedad", se encuentran por debajo del umbral que se ha establecido previamente de,
30 por ejemplo, 8600 ms, se puede determinar que, en todas esas pruebas "con humedad", el sensor está húmedo, es decir, que hay humedad presente en el sensor.

A este respecto, cabe tener en cuenta que, dado que la humedad puede afectar al valor numérico de la intensidad de la etiqueta RFID del elemento que no está protegido contra la humedad del sensor de humedad, el patrón RSSI retro dispersada del elemento que no está protegido contra la humedad y del elemento que está protegido contra la humedad (del mismo sensor de humedad) puede ser diferente debido
35 a señales constructivas y destructivas. Además, según se ha comentado anteriormente, cuando la antena del elemento que no está protegido contra la humedad se humedece, su impedancia de adaptación con el chip (o circuito integrado) varía, lo que provoca una variación en, por ejemplo, la intensidad de una señal de respuesta de dicho elemento no protegido. Los efectos que se han comentado anteriormente pueden adelantar o retrasar el RSSI máximo obtenido procedente del elemento que no está protegido contra la humedad en comparación con el elemento que está protegido contra la humedad del mismo sensor de humedad. Por lo tanto, la medición de la diferencia de tiempo entre valores numéricos (RSSI) de intensidad
40 máxima para ambos elementos de sensor en el mismo sensor de humedad se puede utilizar como un procedimiento para determinar si un sensor de humedad según se ha descrito anteriormente en este documento está seco o húmedo.

45 Lo mismo ocurre con cualquiera de los canales de frecuencia restantes (por ejemplo, en la figura 4a, 865,549 MHz, 866,061 MHz, 866,829 MHz). Se puede establecer un umbral de tiempo utilizando una de las tres primeras pruebas "sin humedad". Dado que la diferencia de tiempo en cualquiera de las otras tres pruebas "con humedad" se encuentra por debajo de dicho umbral, se determina la presencia de humedad.

50 Cabe tener en cuenta además que, para cualquiera de los canales de frecuencias, si se establece un umbral de tiempo por medio de cualquiera de las pruebas "sin humedad" pero una diferencia de tiempo obtenida en cualquiera de las pruebas "con humedad" comprende una desviación predefinida con respecto a dicho umbral, por ejemplo, una desviación de tiempo por encima de dicho umbral, se puede determinar un falso negativo. En dicho caso, se puede aplicar un procedimiento adicional para determinar la humedad, según se describirá con referencia a la figura 4c.

La figura 4b muestra un diagrama gráfico de una diferencia de tiempo entre el tiempo empleado por la fase
60 de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que está protegido contra el líquido para alcanzar su valor de fase (que es un valor numérico de fase máximo relativo con respecto a los valores numéricos de fase de algunas de las otras señales de respuesta no seleccionadas) y el tiempo empleado por la fase de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido para alcanzar su valor de fase (que es un valor numérico de fase máximo relativo con respecto a algunas de las pluralidad de señales de respuesta no seleccionadas restantes), en diferentes canales de frecuencia, de un sensor de detección de humedad.

En esta figura, para un primer canal de frecuencia de 865,549 MHz, la diferencia de tiempo (ms) entre el tiempo empleado por la fase de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad (de un sensor para detección de humedad según se ha descrito anteriormente en este documento) para alcanzar su valor de fase y el tiempo empleado por la fase de la señal de respuesta

5 seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido para alcanzar su valor de fase, en diferentes pruebas, se describe en los gráficos 81a - 81g. Los gráficos 81a - 81c se refieren a una prueba "sin humedad", es decir, una prueba en la que no hay presencia de humedad, y los gráficos 81 d - 81 f se refieren a una prueba "con humedad", es decir, una prueba en la que hay presencia de humedad.

10 En un ejemplo (véase el gráfico 81a), la diferencia de tiempo (ms) entre el tiempo empleado por la fase de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad para alcanzar su valor de fase y el tiempo empleado por la fase de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido para alcanzar su valor de fase es de en torno a 1000 ms. En otro ejemplo (véase el gráfico 80b), la diferencia de tiempo (ms) entre el tiempo empleado por la fase de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad para alcanzar su valor de fase y el tiempo empleado por la fase de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido para alcanzar su valor de fase es de en torno a 800 ms. En otro ejemplo (véase el gráfico 80c), la diferencia de tiempo (ms) entre el tiempo empleado por la fase de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad para alcanzar su valor de fase (máximo relativo) y el tiempo empleado por la fase de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido para alcanzar su valor de fase (máximo relativo) es de en torno a 4500 ms. En este ejemplo, se puede establecer un umbral igual a 4500 ms. Los valores numéricos de tiempo por debajo de este umbral pueden determinar la no presencia de humedad y los valores numéricos de tiempo por encima de este umbral pueden determinar la presencia de humedad.

15 En otro ejemplo (véase el gráfico 81d), la diferencia de tiempo (ms) entre el tiempo empleado por la fase de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad para alcanzar su valor numérico de fase y el tiempo empleado por la fase de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido para alcanzar su valor numérico de fase es de en torno a 12500 ms. En otro ejemplo (véase el gráfico 81e), la diferencia de tiempo (ms) entre el tiempo empleado por la fase de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad para alcanzar su valor numérico de fase y el tiempo empleado por la fase de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido para alcanzar su valor numérico de fase es de en torno a 12200 ms. En algún otro ejemplo (véase el gráfico 81f), la diferencia de tiempo (ms) entre el tiempo empleado por la fase de la señal de respuesta del elemento sensor que está protegido contra la humedad para alcanzar su valor numérico de fase (máximo relativo) y el tiempo empleado por la fase de la señal de respuesta procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido para alcanzar su valor numérico de fase (máximo relativo) es de en torno a 12200 ms. Dado que las diferencias de tiempo, en todas las pruebas "con humedad", se encuentran por encima del umbral comentado anteriormente de, por ejemplo, 5500 ms, se puede determinar que, en cada prueba, el sensor está húmedo, es decir, que hay humedad presente en el sensor.

20 A este respecto, cabe tener en cuenta que, dado que la humedad puede afectar al valor numérico de fase de la etiqueta RFID del elemento que no está protegido contra la humedad del sensor de humedad, el patrón RSSI retro dispersado del elemento que no está protegido contra la humedad y del elemento que está protegido contra la humedad (del mismo sensor de humedad) puede ser diferente debido a señales constructivas y destructivas. Además, según se ha comentado anteriormente, cuando la antena del elemento que no está protegido contra la humedad se humedece, su impedancia de adaptación con el chip (o circuito integrado) varía, lo que provoca una variación en, por ejemplo, la fase de una señal de respuesta de dicho elemento no protegido. Los efectos que se han comentado anteriormente pueden adelantar o retrasar la fase obtenida del elemento que no está protegido contra la humedad en comparación con el elemento que está protegido contra la humedad del mismo sensor de humedad en las señales de respuesta seleccionadas. Por lo tanto, la medición de la diferencia de tiempo entre los valores numéricos de fase (máximos relativos) (es decir, puntos de inflexión) para ambos elementos de sensor en el mismo sensor de humedad se puede utilizar como un procedimiento para determinar si un sensor de humedad según se ha descrito anteriormente en este documento está seco o húmedo.

25 Lo mismo ocurre con cualquiera de los canales de frecuencia restantes (por ejemplo, en la figura 4b, 866,061 MHz, 866,829 MHz, 867,341 MHz). Utilizando una de las tres primeras pruebas "sin humedad", se puede establecer un umbral. Como la diferencia de tiempo en cualquiera de las tres últimas pruebas "con humedad" se encuentra por encima de dicho umbral, se determina la presencia de humedad.

30 Cabe tener en cuenta además que, para cualquiera de las frecuencias, si se establece un umbral por medio de cualquiera de las pruebas "sin humedad" pero una diferencia de tiempo obtenida en cualquiera de las pruebas "con humedad" comprende una desviación predefinida con respecto a dicho umbral, por ejemplo, una desviación de tiempo por debajo de dicho umbral, se puede determinar un falso negativo. En dicho

caso, se puede aplicar un procedimiento adicional para determinar la humedad, según se describirá con referencia a la figura 4d.

- 5 La figura 4c muestra un diagrama gráfico de una diferencia de intensidad entre el valor numérico de la intensidad de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que está protegido contra el líquido y el valor numérico de la intensidad de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido, en diferentes canales de frecuencia, del sensor de detección de humedad.
- 10 Los gráficos 83a - 83c se refieren a una prueba "sin humedad", es decir, una prueba en la que no hay presencia de humedad, y los gráficos 83d - 83g se refieren a una prueba "con humedad", es decir, una prueba en la que hay presencia de humedad.
- 15 En un ejemplo (véase el gráfico 83a), la diferencia de intensidad (intensidad) entre el valor numérico de intensidad (dBm) de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad y el valor numérico de intensidad (dBm) de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra la humedad es de en torno a 11 dBm. En otro ejemplo (véase el gráfico 83b), la diferencia de intensidad (dBm) entre el valor numérico de la intensidad de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad y el valor numérico de la intensidad de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra la humedad es de en torno a 6 dBm. En otro ejemplo (véase el gráfico 83c), la diferencia de intensidad (dBm) entre el valor numérico de la intensidad de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad y el valor numérico de la intensidad de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra la humedad es de en torno a 5 dBm. Así pues, se puede establecer un umbral igual a, por ejemplo, 11 dBm. Los valores de diferencia de intensidad por encima de este umbral pueden determinar la presencia de humedad y los valores de diferencia de intensidad por debajo de este umbral pueden determinar la no presencia de humedad.
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65
- En otro ejemplo (véase el gráfico 83d), la diferencia de intensidad (dBm) entre el valor numérico de la intensidad de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad y el valor numérico de la intensidad de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra la humedad es de en torno a 4 dBm. En otro ejemplo (véase el gráfico 83e), la diferencia de intensidad (dBm) entre el valor numérico de la intensidad de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad y el valor numérico de la intensidad de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra la humedad es de en torno a 10 dBm. Cabe tener en cuenta que los valores de diferencia de intensidad se encuentran por debajo del umbral que se ha establecido previamente de 11 dBm y, por lo tanto, se puede determinar un "falso" resultado, en la detección de humedad. En consecuencia, se puede aplicar una prueba adicional para determinar la humedad, según se ha descrito anteriormente en este documento con referencia a la figura 4a.
- Siguiendo con el ejemplo, en otra prueba (véase el gráfico 83f), la diferencia de intensidad (dBm) entre el valor numérico de la intensidad de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad y el valor numérico de la intensidad de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra la humedad es de en torno a 18 dBm. En otra prueba (véase el gráfico 83g), la diferencia de intensidad (dBm) entre el valor numérico de la intensidad de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad y el valor numérico de la intensidad de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra la humedad es de en torno a 21 dBm. Dado que los valores numéricos de la diferencia de intensidad, en estas pruebas "con humedad", se encuentran por encima del umbral antes mencionado de, por ejemplo, 11 dBm, se puede determinar que el sensor está húmedo, es decir, que hay humedad presente en el sensor.
- La misma operación se aplica para cualquiera de los canales de frecuencia restantes (por ejemplo, en la Figura 4c, 866,061 MHz, 866,829 MHz, 867,341 MHz).
- La figura 4d muestra un diagrama gráfico de una diferencia de fase entre el valor de fase de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que está protegido contra el líquido y el valor de fase de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido, en diferentes canales de frecuencia, del sensor de detección de humedad, según algunos ejemplos.
- Los gráficos 82a - 82c se refieren a una prueba "sin humedad", es decir, una prueba en la que no hay presencia de humedad, y los gráficos 82d - 82fg se refieren a una prueba "con humedad", es decir, una prueba en la que hay presencia de humedad.

En un ejemplo (véase el gráfico 82a), la diferencia de fase (grados) entre el valor numérico de fase (grados) de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad y el valor numérico de fase (grados) de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra la humedad es de en torno a 70 grados. En otro ejemplo (véase el gráfico 82b), la

5 diferencia de fase (grados) entre el valor numérico de fase (grados) de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad y el valor numérico de fase (grados) de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra la humedad es de en torno a 60 grados. En otro ejemplo (véase el gráfico 82c), la diferencia de fase (grados) entre el valor numérico de fase (grados) de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad y el valor numérico de fase (grados) de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra la humedad es de en torno a 80 grados. Así pues, se puede establecer un umbral igual a, por ejemplo, 60 grados. Los valores numéricos de fase por debajo de este umbral pueden determinar la presencia de humedad y los valores numéricos de fase por encima de este umbral pueden determinar la no presencia de humedad.

10 15 En otro ejemplo (véase el gráfico 82d), la diferencia de fase (grados) entre el valor numérico de fase (grados) de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad y el valor numérico de fase (grados) de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra la humedad es de en torno a 50 grados. En otro ejemplo (véanse los gráficos 82e - 20 25 20g), la diferencia de fase (grados) entre el valor numérico de fase (grados) de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra la humedad y el valor numérico de fase (grados) de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra la humedad es de en torno a 10 grados. Dado que las diferencias de fase, en todos las pruebas "con humedad", se encuentran por debajo del umbral que se ha comentado anteriormente de, por ejemplo, 60 grados, se puede determinar que el sensor está húmedo, es decir, que hay humedad presente en el sensor, en cada prueba.

30 Lo mismo ocurre con cualquiera de los canales de frecuencia restantes (por ejemplo, en la figura 4c, 866,061 MHz, 866,829 MHz, 867,341 MHz). Utilizando una de las tres primeras pruebas "sin humedad", se puede establecer un umbral. Dado que la diferencia de fase en cualquiera de las tres últimas pruebas "con humedad" se encuentra por debajo de dicho umbral, se determina la presencia de humedad.

35 40 Cabe tener en cuenta además que, para cualquiera de las frecuencias, si se establece un umbral por medio de cualquiera de las pruebas "sin humedad" pero un resultado de fase de cualquiera de las pruebas "con humedad" comprende una desviación predefinida con respecto a dicho umbral, por ejemplo, un valor de fase por encima de dicho umbral, se puede determinar un falso negativo. Este es el caso, por ejemplo, de la prueba "con humedad" relacionada con el gráfico 86. En dicha prueba "con humedad", el valor de la fase se encuentra por encima del umbral predefinido. Aparentemente, esto debería indicar la no presencia de humedad, sin embargo, se ha determinado un "falso" negativo. En este caso, se puede aplicar una prueba adicional para determinar la humedad según se ha descrito anteriormente en este documento con referencia a la figura 4b.

45 La figura 5 ilustra un diagrama esquemático de un sistema para detección de humedad aplicado a un proceso de montaje de vehículos con el fin de detectar fugas de agua en el interior del vehículo.

50 A continuación, se describe un ejemplo de uso de un sistema para detección de humedad según se ha descrito anteriormente en este documento (véase la figura 2 y los párrafos que acompañan a esta figura) según la figura 5. Este ejemplo se basa en una cadena de montaje de vehículos, por ejemplo, coches, con el objetivo de detectar fugas de agua de forma automática y no asistida en el interior de los vehículos en la cadena de montaje por medio de una "prueba de sellado".

55 En particular, uno o varios sensores de humedad 10 (que forman parte del sistema para detección de humedad), según se ha descrito anteriormente en este documento, pueden estar ubicados en el interior del vehículo a testear. Dicho sistema para detección de humedad puede medir fugas de agua en el interior del vehículo mientras el vehículo está en movimiento (ya que las "pruebas de sellado o de agua" se realizan actualmente sin detener el vehículo para mediciones). De este modo, el sistema es compatible con los procesos industriales actuales.

60 65 Debido al hecho de que se utilizan los sensores de humedad 10 divulgados anteriormente, la detección se realiza por medio de sensores sin batería de bajo coste (< 10 céntimos de euro) instalados previamente en el interior del vehículo durante el proceso de fabricación. Estos sensores de humedad, tras una "prueba de sellado", son interrogados por uno o más lectores RFID para determinar si se ha producido alguna fuga de agua. El sistema detecta los niveles de humedad que corresponden a una fuga y puede localizar de forma automática su posición sin intervención humana. El sistema avisa al operario de la humedad detectada y de su localización sin necesidad de entrar en el interior del vehículo. Los sensores de humedad se pueden instalar en el interior del vehículo en fabricación. Además, no es necesario que los operarios retiren los sensores de humedad utilizados al final de las tareas de montaje o prueba.

Como se puede ver en la figura 5, se pueden colocar uno o varios sensores de humedad 10, según se han descrito anteriormente, en el interior de un vehículo 40, en lugares en los que es importante comprobar si se ha producido una fuga de agua durante los procedimientos de montaje (por ejemplo, durante una "prueba de sellado o de agua"). Estos sensores de humedad pueden ser colocados ad-hoc por el fabricante del vehículo o entrar en la cadena de montaje integrados con los elementos del vehículo procedentes de diferentes proveedores. En este ejemplo, cada elemento sensor 11,14 de cada sensor de humedad 10 puede comprender una etiqueta RFID, más concretamente, una etiqueta RFID pasiva UHF.

10 Además, un módulo lector 32 según se ha descrito anteriormente en este documento puede comprender dos antenas 41a - 41b. Las antenas apuntan a la línea de montaje y son capaces de recuperar información procedente de los sensores de humedad 10 ubicados en el interior del coche. La posición de las antenas debe permitir la lectura de todos los sensores de humedad del interior del vehículo. El módulo lector es fácilmente integrable en la línea de montaje de producción, por ejemplo, como un arco de antenas, cada una de las cuales está configurada para enviar energía a las etiquetas RFID utilizando ondas de radio frecuencia, enviando peticiones a las etiquetas y recibiendo las señales de respuesta procedentes de las etiquetas.

20 El módulo lector también puede incluir un módulo de radio frecuencia 42 encargado de transformar información en o a partir de ondas de radio frecuencia. Cada antena está conectada al módulo de radio frecuencia 42. El módulo lector también puede incluir un módulo electrónico 43 encargado de transmitir información entre el módulo de radio frecuencia y el módulo de control 32.

25 La conexión entre cada antena y el módulo de radio frecuencia 42 puede ser por cable (por ejemplo, a través de un cable coaxial configurado para transportar señales de radio frecuencia entre la antena y el lector).

30 En este ejemplo, puede haber un único sensor de humedad 10 y un dispositivo de prueba de agua 48 situado en la cadena de montaje. Una primera antena 41b puede estar situada en una posición a contracorriente de la disposición de prueba de agua 48. Una segunda antena 41a puede estar situada en una posición a favor de corriente de la disposición de prueba de agua 48. La cadena de montaje puede estar provista de un mecanismo de transferencia de vehículos (que no se muestra) configurado para desplazar el vehículo desde la primera antena 41a hasta la segunda antena 41 a través de la disposición de prueba de agua. El vehículo se puede desplazar en la dimensión XYZ a lo largo de la cadena de montaje 35 utilizando dicho mecanismo de transferencia de vehículos.

40 A medida que el coche 40 se acerca a la primera antena, la primera antena 41b (y, por lo tanto, el módulo lector) puede empezar a interrogar al elemento que no está protegido contra la humedad y al elemento que está protegido contra la humedad, formando ambos parte del sensor 10. Como resultado, la antena 41b puede recibir una pluralidad de señales de respuesta a medida que el coche se aproxima a la antena 41b, pasa por delante de la antena 41b y es desplazado más lejos de la antena 41b por el mecanismo de transferencia. En particular, la antena 41b puede recibir una pluralidad de señales de respuesta procedentes del elemento sensor que no está protegido contra la humedad y una pluralidad de señales de respuesta procedentes del elemento sensor que está protegido contra la humedad, formando ambos parte del sensor 45 10.

50 En este punto, se pueden generar muestras para cada señal de respuesta recibida de los elementos sensores, según se ha descrito anteriormente en este documento. Por ejemplo, una primera muestra de un sensor de humedad A puede incluir la siguiente información:

$$A_1 := \{\text{Instante}^1_1, \text{EPC}^1_1, \text{RSSI}^1_1, \text{FASE}^1_1, X^1_1, \text{Instante}^1_2, \text{EPC}^1_2, \text{RSSI}^1_2, \text{FASE}^1_2, X^1_2\}$$

en la que 1 se refiere al elemento sensor no protegido 11 y 2 se refiere al elemento sensor protegido 14 del sensor de humedad A. Evidentemente, otras muestras pueden incluir información similar.

55 Para cada conjunto de muestras procedentes de cada sensor A:= {A¹, A², A³, ... Aⁿ} el módulo de control 32 puede considerar la siguiente información:

- la posición de las etiquetas: f_{posición}{A};
- información sobre los valores numéricos RSSI devueltos: f_{RSSI}{A};
- información sobre los valores numéricos de FASE devueltos: f_{FASE}{A};
- información sobre otros valores numéricos recuperados: f_{OTROS}{A}.

60 A continuación, el módulo de control puede seleccionar una señal de respuesta de entre la pluralidad de señales de respuesta recibidas procedentes del elemento sensor que no está protegido contra la humedad, según se ha descrito anteriormente en este documento con referencia a la figura 3a o la figura 3b. De manera similar, el módulo de control puede seleccionar una señal de respuesta de entre la pluralidad de

señales de respuesta recibidas procedentes del elemento sensor que está protegido contra la humedad, según se ha descrito anteriormente en este documento con referencia a la figura 3a o la figura 3b.

- Como resultado, se puede seleccionar la señal de respuesta del elemento sensor que no está protegido contra la humedad y la señal de respuesta del elemento sensor que está protegido contra la humedad, correspondiendo ambas a la posición del sensor de humedad más cercana a la antena 41b, a medida que el sensor se desplaza en la dimensión XYZ a lo largo de la línea de montaje. De este modo, también se obtiene una muestra asociada a las señales de respuesta seleccionadas. Un módulo de control 32 puede recibir la muestra seleccionada y puede determinar la presencia de humedad (antes de la disposición de prueba de agua) según se ha descrito anteriormente:

$$\text{Prueba}(A)=f(f_{\text{posición}}\{A\}, f_{\text{RSSI}}\{A\}, f_{\text{FASE}}\{A\}, f_{\text{OTROS}}\{A\})=\{\text{CON HUMEDAD, SIN HUMEDAD}\}$$

- En particular, la no presencia de humedad se puede determinar según se ha descrito anteriormente en este documento con referencia a las figuras 4a - 4d. En particular, se obtiene un valor numérico relativo a una característica de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que está protegido contra el líquido. También se puede obtener un valor numérico relativo a una característica de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor que no está protegido contra el líquido. A continuación, se puede determinar una diferencia entre el valor numérico obtenido relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que está protegido contra el líquido para alcanzar el valor numérico de la característica y el valor numérico obtenido relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido. Dicha diferencia se puede utilizar para establecer un valor numérico umbral. De este modo, las diferencias por encima o por debajo de dicho umbral (después de la disposición de prueba de agua 48) pueden indicar la presencia de humedad.

Siguiendo el ejemplo, el vehículo se desplaza aún más hacia el dispositivo de prueba de agua 48. Una vez que el vehículo ha superado la prueba de agua 48, se desplaza hacia la segunda antena 41a.

- De manera similar a antes, a medida que el vehículo 40 se acerca a la segunda antena 41a, la segunda antena 41a (y, por lo tanto, el módulo lector) puede empezar a interrogar al elemento que no está protegido contra la humedad y al elemento que está protegido contra la humedad, formando ambos parte del sensor 10. Como resultado, la antena 41a puede recibir una pluralidad de señales de respuesta a medida que el coche es acercado a la antena 41a, pasado por delante de la antena 41a y desplazado más lejos de la antena 41a por el mecanismo de transferencia. En particular, la antena 41a puede recibir una pluralidad de señales de respuesta procedentes del elemento sensor que no está protegido contra la humedad y una pluralidad de señales de respuesta procedentes del elemento sensor que está protegido contra la humedad, formando ambos parte del sensor 10.

- En este punto, se pueden generar muestras para cada señal de respuesta recibida de los elementos sensores que forman parte del sensor 10, según se ha descrito anteriormente en este documento.

- A continuación, el módulo de control puede seleccionar una señal de respuesta de entre la pluralidad de señales de respuesta recibidas procedentes del elemento sensor que no está protegido contra la humedad, según se ha descrito anteriormente en este documento (véanse las figuras 3a - 3b y los párrafos que acompañan a estas figuras). De modo similar, el módulo lector 31 puede seleccionar una señal de respuesta de entre la pluralidad de señales de respuesta recibidas procedentes del elemento sensor que no está protegido contra la humedad (véanse las figuras 3a - 3b y los párrafos que acompañan a estas figuras).

- Como resultado, se puede obtener la señal de respuesta del elemento sensor que no está protegido contra la humedad y la señal de respuesta del elemento sensor que está protegido contra la humedad, correspondiendo ambas a la posición del sensor de humedad más cercana a la antena 41a. De este modo, también se obtiene una muestra asociada a las señales de respuesta seleccionadas. Un módulo de control 32 puede procesar la muestra seleccionada y determinar la presencia de humedad (tras la disposición de prueba) según se ha descrito anteriormente en este documento:

$$\text{Prueba}(A)=f(f_{\text{posición}}\{A\}, f_{\text{RSSI}}\{A\}, f_{\text{FASE}}\{A\}, f_{\text{OTROS}}\{A\})=\{\text{CON HUMEDAD, SIN HUMEDAD}\}$$

- En particular, se puede determinar una diferencia a entre un valor numérico obtenido relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que está protegido contra el líquido para alcanzar el valor numérico de la característica y un valor numérico obtenido relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor que no está protegido contra el líquido, según se ha descrito anteriormente en este documento con referencia a las figuras 4a - 4d. La presencia de humedad se puede determinar en base a dicha diferencia. Por ejemplo, si la diferencia se encuentra por encima o por debajo del umbral de tiempo que se ha establecido previamente, se puede determinar la presencia de humedad.

En algunos ejemplos, se puede realizar de nuevo un procedimiento para detección de humedad utilizando la prueba que se ha descrito con referencia a las figuras 4a - 4d para una mayor precisión.

En resumen, el sistema divulgado para detección de una fuga de agua en una línea de producción de vehículos ofrece las siguientes ventajas que se pueden describir en tres puntos:

- por un lado, una mejora de la automatización reduce los errores debidos a la intervención humana en la cadena de producción, reduciendo también el tiempo de producción y, por lo tanto, costes;
- asimismo, los sensores de humedad se basan en etiquetas RFID disponibles como elementos sensores 11,14, lo que reduce el coste del sensor de humedad;
- por otro lado, la solución basada en estándares permite una mejor integración en la industria (por ejemplo, independencia del proveedor).

El alcance de la presente invención no debe estar limitado por ejemplos particulares, sino que debe determinarse únicamente por medio de las siguientes reivindicaciones.

15

Reivindicaciones

1. Un sistema (30) para detección de humedad que comprende:

- uno o más sensores de humedad (10) que comprenden:

5 • al menos un elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido, en el que el elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido comprende:

- una primera etiqueta RFID que incluye al menos una antena (12), y

10 - un elemento (13) hecho de un material absorbente de líquido, en el que el material absorbente de líquido está configurado para absorber líquido y llevarlo hacia la antena de la primera etiqueta RFID de tal manera que, cuando el líquido está en contacto con la antena de la primera etiqueta RFID, se modifica la intensidad y/o la fase de una señal de respuesta de la antena;

15 • al menos un elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido, comprendiendo el elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido al menos una antena (15) y un elemento (16) hecho de un material a prueba de líquidos,

20 - un módulo de control (32) que comprende un módulo lector (31), en el que el módulo lector (31) está configurado para recibir una pluralidad de señales de respuesta procedentes del elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido y recibir una pluralidad de señales de respuesta procedentes del elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido, caracterizado por el hecho de que el módulo de control está configurado para:

25 • recibir una pluralidad de señales de respuesta del elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido, en el que las señales de respuesta del elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido comprenden una característica, en el que la característica de cada señal de respuesta recibida es la misma característica;

30 • seleccionar una señal de respuesta de entre la pluralidad de señales de respuesta recibidas del elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido en base a la característica de las señales de respuesta, de modo que la señal de respuesta seleccionada corresponde a un valor máximo de la característica de la señal de respuesta seleccionada con respecto al valor de la característica de todas o algunas de las otras señales de respuesta recibidas;

35 • recibir una pluralidad de señales de respuesta del elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido, en el que las señales de respuesta del elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido comprenden una característica que es la misma característica que la característica de las señales de respuesta recibidas del elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido;

40 • seleccionar una señal de respuesta de entre la pluralidad de señales de respuesta recibidas del elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido en base a la característica de las señales de respuesta, de modo que la señal de respuesta seleccionada corresponde a un valor máximo de la característica de la señal de respuesta seleccionada con respecto al valor de la característica de todas o algunas de las otras señales de respuesta recibidas;

45 • obtener un valor numérico relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido;

50 • obtener un valor numérico relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido;

55 • determinar una diferencia entre el valor numérico obtenido relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido y el valor numérico obtenido relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido;

60 • determinar la detección de humedad si la diferencia determinada se encuentra por encima o por debajo de un umbral.

2. Un sistema (30) según la reivindicación 1, en el que la característica de las señales de respuesta recibidas comprende:

- la intensidad de la señal (100a, 100b); o
- la fase de la señal (101a, 101b).

3. Un sistema (30) según la reivindicación 2, en el que el valor numérico relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido y el valor numérico relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido comprenden:

55 - la intensidad de la señal (100a, 100b) cuando la característica de la respuesta seleccionada es la intensidad de la señal; o

60 - la fase de la señal (101a, 101b) cuando la característica de la señal de respuesta seleccionada es la fase de la señal.

4. Un sistema (30) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 2, en el que la obtención de un valor numérico relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido comprende

- obtener el tiempo empleado por la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido para alcanzar el valor numérico de la característica,
- 5 en el que la obtención de un valor numérico relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido comprende
- obtener un tiempo empleado por la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido para alcanzar el valor numérico de la característica,
- 10 en el que determinar una diferencia entre el valor numérico obtenido relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido y el valor numérico obtenido relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido comprende
- determinar una diferencia de tiempo entre el tiempo empleado por la característica de la señal de respuesta procedente del elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido para alcanzar el valor numérico de la característica y el tiempo empleado por la característica de la señal de respuesta procedente del elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido para alcanzar el valor numérico de la característica,
- 15 en el que determinar la detección de humedad si la diferencia determinada se encuentra por encima o por debajo de un umbral comprende
- 20 - determinar la detección de humedad si la diferencia de tiempo determinada se encuentra por encima o por debajo de un umbral de tiempo.
5. Un sistema (30) según una cualquiera de las reivindicaciones 2 - 3 y 4 cuando dependen de la reivindicación 2, en el que seleccionar una señal de respuesta de entre la pluralidad de señales de respuesta recibidas del elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido en base a la intensidad de las señales de respuesta (100a) comprende:
- 25 comparar la intensidad de toda la pluralidad de señales de respuesta recibidas de modo que se selecciona una señal de respuesta que corresponde a un valor numérico de intensidad de señal máxima.
- 30 6. Un sistema (30) según una cualquiera de las reivindicaciones 2 - 3, 4 cuando dependen de las reivindicaciones 2 y 5, en el que seleccionar una señal de respuesta de entre la pluralidad de señales de respuesta recibidas del elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido en base a la intensidad de las señales de respuesta (100b) comprende:
- 35 comparar la intensidad de toda la pluralidad de señales de respuesta recibidas de modo que se selecciona una señal de respuesta que corresponde a un valor numérico de intensidad de señal máxima.
7. Un sistema (30) según una cualquiera de las reivindicaciones 2 - 3 y 4 cuando dependen de la reivindicación 2, en el que seleccionar una señal de respuesta de entre la pluralidad de señales de respuesta recibidas del elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido en base a la fase de las señales de respuesta (101a) comprende:
- 40 identificar una pendiente de aumento de la fase de algunas de las señales de respuesta recibidas, en el que la pendiente comprende las algunas de las señales de respuesta recibidas cuya fase aumenta desde una fase inicial hasta una fase máxima durante un primer período de tiempo,
- 45 identificar una pendiente de disminución de la fase de algunas de las señales de respuesta recibidas, en el que la pendiente comprende las algunas de las señales de respuesta recibidas cuya fase disminuye desde la fase máxima hasta la fase inicial durante un segundo período de tiempo, en el que el final del primer período de tiempo y el inicio del segundo período de tiempo son el mismo,
- 50 seleccionar una señal de respuesta que corresponde a la fase máxima.
- 55 8. Un sistema (30) según una cualquiera de las reivindicaciones 2 - 3, 4 cuando dependen de las reivindicaciones 2 y 7, en el que seleccionar una señal de respuesta de entre la pluralidad de señales de respuesta recibidas del elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido en base a la fase de cada señal de respuesta (101b) comprende:
- identificar una pendiente de aumento de la fase de algunas de las señales de respuesta recibidas, en el que la pendiente comprende las algunas de las señales de respuesta recibidas cuya fase aumenta desde una fase inicial hasta una fase máxima durante un primer período de tiempo,
- 60 identificar una pendiente de disminución de la fase de algunas de las señales de respuesta recibidas, en el que la pendiente comprende las algunas de las señales de respuesta recibidas cuya fase disminuye desde la fase máxima hasta la fase inicial durante un segundo período de tiempo, en el que el final del primer período de tiempo y el inicio del segundo período de tiempo son el mismo,
- seleccionar una señal de respuesta que corresponde a la fase máxima.
9. Un sistema (30) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 8, en el que el elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido y el elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido están colocados cercanos entre sí a una distancia de entre 0,01 centímetros y 30 centímetros, preferiblemente de entre 0,1 centímetros y 5 centímetros.

10. Un procedimiento de detección de humedad ejecutable por un módulo de control (32) comprendido en un sistema (30) de detección de humedad según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 9, caracterizado por el hecho de que el procedimiento comprende:

- recibir una pluralidad de señales de respuesta del elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido, en el que las señales de respuesta del sensor que no está protegido contra el líquido comprenden una característica, en el que la característica de cada señal de respuesta recibida es la misma característica;

- 5 - seleccionar una señal de respuesta de entre la pluralidad de señales de respuesta recibidas del elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido en base a la característica de las señales de respuesta, de modo que la señal de respuesta seleccionada corresponde a un valor máximo de la característica de la señal de respuesta seleccionada con respecto al valor de la característica de todas o algunas de las otras señales de respuesta recibidas;
- 10 - recibir una pluralidad de señales de respuesta del elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido, en el que las señales de respuesta del elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido comprenden una característica que es la misma característica que la característica de las señales de respuesta recibidas del elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido;

- 15 - seleccionar una señal de respuesta de entre la pluralidad de señales de respuesta recibidas del elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido en base a la característica de las señales de respuesta, de modo que la señal de respuesta seleccionada corresponde a un valor máximo de la característica de la señal de respuesta seleccionada con respecto al valor de la característica de todas o algunas de las otras señales de respuesta recibidas;
- 20 - obtener un valor numérico relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido;

- 25 - obtener un valor numérico relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada del elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido;
- 30 - determinar una diferencia entre el valor numérico obtenido relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido y el valor numérico obtenido relativo a la característica de la señal de respuesta seleccionada procedente del elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido;
- 35 - determinar la detección de humedad si la diferencia determinada se encuentra por encima o por debajo de un umbral.

11. Un procedimiento según la reivindicación 10, en el que la característica de la señal de respuesta comprende:

- la intensidad de la señal (100a, 100b); o
- la fase de la señal (101a, 101b).

12. Un procedimiento según la reivindicación 11, en el que la selección de una señal de respuesta de entre la pluralidad de señales de respuesta recibidas del elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido en base a la intensidad de las señales de respuesta comprende (100a):

- 40 comparar el valor de intensidad de todas las señales de respuesta recibidas de modo que se selecciona una señal de respuesta que corresponde a un valor máximo de intensidad de señal.

13. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 11 - 12, en el que la selección de una señal de respuesta de entre la pluralidad de señales de respuesta recibidas del elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido en base a la intensidad de las señales de respuesta (100b) comprende:

- 45 comparar el valor de intensidad de todas las señales de respuesta recibidas de modo que se selecciona una señal de respuesta que corresponde a un valor máximo de intensidad de señal.

14. Un procedimiento según la reivindicación 11, en el que la selección de una señal de respuesta de entre la pluralidad de señales de respuesta recibidas del elemento sensor (11) que no está protegido contra el líquido en base a la fase de las señales de respuesta (101a) comprende:

- 50 identificar una pendiente de aumento de la fase de algunas de las señales de respuesta recibidas, en el que la pendiente comprende las algunas de las señales de respuesta recibidas cuya fase aumenta desde una fase inicial hasta una fase máxima durante un primer período de tiempo,

- 55 identificar una pendiente de disminución de la fase de algunas de las señales de respuesta recibidas, en el que la pendiente comprende las algunas de las señales de respuesta recibidas cuya fase disminuye desde la fase máxima hasta la fase inicial durante un segundo período de tiempo, en el que el final del primer período de tiempo y el inicio del segundo período de tiempo son el mismo,
- 60 seleccionar una señal de respuesta que corresponde a la fase máxima.

15. Un procedimiento según la reivindicación 11 o 14, en el que la selección de una señal de respuesta de entre la pluralidad de señales de respuesta recibidas del elemento sensor (14) que está protegido contra el líquido en base a la fase de cada señal de respuesta (101b) comprende:

- 65 identificar una pendiente de aumento de la fase de algunas de las señales de respuesta recibidas, en el que la pendiente comprende las algunas de las señales de respuesta recibidas cuya fase aumenta desde una fase inicial hasta una fase máxima durante un primer período de tiempo,

ES 3 014 769 T3

identificar una pendiente de disminución de la fase de algunas de las señales de respuesta recibidas, en el que la pendiente comprende las algunas de las señales de respuesta recibidas cuya fase disminuye desde la fase máxima hasta la fase inicial durante un segundo periodo de tiempo, en el que el final del primer periodo de tiempo y el inicio del segundo periodo de tiempo son el mismo,

- 5 seleccionar una señal de respuesta que corresponde a la fase máxima.

FIG.1

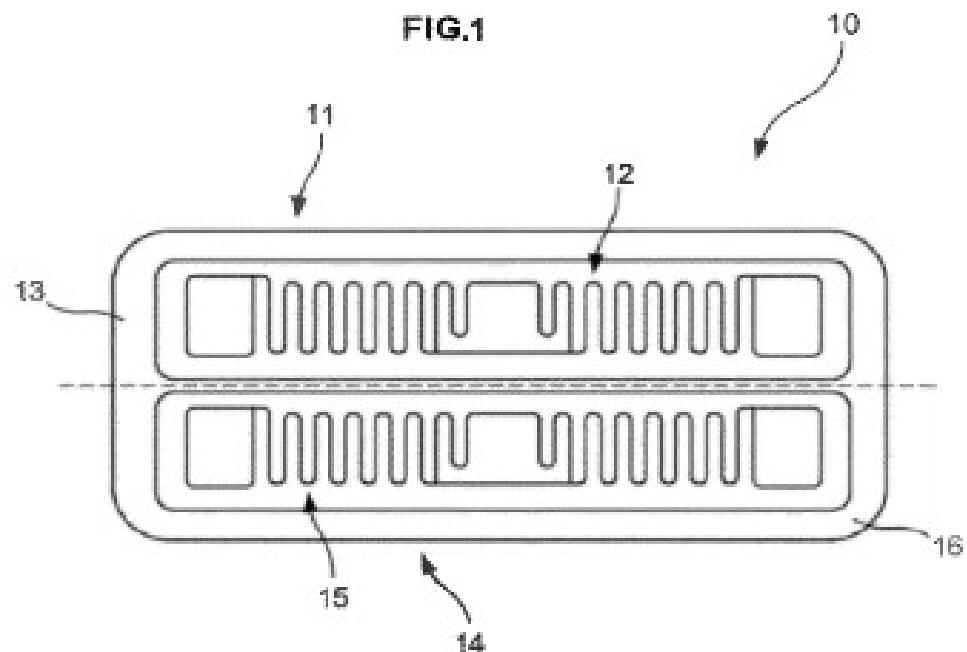
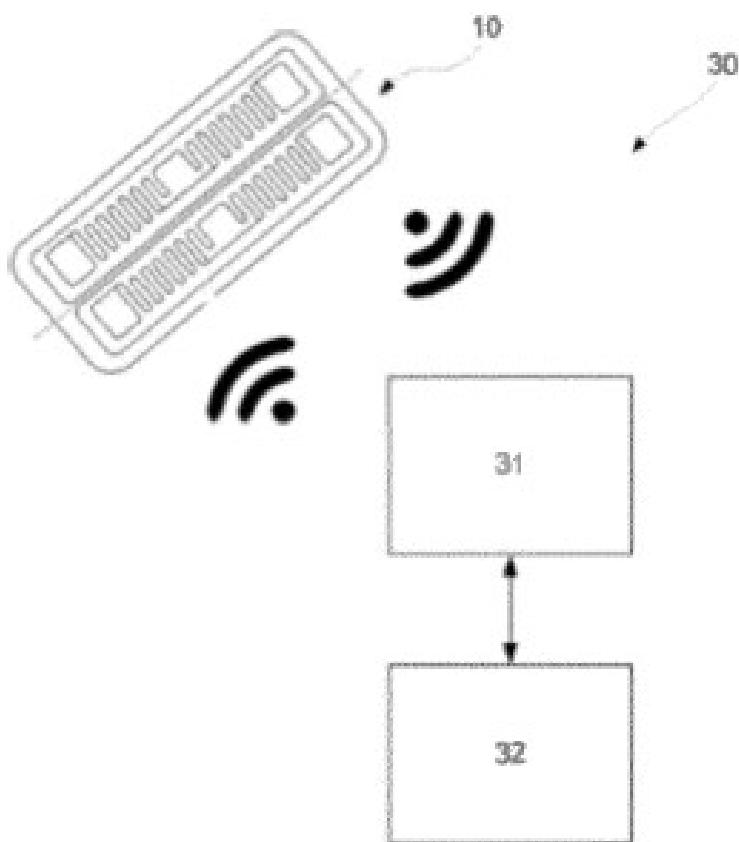


Fig. 2



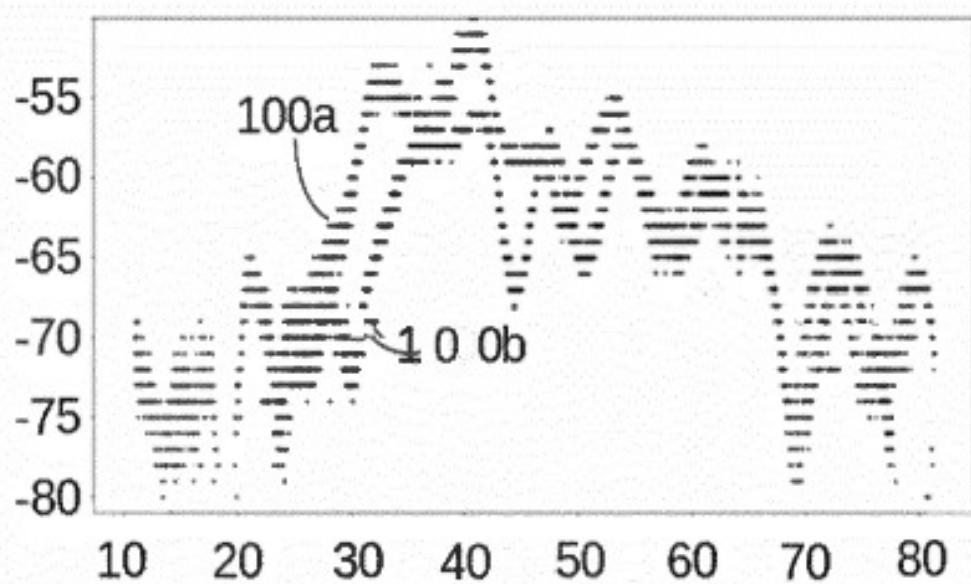


Fig. 3a

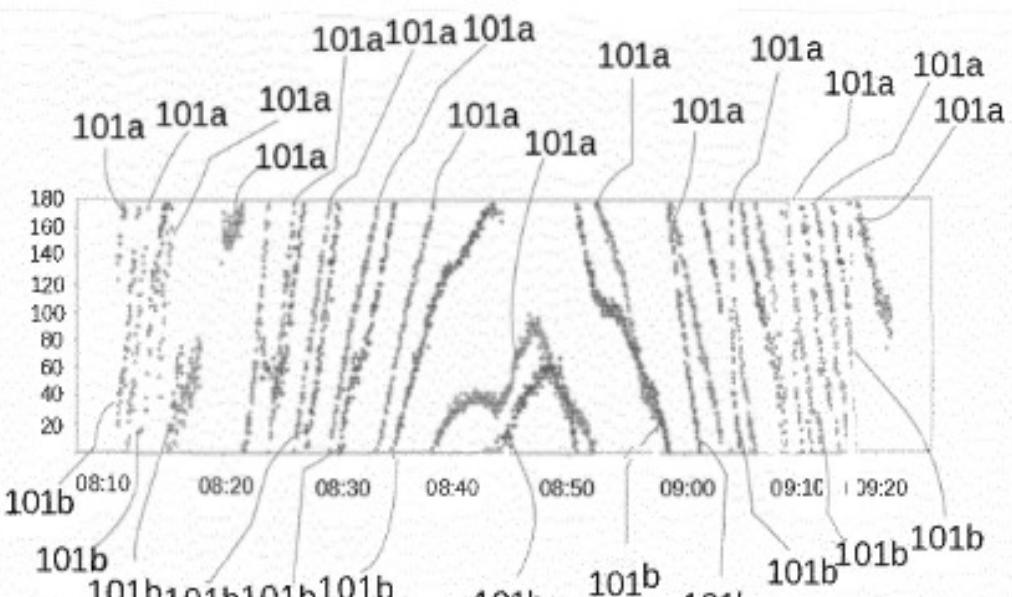


Fig. 3b

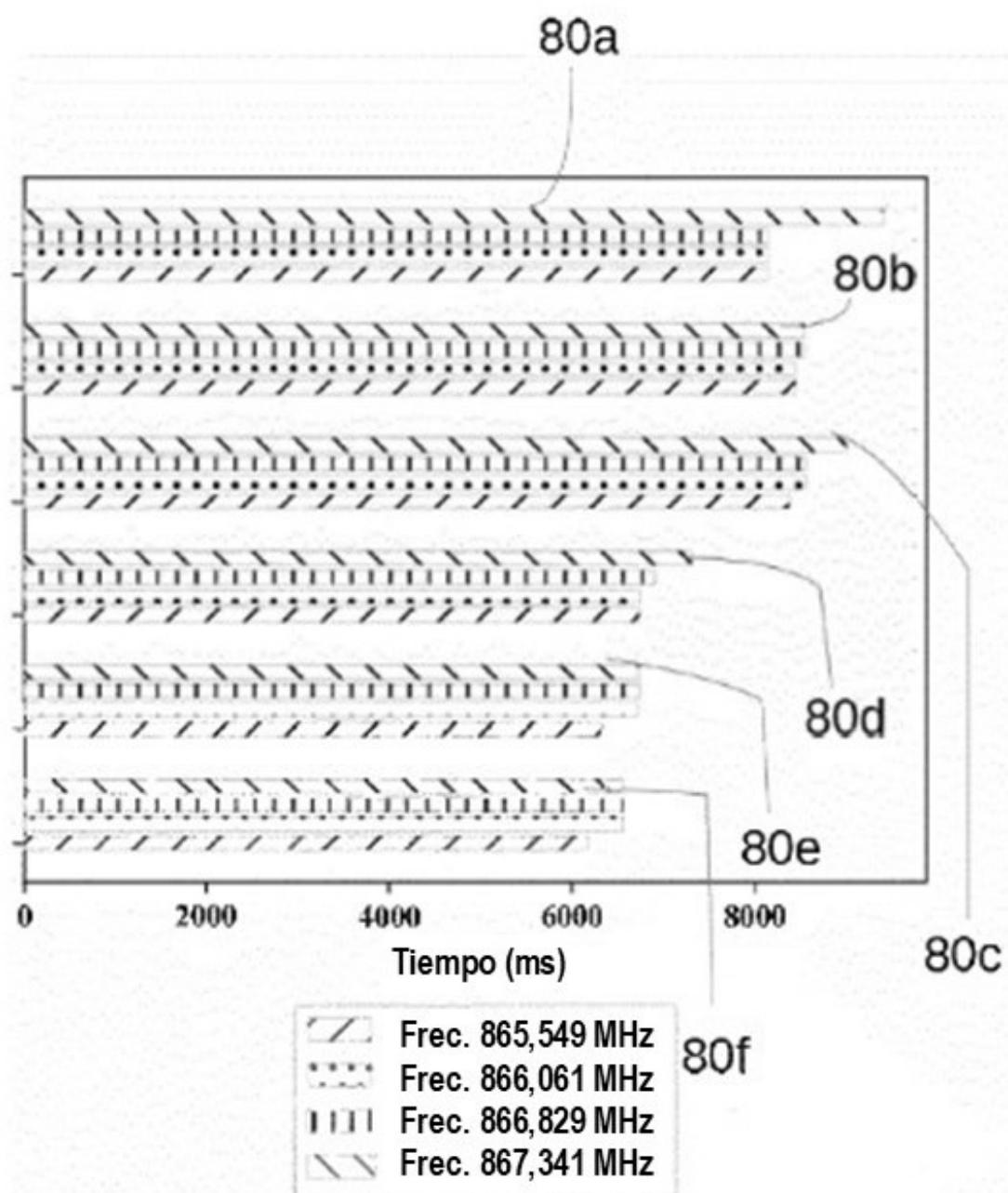


Fig. 4a

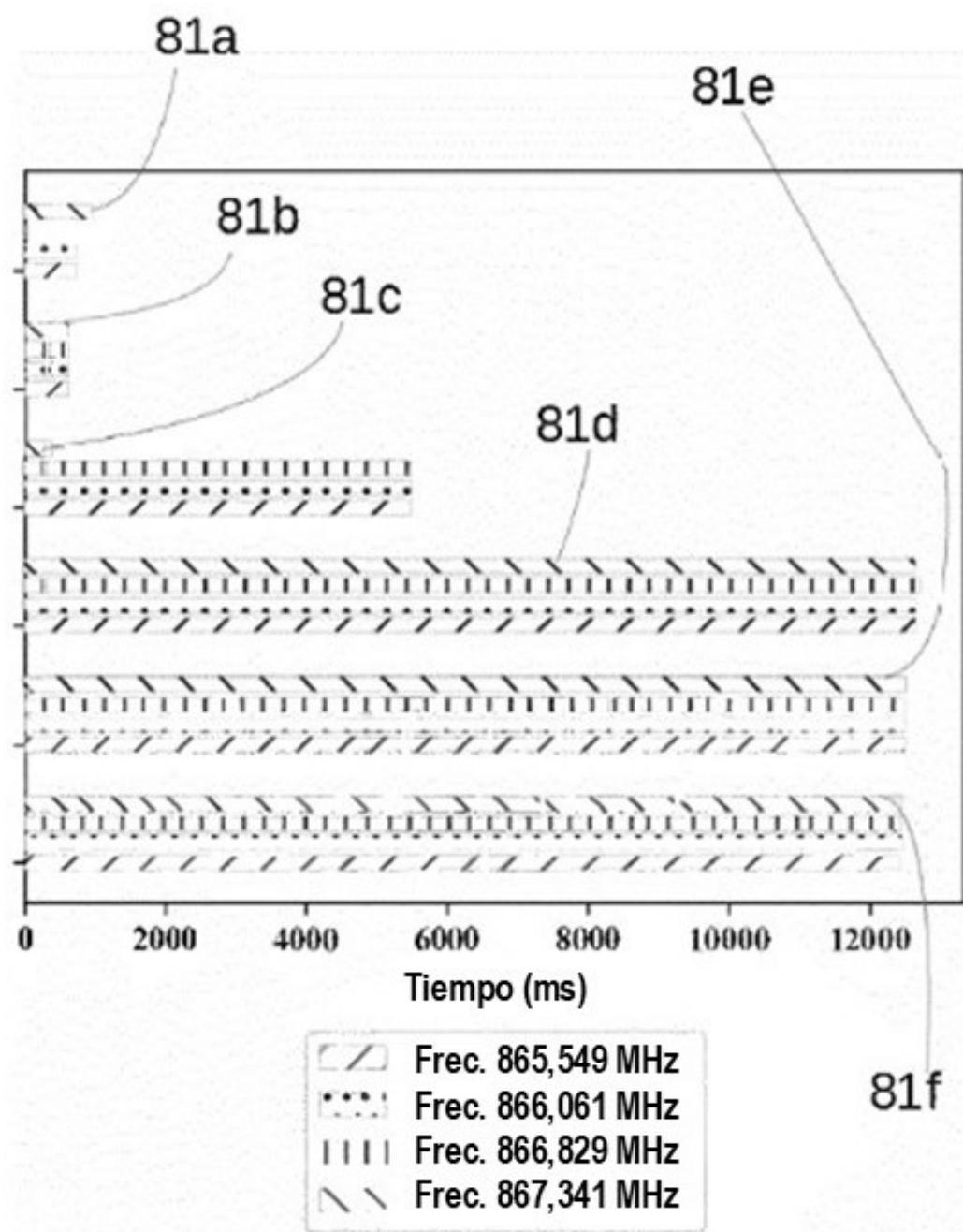


Fig. 4b

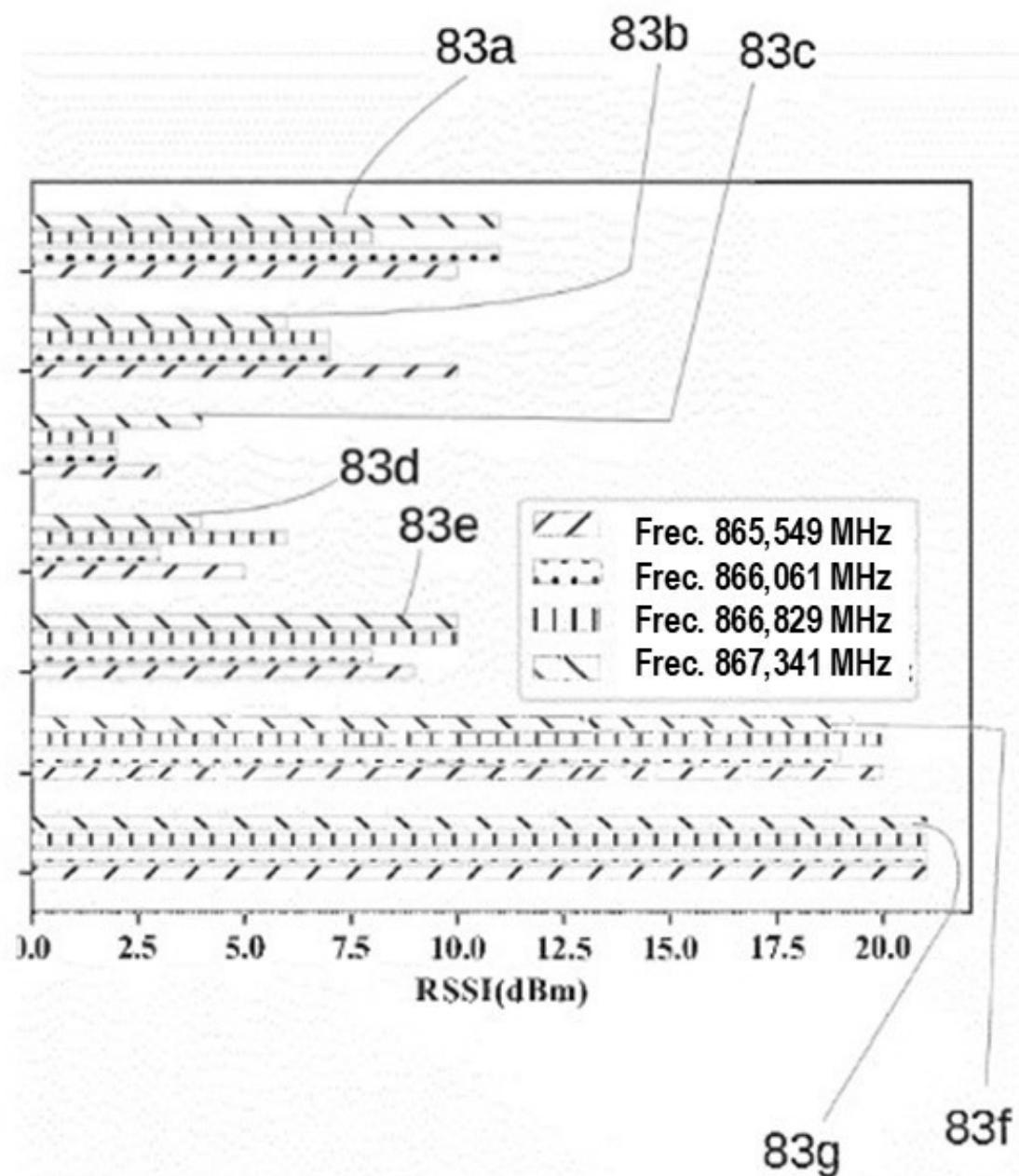


Fig. 4c

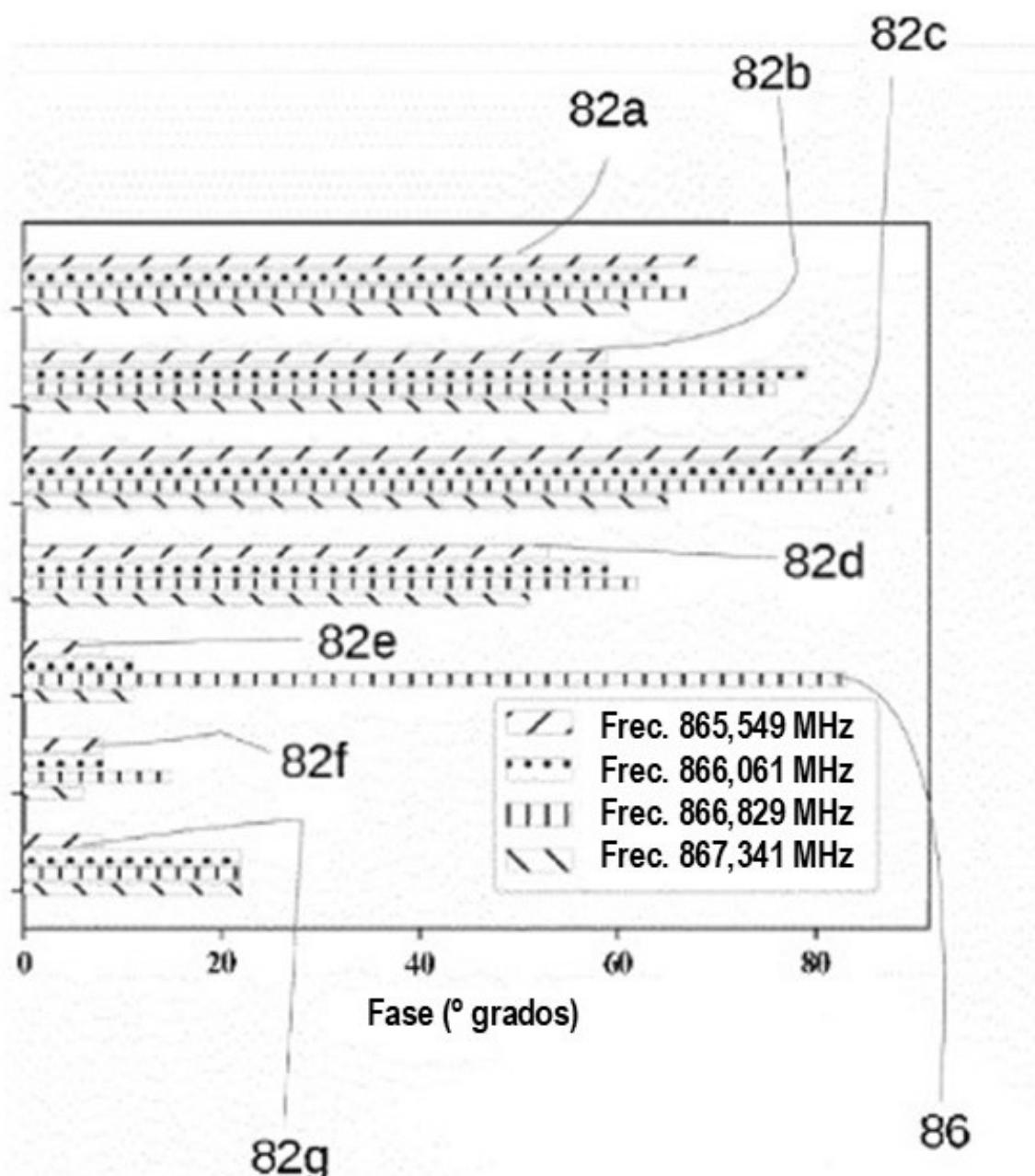


Fig. 4d

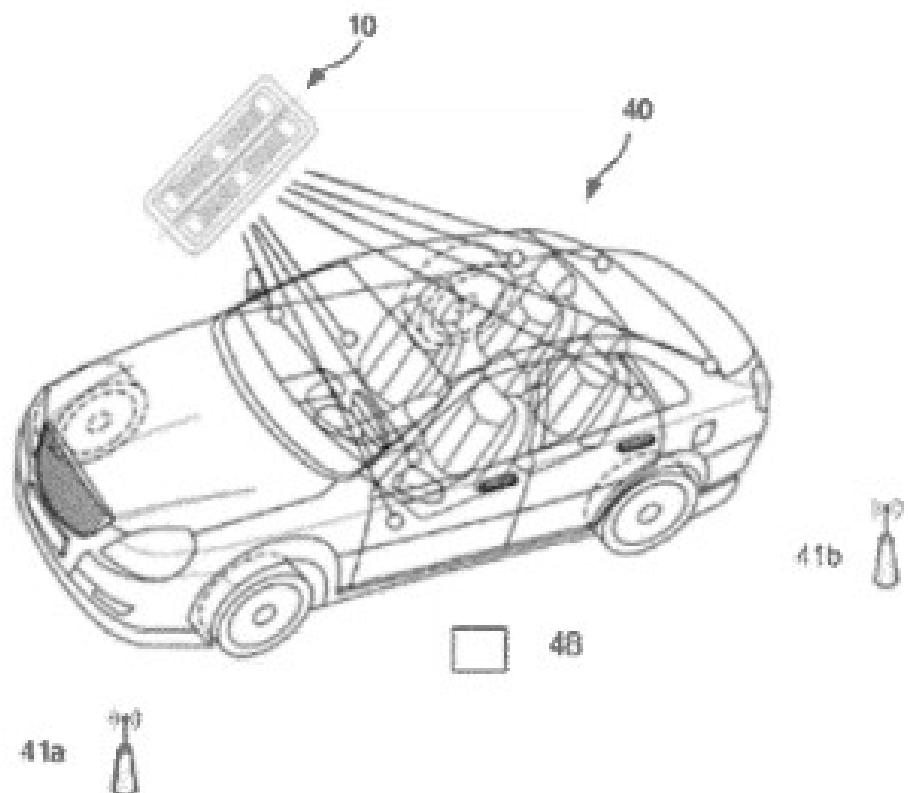


Fig. 5