

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 436 699**

21 Número de solicitud: 201200696

51 Int. Cl.:

B60K 28/06 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

29.06.2012

43 Fecha de publicación de la solicitud:

03.01.2014

71 Solicitantes:

BARNOSELL MORERA, Nil (33.3%)

Verdi 250 1, 4

08024 Barcelona ES;

SANZ MONFORT, Manuel (33.3%) y

VILOCA AMAT, Ricard (33.3%)

72 Inventor/es:

BARNOSELL MORERA, Nil;

SANZ MONFORT, Manuel;

VILOCA AMAT, Ricard y

TWOSE BARNOSELL, Guillermo

74 Agente/Representante:

BATALLA FARRÉ, Enrique

54 Título: **Sistema de detección de somnolencia o distracción del conductor de un vehículo automóvil**

57 Resumen:

Sistema de detección de somnolencia o distracción del conductor de un vehículo automóvil. Comprende una cámara óptica (1) de captura del ojo del conductor y su contorno, una cámara térmica (2) para la medición de la temperatura del ojo, un detector de CO₂, y un sensor de temperatura ambiente, integrados en el retrovisor del automóvil y conectados a un computador (3) con un programa (31) para detectar el cierre de un ojo, producir una señal de "ojo ausente" (6) cuando se detecta el cierre del ojo o que el ojo está ausente de la zona de enfoque, y para medir un tiempo en que la el ojo permanece cerrado o fuera de la zona de enfoque. Un dispositivo lógico (4) produce una señal de alarma y al menos una respuesta física en el automóvil, cuando dicha temperatura del ojo está fuera de un rango de temperaturas predeterminado o dicho tiempo medido es igual o superior a un tiempo umbral (T_u), el cual es hecho depender de la velocidad del vehículo.

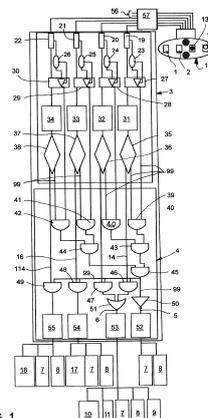


FIG. 1

DESCRIPCION

“Sistema de detección de somnolencia o distracción del conductor de un vehículo automóvil”

5

Sector técnico de la invención

La presente invención se refiere a un sistema de detección de somnolencia o distracción del conductor de un vehículo automóvil, del tipo de los que comprenden al menos una cámara óptica que captura del ojo del conductor y su contorno, enfocando una zona determinada del rostro, conectada a un computador que está implementado con un software de detección y un algoritmo adaptado para detectar el cierre de un ojo, producir una señal de “ojo ausente” cuando se detecta el cierre del ojo o que el ojo está ausente de la zona de enfoque, y para medir un tiempo en que la el ojo permanece cerrado o fuera de la zona de enfoque. Y al menos un sensor no óptico detector de los causantes de la fatiga en el conductor.

15

Antecedentes de la invención

Es sabido que el sueño es una de las principales causas de accidentes en automoción, cifrada según las fuentes entre el 25 y el 35%. Son conocidas numerosas realizaciones de dispositivos para la detección de la somnolencia de los conductores de vehículos automóviles y avisar de tal circunstancia, pero aún hoy en día se sigue investigando y desarrollando mucho en este terreno de la prevención del sueño..

20

En el estado de la técnica actual se conocen muchas realizaciones concretas de sistemas de detección de sueño y somnolencia en vehículos automóviles, que utilizan diferentes tecnologías, diferenciables en tres grandes sistemas.

25

Existen sistemas basados en análisis de señales mecánicas, que utilizan la detección y análisis del movimiento del volante, su velocidad angular y pulsos fisiológicos. Entre los sistemas conocidos cabe citar los descritos en las patentes US4581607, GB2383176, DE1009140, DE102009019194, FR2933646, CZ300170, WO2005124713 y WO2007031904.

30

Otros sistemas analizan la presión de agarre sobre el volante y el momento aplicado por el conductor sobre el volante, tales como los descritos en los documentos GB2346998, GB2366062, US2003141978, US6590499, ES2012847, DE102009047323 y US6265978.

5

Existen también tecnologías basadas en la detección del pulso y frecuencia cardíacos, tales como por ejemplo las descritas en las patentes DE4400207, DE102004036119 y US2009326399. En el artículo de “Sistema detector de fatiga en la conducción” (J.L. García, E. Rogado, R. Barea, L.M. Bergasa, E. López, M. Ocaña, D. Schleicher, WAF08, Vigo, Spain (2008)).se describe un método para la adquisición y el procesamiento de estas variables así como un algoritmo para la detección de latidos y el cálculo del HRV teniendo en cuenta la presión con la que se agarra el volante así como la temperatura en la cabina y el exterior.

10
15 Otro grupo de soluciones son las que analizan el comportamiento del conductor, detectando anomalías o reacciones anormales con respecto a su comportamiento habitual. Por ejemplo, las patentes EP1701290 y DE102004047136.

Otro grupo de tecnologías se basan en captar y analizar la temperatura corporal, tales como las DE102005001230 (temperaturas de los dedos), US5689241 y GB2375645.

Y, por último, un grupo más numeroso es el de sistemas que emplean técnicas de análisis y monitorización del ojo del conductor: posición del ojo, movimiento de los párpados, etc. Son ejemplos de tales tecnologías las descritas en los documentos FR2784887, DE102004009955, US2011284304, US2010214105, ES2308939, FR2773521, CN101599207, CN101872419, WO2011050734, WO9936893 y EP1867281. En concreto, la EP2314207 describe un sistema que utiliza el análisis del parpadeo y de la temperatura facial.

25
30

En concreto, la patente europea EP1867281A1, de Delphi Tech, Inc., describe un sistema de monitorización del ojo que hace un seguimiento del movimiento de un ojo, y que incluye los pasos de detectar la existencia de un elemento vecino alrede-

dor del ojo durante un determinado tiempo y formar un contorno para este elemento vecino. Se analizan unos "candidatos a ojo" y se determina si estos candidatos caen fuera del contorno definido por el elemento vecino.

- 5 El documento FR2773521A da a conocer un procedimiento y dispositivo para detectar y prevenir la somnolencia del conductor de un vehículo automóvil. El dispositivo de monitorización y alarma tiene un detector de vídeo opto-electrónico y un módulo electrónico instalados en el interior del espejo retrovisor interior, con el detector inmediatamente detrás del cristal del espejo sin plateado. La imagen de la cara del conductor/a es escaneado para localizar a los ojos, y se controla la tasa de parpadeo mediante un algoritmo de reconocimiento particular. Si esta cae por debajo de un umbral predeterminado se activa una alarma.

15 El algoritmo de reconocimiento requiere un ajuste muy fino del eje del detector de vídeo (cámara) y obliga a proveer un sistema mecánico automático de alineación, basado por ejemplo en un cardan o similar en el interior del retrovisor, lo cual complica la instalación y el software asociado.

20 El documento US5689241 (A) describe un aparato para la detección del sueño y alertar un conductor que usa un mecanismo de control óptico auto centrado con capacidad de hacer zoom, y un sensor de temperatura que analiza la zona de la boca y la nariz. En este documento el aparato se describe como un artefacto independiente opcional y no se concreta dónde debería estar el artefacto. El sensor de temperatura es una cámara térmica para detectar la temperatura de la nariz y la boca, con el fin de que en caso de fatiga ésta se reduzca y se pueda detectar.

30 Cabe citar también el documento US2010214105A1, "Método para detectar la somnolencia de un operador de vehículo", en la que, ya que a diferencia de EP1867281, incorpora información detallada de nuevas "formas" con las que se podría detectar la fatiga en el rostro del conductor (ángulo de la cabeza), además, establece un tiempo de monitoreo y una respuesta que despierte o alerte al conductor en caso de sopor o somnolencia. Sin embargo, no se indica dónde se debe disponer la cámara que se va a usar para detectar esta fatiga, así como tampoco justifica el tiempo de

monitoreo y aviso. Se proveen métodos para determinar los niveles de fatiga del conductor, pero no se proporcionan formas de aplicarlo para la seguridad vial y la conducción. Esta patente da algunos detalles sobre sistema de detección del ojo, así como algoritmos ya existentes que son usados para detectar la fatiga, el ojo cerrado o la cabeza inclinada.

Un inconveniente es que al conductor no se le permite girar ni inclinar la cabeza más allá de un determinado lapso de tiempo, pues el sistema interpreta que se produce somnolencia.

En definitiva, los sistemas conocidos de detección de fatiga adolecen de alguno o varios de los inconvenientes siguientes:

- la producción de la señal de alarma se produce inmediatamente producida la señal de somnolencia, o una vez transcurrido un periodo de tiempo fijo, independientemente de la velocidad del automóvil, y por lo tanto de la distancia recorrida durante el tiempo de somnolencia, lo cual puede dar lugar a “falsos positivos”;
- requieren una gran precisión en la alineación del eje de la cámara con el ojo, por lo que, para ser fiables, precisan de dispositivos que aseguren la precisión, lo cual encarece y complica el conjunto;
- por lo general, son sistemas deductivos, que tienden a determinar un estado de somnolencia o fatiga una vez que éste se ha producido; y
- los inventores no conocen ningún sistema conocido en el estado de la técnica, que permita realizar la detección de somnolencia durante la noche.

La presente invención tiene por finalidad un sistema de detección de somnolencia que de solución conjunta a los anteriores inconvenientes, proporcione un sistema

- fiable y seguro, sin necesidad de complicar los alineamientos de las cámaras;
- que no proporcione falsos positivos;
- predictivo de la producción de situaciones de somnolencia;

- que permita detectar somnolencia durante trayectos nocturnos;
- susceptible de ser incorporado de serie en los vehículos automóviles; y
- que sea económico.

5 **Explicación de la invención**

A tal finalidad, el objeto de la presente invención es un sistema de detección de somnolencia o distracción de un conductor de un vehículo automóvil, del tipo citado al inicio, que en su esencia se caracteriza por comprender además:

10

- al menos una cámara térmica para la medición de la temperatura del ojo y contornos del conductor; y
- un dispositivo lógico para producir una señal de alarma y al menos una res-
15 puesta física en el automóvil, seleccionada de entre: una alarma acústica, una alarma visual interior, el encendido de los intermitentes, la desaceleración del vehículo y el endurecimiento de la dirección, cuando se produce al menos una de las siguientes circunstancias:

20

dicho tiempo medido es igual o superior a un tiempo umbral, ó

dicha temperatura del ojo está fuera de un rango de temperaturas prede-
terminado

25

Según otra característica muy importante de la presente invención, las cámaras están integradas en un retrovisor del vehículo automóvil. Preferiblemente las cámaras estarán dispuestas en el espejo retrovisor interno, aunque también pueden inte-
grarse en los retrovisores exteriores, o en ambos a la vez, como medida de redun-
dancia de medios de seguridad. De esta manera pueden definirse diferentes zonas
30 de enfoque que pueden tratarse de manera redundante o alternativa para generar la señal de "ojo ausente". Los espejos retrovisores son lugares a los que el conduc-
tor dirige la mirada con asiduidad, a partir de la cual se puede determinar un tiempo umbral de seguridad determinado para el sistema, cuya superación indicará la exis-
tencia de somnolencia o distracción.

La señal de "ojo ausente" tanto cuando se detecta el cierre del párpado, o sea cuando se cierra el ojo, como cuando se detecta que el ojo se encuentra fuera de la zona de enfoque de la cámara o cámaras ópticas, lo cual puede ser significativo de una "cabezada" del conductor, o una desatención significativa en su labor de conducción.

De acuerdo con la invención, este tiempo umbral puede ser determinado de manera que disminuye cuando la velocidad del vehículo aumenta.

Este tiempo umbral es calculado como el tiempo necesario para que el automóvil recorra una distancia fijada desde el momento en que se ha producido la señal de "ojo ausente".

Preferentemente, la distancia fijada recorrida por el automóvil desde el momento en que se ha producido la señal de "ojo ausente" está comprendido entre 45 y 70 m, preferiblemente 50 m.

Según una característica de la invención, el tiempo umbral es calculado como:

$$T_u = a \cdot \ln(V) + b, \quad (1)$$

siendo "T_u" el tiempo umbral, "V" la velocidad del automóvil, y "a", "b" dos constantes que dependen de las unidades empleadas.

En concreto, la fórmula preferida es

$$T_u = - 5,718 \cdot \ln(V) + 20,357, \quad (1')$$

estando "T_u" expresado en metros y estando "V" expresado en km/h.

De acuerdo con un modo de realización preferido, el sistema comprende además una sonda de temperatura ambiente del interior del vehículo, que envía la tempera-

tura detectada a dicho computador, y porque dicho algoritmo está adaptado para generar una señal de “exceso de temperatura” cuando la temperatura detectada es igual o superior a valor máximo predeterminado de temperatura ambiente, de tal manera que cuando se genera la señal de “exceso de temperatura”, el sistema provoca que se baje al menos una ventanilla del vehículo automóvil.

De acuerdo con otro modo de realización preferido, el sistema comprende además un sensor de la concentración de CO₂ en el aire del habitáculo del vehículo, que envía el valor de la concentración de CO₂ detectado a dicho computador, y porque dicho algoritmo está adaptado para generar dicha señal de “exceso de CO₂” cuando dicho valor de concentración es igual o superior a un valor máximo predeterminado de concentración, de manera que cuando se genera la señal de “exceso de CO₂”, el sistema provoca que se baje al menos una ventanilla del vehículo automóvil.

La fórmula aplicada (1), (1'), permite el cálculo constante y en tiempo real del tiempo de distracción en función de la velocidad, lo que permite al conductor realizar movimientos o acciones sin que se produzcan “falsos positivos”, por ejemplo poder mover la cabeza cuando va a 20 km/h en una ciudad buscando una calle, o mirar hacia otro lado durante 5 o 7 segundos cuando viaja a 50 km/h.

La ventaja de la cámara térmica es que permite captar el ojo durante los trayectos nocturnos. De lo contrario, una cámara óptica no podría hacerlo. Es de primera necesidad disponer una cámara térmica, sino hay cámara térmica el uso del sistema de la invención se vería mermado durante las horas nocturnas.

Además, con el fin de no desperdiciar su utilidad, la cámara térmica también se encontrará conectada durante el día, si bien quedando en un segundo plazo ante la óptica, ofrecerá un soporte a la recepción.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se hará la descripción detallada de un modo de realización preferido, aunque no exclusivo, del sistema de la presente invención, para cuya mejor

comprensión de acompaña de unos dibujos, dados meramente a título de ejemplo ilustrativo no limitativo, en los cuales:

la Fig. 1 es un diagrama de bloques que ilustra el modo de realización preferido del sistema de detección de somnolencia o distracción de un conductor de un vehículo automóvil según la invención; y

la Fig. 2 es una gráfica que ilustra la fórmula 1 para el cálculo del tiempo umbral en función de la velocidad.

10

Descripción de un modo de realización de la invención

En dichos dibujos puede verse que el sistema de detección de somnolencia o distracción de un conductor de un vehículo automóvil, integra los siguientes elementos:

15

- una o varias cámaras óptica 1 de captura del ojo del conductor y su contorno;
- una o varias cámaras térmicas 2 para la medición de la temperatura del ojo del conductor;
- una sonda de temperatura ambiente 15 del interior del vehículo;
- un sensor de la concentración de CO₂ 13 en el aire del habitáculo del vehículo;
- un computador 3 al que se introducen las señales de entrada de los anteriores cámaras 1 y 2, sonda 15 y sensor 13 a través de respectivas capturadoras 19, 20, 21 y 22;
- un algoritmo 5 del computador 3 que determina si las señales y las mediciones son válidas y analiza los valores medidos;
- y un dispositivo lógico 4 del computador que analiza las salidas de los anteriores cámaras, sonda y sensor, procedentes del algoritmo 5, para producir al menos una señal de alarma y una respuesta física en el automóvil.

25

30

Las cámaras óptica 1 y térmica 2 están integradas en uno o varios de los retrovisores 12 del vehículo automóvil.

La cámara óptica 1 enfoca una zona de enfoque determinada, conectada a un computador que está implementado con un algoritmo 5 adaptado para detectar el cierre de un ojo, producir una señal de "ojo ausente" cuando se detecta el cierre del ojo o que el ojo está ausente de la zona de enfoque, y para medir un tiempo en que la el ojo permanece cerrado o fuera de la zona de enfoque.

La temperatura del ojo que detectará la cámara térmica varía según capte la temperatura del ojo o de párpado, por lo que su conclusión será signo de si el ojo está 10 abierto o cerrado, en cuyo caso de genera la señal de "ojo ausente" que se tratará para decidir sobre la generación de la señal de alarma.

El dispositivo lógico puede ser un microcomputador, que genera la señal de alarma si dicho tiempo medido es igual o superior a un tiempo umbral, ó si dicha temperatura 15 está fuera de un rango de temperaturas predeterminado, como puede verse en la función OR () de la Fig. 1.

La respuesta física generada por el microcomputador puede ser una alarma acústica, una alarma visual interior, el encendido de los intermitentes, la desaceleración 20 del vehículo, el endurecimiento de la dirección, la activación de los frenos, la vibración del volante, etc., o una combinación de las anteriores.

De acuerdo con la invención, este tiempo umbral se calcula de manera que disminuye cuando la velocidad del vehículo aumenta, en concreto, como el tiempo necesario para que el automóvil recorra una distancia fijada desde el momento en que 25 se ha producido la señal de "ojo ausente". Preferentemente, la distancia fijada recorrida por el automóvil desde el momento en que se ha producido la señal de "ojo ausente" está comprendida entre 45 y 70 m, y más preferiblemente 50 m.

30 Según una característica de la invención, el tiempo umbral es calculado como:

$$T_u = a \cdot \ln(V) + b, \quad (1)$$

siendo “ T_u ” el tiempo umbral, “ V ” la velocidad del automóvil, y “ a ”, “ b ” dos constantes que dependen de las unidades empleadas.

En concreto, cuando la distancia se fija en 50 m, la fórmula para el cálculo del tiempo de activación se transforma en

$$T_u = - 5,718 \cdot \ln(V) + 20,357, \quad (1')$$

estando “ T_u ” expresado en metros y estando “ V ” expresado en km/h.

10

La sonda de temperatura ambiente del interior del vehículo, envía la temperatura detectada a dicho computador, y el algoritmo implementado en el microcontrolador genera una señal de “exceso de temperatura” cuando la temperatura detectada es igual o superior a valor máximo predeterminado de temperatura ambiente, de tal manera que cuando se genera la señal de “exceso de temperatura”, el sistema provoca que se baje al menos una ventanilla del vehículo automóvil.

15

De igual modo, el sensor de la concentración de CO_2 en el aire del habitáculo del vehículo, envía el valor de la concentración de CO_2 detectado a dicho computador. El algoritmo está programado para generar dicha señal de “exceso de CO_2 ” cuando dicho valor de concentración es igual o superior a un valor máximo predeterminado de concentración, de manera que cuando se genera la señal de “exceso de CO_2 ”, el sistema provoca que se baje al menos una ventanilla del vehículo automóvil.

20

De la Fig. 1 se desprende el algoritmo del funcionamiento del sistema, que se explica ahora:

25

La señal de video captada por la cámara óptica 1 entra en el computador 3 a través de la capturadora 19. La imagen detectada pasa al bloque 27 y en el bloque 23 se analiza paralelamente el número de fps de la señal. El resultado es un valor binario (1/0) de “detección válida” 60 se envía también al bloque 27, del cual sale una señal con el valor de la señal de video capturada y el valor de “detección válida” 60.

30

La señal de video capturada es procesada en un programa 31 de reconocimiento y tratamiento de imágenes en el bloque 35 se analiza si la detección es válida, si el ojo está dentro de una zona de detección (o de enfoque de la cámara) determinada, si el ojo está abierto o cerrado, y el tiempo de duración del cierre y apertura del ojo.

5 Si en 31 se determina el cierre de un ojo, o que el ojo está ausente, y si el tiempo (T) de cierre o ausencia es superior a un umbral determinado T_u , el programa 31 pasa a produce una señal de "ojo ausente" 6.

El tiempo umbral T_u es función de la velocidad "V" del vehículo, y se calcula de acuerdo con la fórmula:

10

$$T_u = -5,718 \cdot \ln(v) + 20,357, \quad (1')$$

siendo " T_u " el tiempo umbral que se va a permitir de distracción, y "v", es la velocidad del vehículo.

15

El programa 31 conoce la velocidad "v" a partir de los datos de la electrónica del vehículo, y calcula T_u , y si se verifica que $T_u > T$, entonces genera dicha señal de "ojo ausente" 6.

20

En paralelo al tratamiento de la señal de video, la señal de temperatura captada por la cámara térmica 2 entra en el computador 3 a través de la capturadora 20. La imagen detectada pasa al bloque 28 y en el bloque 24 se analiza paralelamente el número de fps de esta señal. El resultado es un valor binario (1/0) de "detección válida" 60 se envía también al bloque 28, del cual sale una señal con el valor de la temperatura capturada por la cámara óptica y el valor de "detección válida" 60.

25

La señal térmica capturada es procesada en un programa 32 de análisis de la temperatura óptica y en el bloque 36 se analiza si la detección es válida, y si la temperatura está fuera de un rango predeterminado. Si en 32 se determina que la temperatura está fuera de este rango predeterminado, el programa 32 produce una señal de "ojo frío" 14, la cual podría ser representativa de que el ojo está cerrado.

30

Igualmente en paralelo, la señal del sensor de la concentración de CO₂ 13 en el aire del habitáculo del vehículo entra en el computador 3 a través de la capturadora 21. La señal pasa al bloque 29 y en el bloque 25 se analiza paralelamente el número de fps de esta señal. El resultado es un valor binario (1/0) de "detección válida" 60 se envía también al bloque 29, del cual sale una señal con el valor de la concentración de CO₂ capturada por la sonda 13 y el valor de "detección válida" 60.

La señal es procesada en un programa 33 de análisis de la concentración de CO₂ y en el bloque 37 se analiza si la detección es válida. Si en 33 se determina que la concentración de dióxido de carbono está fuera de un rango predeterminado, el programa 33 produce una señal de "exceso CO₂" 16.

Por último, la señal del sensor de temperatura 15 del habitáculo del vehículo entra en el computador 3 a través de la capturadora 22. La señal pasa al bloque 30 y en el bloque 26 se analiza paralelamente el número de fps de esta señal. El resultado es un valor binario (1/0) de "detección válida" 60 se envía también al bloque 30, del cual sale una señal con el valor de la temperatura del habitáculo medida por el sensor de temperatura 15 y el valor de "detección válida" 60.

La señal es procesada en un programa 34 de análisis de la concentración de CO₂ y en el bloque 38 se analiza si la detección es válida. Si en 34 se determina que la temperatura del habitáculo es superior a un valor dado, el programa 34 produce una señal de "exceso de Temperatura habitáculo" 114.

"Aguas abajo" de los bloques anteriores, en función de sus estados de salida, el computador 3 está implementado con un dispositivo lógico 4 que produce una señal de alarma y respuesta física en el automóvil que es función de los estados. El dispositivo lógico también permite controlar la estabilidad del sistema mediante el tratamiento de las señales de "detección válida" 60, mediante el siguiente tratamiento lógico:

- Las señales binarias (1/0) de detección válida 60 salientes de los bloques 27 y 35, de tratamiento de la señal de video de la cámara óptica 1, son enviadas a una puerta AND 39.
- 5 - Las señales binarias (1/0) de detección válida 60 salientes de los bloques 28 y 36, correspondientes al tratamiento de la señal de la cámara térmica 2, son enviadas a una puerta AND 20.
- Las señales binarias (1/0) de detección válida 60 salientes de los bloques 29
10 y 37, correspondientes al tratamiento de la señal de concentración de CO₂, son enviadas a una puerta AND 21.
- Las señales binarias (1/0) de detección válida 60 salientes de los bloques 30
15 y 38, correspondientes al tratamiento de la señal de temperatura del habitáculos, son enviadas a una puerta AND 22.
- Las salidas de las puertas lógicas AND 39 y 40 son tratadas en la puerta AND 43 y las salidas de las puertas lógicas AND 41 y 42 son tratadas en la
20 puerta AND 44.

El producto de la AND 44 es tratado por último en la puerta AND 45, cuyo resultado es alimentado a la puerta NOT 50. Al invertir el resultado, basta con que una de las señales de detección válida 60 sea 0 para que, en el bloque 52, se genere una señal de "error" 5 en el sistema, y el sistema proporcione una señal de alarma visual 8
25 o sonora 7.

En la puerta AND 46 se trata la señal (binaria) de "ojo ausente" 6 saliente del bloque 35 y de "detección válida" 60 procedente de la AND 45, y en la puerta AND 47 la señal de "ojo frío" 14, procedente del bloque 36, se trata igualmente con el resultado de la AND 45. Las salidas de las puertas 46 y 47 se tratan en la puerta OR 51.
30 De esta manera, tanto si se produce una señal de "ojo ausente" como una señal de

“ojo frío” y la detección es válida, se producirá una salida activa de la OR 51, la cual activará, en el bloque 53, una señal de alarma o advertencia representativa para avisar y proteger al conductor de la situación de somnolencia o cansancio. Esta señal puede ser una señal de alarma visual 8 o sonora 7, el encendido de los intermitentes 9, una desaceleración del vehículo 10, el endurecimiento de la dirección, combinaciones de las anteriores, etc.

En la puerta AND 48 se trata la señal (binaria) de de “exceso CO₂” 16 saliente del bloque 37 y de “detección válida” 60 procedente de la AND 45. Si el resultado es activo, en el bloque 52 se activará una señal representativa de alarma de inducción al sueño por CO₂, y se generará una señal de advertencia sonora 7, visual 8 y/o se actuará sobre el sistema de renovación de aire del vehículo 17.

En la puerta AND 49 se trata la señal (binaria) de de señal de “exceso de Temperatura habitáculo” 114 saliente del bloque 38 y de “detección válida” 60 procedente de la AND 45. Si el resultado es activo, en el bloque 53 se activará una señal representativa de alarma de inducción al sueño por exceso de temperatura ambiente, y se generará una señal de advertencia sonora 7, visual 8 y/o se actuará sobre el sistema de renovación de aire del vehículo 17 o el climatizador 18.

A continuación se describen ejemplos del modo operativo del sistema de la presente invención.

Para poder explicar el funcionamiento del sistema, se proponen tres ejemplos de escenarios diferentes, en los cuales suceden diversas situaciones a las cuales el sistema debe ser capaz de dar respuesta mediante su funcionamiento. Son las siguientes:

- A) Conductor dormido al volante
- B) Aviso de temperatura / CO₂
- C) “No ocurre nada”

Primeramente se describe la situación habitual de la cual parten todos los tres escenarios.

El conductor se dispone a conducir. Por lo que entrará en el vehículo del cual es usuario, y tras acomodarse conectará el vehículo usando la llave de contacto. Seguidamente, es muy probable que quiera dejar alguna cosa en un lateral o guantero, ponerse el cinturón o comprobar si el espejo retrovisor está bien reglado. De forma simultánea a esta operación, el vehículo también realiza sus comprobaciones, como pueden ser: niveles de aceite, posición del freno de mano, de las marchas, si el conductor se ha puesto ya o no el cinturón de seguridad; y de forma añadida, el sistema también realizará un proceso: activarse y empezar a monitorear la situación del conductor durante un periodo de tiempo de entre 10 y 20 segundos, con hasta tres intentos sin aviso, durante el cual se obtendrán los parámetros del rostro del conductor que serán catalogados como *No Fatiga* o situación *Normal*.

15

Proceso 1:

- En el momento en que el conductor ponga la marcha primera (se obvia intentarlo con la marcha atrás debido a la costumbre de muchos conductores de girar la cabeza para comprobar su ubicación, lo cual podría dar una mala lectura), se asumirá que el conductor está en sus mejores condiciones: acaba de subir al coche, solamente ha puesto la llave y se ha colocado el cinturón, y al mismo tiempo está listo para empezar a conducir, por lo que su vista está al frente, y su cabeza erguida.
- Durante un intervalo de 10 segundos, a través de la cámara óptica 1 el sistema escrutará y buscara la detección del *objeto ojo abierto*, archivando en su memoria un seguido de tomas que serán consideradas normales, y que básicamente constarán de un conjunto de parámetros del tamaño, diámetro, forma y aspecto que tiene un ojo humano corriente, y éstos serán los utilizados como base para las futuras comprobaciones. En el caso que tras 10 segundos no se consiga hallar los suficientes datos para evaluar si el ojo está abierto o no, el sistema repetirá el pro-

20

25

30

- ceso durante 10 segundos más; en caso de que hay una nueva respuesta negativa, se volverá a intentar durante 20 segundos más. Ante una nueva respuesta negativa, el panel del salpicadero emitirá un aviso sonoro muy similar al que se genera cuando el cinturón no está correctamente abrochado, advirtiendo al conductor que se coloque de forma correcta para que pueda realizarse un cuarto escaneo que perdurará, junto con el aviso sonoro, hasta que se consigan los suficientes datos para poder justificar la posición *Ojo Normal, No Fatiga*.
- 5
- 10 - El tiempo estimado para esta parte del proceso sería un intervalo de tiempo entre los 80 y 100 segundos desde el encendido del coche.

Proceso 2:

- 15 - La conducción justo se ha iniciado, pero el sistema ya se ha colocado en la fase de escaneo constante, fase que se inicia automáticamente tras conseguir los suficientes datos para poder clasificar el *Objeto Ojo Normal* durante ese trayecto. El proceso de escaneo constante se basa básicamente en la captura de imágenes de forma continuada, mediante la cámara óptica 1, y la
- 20 inmediata validación de la correcta detección ocular del conductor, a través del software de los bloques 31 y 35. Este proceso no se ve detenido en ningún momento mientras el coche está encendido.
- 25 - De forma teorizada, la forma como el sistema trabaja sobre la hipótesis dicotómica *Es Fatiga - No es Fatiga* es mediante una fórmula que agrupa las teorías del desplazamiento rectilíneo uniforme, acelerado, rozamiento, tiempo de reacción humano y distancia de frenado. Mediante la siguiente fórmula:

30
$$T_u = -5,718 \cdot \ln(v) + 20,357, \quad (1')$$

siendo “ T_u ” el tiempo umbral que se va a permitir de distracción, y “ v ”, es la velocidad del vehículo,

5 se calcula el espacio que va a recorrer el vehículo en un determinado intervalo de tiempo, en función de la velocidad, obteniendo así el tiempo umbral T_u que el conductor puede obviar el contacto alineado y perfecto con el sistema según la invención, sin que esto sea considerado fatiga o distracción al volante (“ojo ausente”).

10 - Interesa es que el sistema se active para generar un aviso o alarma, tras un determinado intervalo de tiempo umbral T_u , y que este no sea ni muy grande ni muy pequeño, de modo que no resulten un estorbo en vías donde la velocidad son muy reducidas (pueblos y ciudades) y la atención del conductor puede ser menor (porque está buscando aparcamiento, porque mira una calle, o está mirando alguna otra cosa); y al mismo tiempo se adapte ante altas velocidades como los 120 km/h, cuando una distracción de varios de segundos pueden suponer avanzar centenares de metros hacia un punto de colisión. Dicho de otra forma, el tiempo umbral T_u , es el tiempo durante el cual se admite la “distracción” del conductor sin que se activen las alarmas del sistema (salvo la alarma de “error” 5 generada en el boque 50, antes explicada).

20

De modo que, como ejemplo preferido:

- 25 ○ Para una velocidad de 10 km/hora el tiempo aproximado permitido de distracción antes de la activación es de 18’2 segundos.
- Para una velocidad de 50 km/hora el tiempo aproximado permitido de distracción antes de la activación es de 3’6 segundos.
- Para una velocidad de 90 km/hora el tiempo aproximado permitido de distracción antes de la activación es de 2’2 segundos.
- 30 ○ Para una velocidad de 120 km/hora el tiempo aproximado permitido de distracción antes de la activación es de 1,6 segundos.

Una vez explicados estos detalles, que son comunes en todos los escenarios de funcionamiento, se analiza seguidamente la situación en que un au-

tomóvil se halle circulando a alta velocidad en una vía rápida como podría ser una autopista o autovía. El planteamiento que se explica a continuación puede extrapolarse con otros parámetros a otras vías.

5 Escenario A: Conductor dormido al volante

El conductor se encuentra en la vía realizando una conducción monótona, es un camino conocido, lo ha realizado muchas veces, mientras viaja desde el trabajo a su casa (conocido típicamente en idioma inglés como “*commuting*”) o simplemente
 10 algún lugar de tiendas. No es ninguna hora en particular, tal vez la tarde, pero tal vez por la gran cantidad de veces que se ha realizado ese trayecto, o posiblemente por el cansancio acumulado durante la jornada o la semana, el conductor va presentando síntomas leves de fatiga, pero que de forma gradual se van intensificando. El sentido común o incluso la propia seguridad nos podrían indicar que lo mejor
 15 sería parar, realizar una detención y tratar de airearnos, o tomar una bebida que nos proporcionará cafeína, con el fin de recuperar la entereza. Por desgracia, no lo hacemos, ya que no estamos ni muy lejos, ni muy cerca, hay cierta prisa por llegar, y muy pocas ganas de parar.

20 Así pues, el conductor presenta síntomas claros de fatiga, que gradualmente se van acrecentando. El sistema de la invención lo detecta mediante los siguientes pasos sistemáticos, analizados anteriormente en relación con la Fig.1 y que ahora se explican más divulgativamente: el sistema analiza continuamente la zona ocular del conductor, y cuando se empiece a percibir un cambio en los ojos o su atención no
 25 sea la propia de alguien que está conduciendo, el procesador se preparará para tomar una decisión en base a los parámetros registrados durante el inicio del viaje, los esperados y los recibidos. En el momento en que los ojos del conductor dejen de ser los aptos para la conducción, el procesador del sistema determinará cuanto margen de tiempo le puede conceder al conductor para que recupere la entereza.
 30 Este tiempo vendrá condicionado por la velocidad a la cual circule el vehículo (determinada en función de la fórmula 1, 1'). Tras el análisis del rostro durante este intervalo esperando ver síntomas de recuperación de la fatiga o de la atención, El sistema ejecutará dos respuestas diferentes:

- 5 • Análisis de Fatiga Negativo, el conductor recupera la atención dentro del tiempo esperado: El sistema volverá una y otra vez a realizar el escaneo ocular hasta apagar el vehículo, pudiéndose repetir este proceso tantas veces como sea necesario. El valor de la señal 6 y 14 son 0, por lo que el bloque OR 53 produce una salida 0.

- 10 • Análisis de Fatiga Positivo, el conductor no recuperar el contacto y la atención esperados en el tiempo esperado: uno o ambos valores de las señales 6 y 14 son 1, por lo que el bloque OR 53 produce una salida 1.

- 15 • el sistema alertará al conductor mediante distintas respuestas:
 - 15 ○ La activación de los cuatro intermitentes ("*warnings*") para avisar a otros vehículos,

 - 20 ○ La emisión de pitidos agudos dentro del vehículo (en caso de estar la radio conectada, ésta se apagará) para despertar al conductor y/o advertirle de la inminente situación de sopor,

 - 25 ○ Se optará también por abrir la ventana del conductor, con el fin de remover el aire viciado del coche,

 - El endurecimiento del volante del vehículo para evitar movimientos bruscos, regresando a su posición central, juntamente con vibraciones del volante,

 - 30 ○ Y la reducción paulatina de la velocidad, para aumentar el tiempo de reacción (reduciendo la gravedad del accidente en caso de siniestro), encendiendo también las luces de frenado.

Resultando el objetivo de esta cadena de procesos advertir al conductor de su inminente estado de fatiga, despertarlo en caso de que hay sucumbido a la somno-

lencia, o simplemente emitir una advertencia de que no está en plenas facultades para conducir.

Escenario B: Aviso de temperatura / CO₂

5

De forma correlativa a todo lo anterior descrito pero formando parte de un proceso que le hace pertenecer a otro escenario, el sistema de la invención dispone también de un sistema de detección de fatiga por medio de los niveles de CO₂ (causantes de somnolencia por falta de oxígeno) y la temperatura (causante de sopor por calor).

10

Planteamos el escenario como una situación parecida a la anterior, en este caso, el conductor se encuentra en la autopista conduciendo. Nos encontramos en la época donde la temperatura excede los 25°. El sistema de la invención actúa de la siguiente manera con respecto a la temperatura. El sensor térmico 12 integrado en el retrovisor 15, como un termómetro electrónico, iría midiendo constantemente la temperatura que se haya dentro del vehículo. Según estudios previamente consultados, una temperatura superior a los 25° ya provoca una leve sensación de adormecimiento, la cual se ve acrecentada si nos encontramos en un lugar cerrado y sentados. Aún así, no cada vez que superemos esta temperatura el sistema empezará a operar, esta variable solamente se tendrá en consideración como un factor causante de sopor solo cuando tras haber superado los 24° en el exterior, la diferencia térmica con el interior sea superior a 3°, es decir, de forma ejemplar, que estando en el exterior a 25°, el detector de temperatura del sistema de la invención compute 28° en el interior.

15

20

25

Además, cuando la concentración de oxígeno en el aire es inferior al 19,5% o la concentración de CO₂ es superior a las 30 ppm, el rendimiento del cerebro humano también se ve levemente mermado, haciendo que nuestra capacidad de reacción se incremente gradualmente, siendo estos unos síntomas muy parecidos a los causados por el sopor.

30

Conocidos estos detalles, el sistema ejecutará dos respuestas posibles (complementarias y coordinadas a las descritas en el escenario A):

- 5 • Análisis de Temperatura y CO₂ Negativo: los niveles de dióxido de carbono (señal 16 = 0) y la temperatura (señal 114 = 0) son óptimos, por lo que no hay evidencias de que el conductor pueda sufrir fatiga o sopor por parte de estas dos variables (no se descarta fatiga detectada por el análisis ocular). Por lo que se sigue con los análisis complementarios y no se realiza ninguna otra acción.
- 10 • Análisis de Temperatura O CO₂ Positivo: los niveles de dióxido de carbono y la temperatura exceden los niveles esperados, volviendo peligrosa la situación. El sistema diagnostica que estos dos factores pueden ser causantes de una situación de fatiga que posiblemente no se ha manifestado aún en el rostro del conductor, pero que ya
15 está empezando a minarle. el sistema actuará alertando al conductor lumínicamente y acústicamente (piloto lumínico en el salpicadero) advirtiéndolo de este modo al conductor del automóvil por medio de la señal luminosa de que es lo que está sucediendo, y del diagnóstico de posibles factores causantes de fatiga. A su vez se optará por una
20 apertura temporal de las ventanas (posiblemente la del copiloto será abierta un cuarto de palmo) para reducir la temperatura de dentro del vehículo y realizar un rápido cambio del aire viciado de dentro del vehículo.

25 Escenario C: No ocurre nada

Finalmente nos encontramos en un escenario en el que esperamos que se encuentren la mayoría de conductores.

- 30 En esta situación nos encontramos, al igual que las anteriores, en la autopista. El conductor se encuentra conduciendo en la vía. El sistema estará analizando su rostro continuamente. Debido a que el conductor estará conduciendo a pleno rendimiento, el sistema no será más que un dispositivo más en el automóvil.

En esta situación, simplemente consistirá en una captación de imágenes (ojo del conductor dentro de la zona de enfoque, ojo abierto, y temperatura de ojo normal), y al no encontrar ninguna variable alterada, no habrá ninguna respuesta por parte del sistema según la invención.

En este escenario "no ocurre nada" los valores de las señales "error", "ojo ausente", "ajo frío", "exceso CO2" y "exceso de temperatura" son 0.

10 Por último, en la Fig. 1 se muestra un interface 57 de comunicación de las señales recibidas de los diferentes cámaras y sensores al computador 3, alimentado por una alimentación 56.

15 El funcionamiento del sistema en estos tres ejemplos de escenarios puede extrapolarse a otras vías de menor velocidad.

REIVINDICACIONES

1.- Sistema de detección de somnolencia o distracción del conductor de un vehículo automóvil, del tipo de los que comprenden al menos una cámara óptica (1) de captura del ojo del conductor y su contorno, que enfoca una zona de enfoque determinada, conectada a un computador (3) que está implementado con un programa (31) adaptado para detectar el cierre de un ojo, producir una señal de "ojo ausente" (6) cuando se detecta el cierre del ojo o que el ojo está ausente de la zona de enfoque, y para medir un tiempo en que la el ojo permanece cerrado o fuera de la zona de enfoque, caracterizado porque comprende además:

- al menos una cámara térmica (2) para la medición de la temperatura del ojo del conductor; y
- un dispositivo lógico (4) que produce una señal de alarma y al menos una respuesta física en el automóvil, seleccionada de entre: una alarma acústica, una alarma visual interior, el encendido de los intermitentes, la desaceleración del vehículo y el endurecimiento de la dirección, cuando se produce al menos una de las siguientes circunstancias:

20

dicho tiempo medido es igual o superior a un tiempo umbral (T_u), ó

dicha temperatura del ojo está fuera de un rango de temperaturas predefinido.

25

2.- Sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha cámara óptica (1) y dicha cámara térmica (2) están integradas en un retrovisor (12) del vehículo automóvil.

30

3.- Sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho tiempo umbral (T_u) se determina de manera que disminuye cuando la velocidad (V) del vehículo aumenta.

- 4.- Sistema según la reivindicación 3, caracterizado porque dicho tiempo umbral (Tu) es calculado como el tiempo necesario para que el automóvil recorra una distancia fijada desde el momento en que se ha producido la señal de “ojo ausente” (6).
- 5
- 5.- Sistema según la reivindicación 4, caracterizado porque dicha distancia fijada recorrida por el automóvil desde el momento en que se ha producido la señal de “ojo ausente” (6) está comprendido entre 45 y 70 m.
- 10
- 6.- Sistema según la reivindicación 5, caracterizado porque dicha distancia fijada recorrida por el automóvil desde el momento en que se ha producido la señal de “ojo ausente” (6) es de 50 m.
- 7.- Sistema según la reivindicación 3, caracterizado porque dicho tiempo umbral (Tu) es calculado como:
- 15

$$T_u = a \cdot \ln(V) + b,$$

siendo “Tu” el tiempo umbral, “V” la velocidad del automóvil, y “a”, “b” dos constantes que dependen de las unidades empleadas.

20

- 7.- Sistema según las reivindicaciones 6 y 7, caracterizado porque dicho tiempo umbral (Tu) es calculado como

25

$$T_u = - 5,718 \cdot \ln(V) + 20,357,$$

estando “Tu” expresado en metros y estando “V” expresado en km/h.

- 9.- Sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además una sonda de temperatura ambiente (15) del habitáculo del vehículo, que envía la temperatura detectada a dicho computador (3), el cual genera una señal de “exceso de temperatura” (14) cuando la temperatura detectada es igual o superior a valor máximo predeterminado de temperatura ambiente.
- 30

10.- Sistema según la reivindicación 9, caracterizado porque cuando se genera la señal de “exceso de temperatura” (14), el sistema provoca la bajada de al menos una ventanilla (17) o un cambio en las condiciones del climatizador (18) del vehículo
5 automóvil.

11.- Sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además un sensor de la concentración de CO₂ (13) en el aire del habitáculo del vehículo, que envía el valor de la concentración de CO₂ detectado a dicho computador (3), el
10 cual genera una señal de “exceso de CO₂ (16) cuando dicho valor de concentración es igual o superior a un valor máximo predeterminado.

12.- Sistema según la reivindicación 10, caracterizado porque cuando se genera la señal de “exceso de CO₂”, el sistema provoca la bajada de al menos una ventani-
15 lla (17) o un cambio en las condiciones del climatizador (18) del vehículo automóvil.

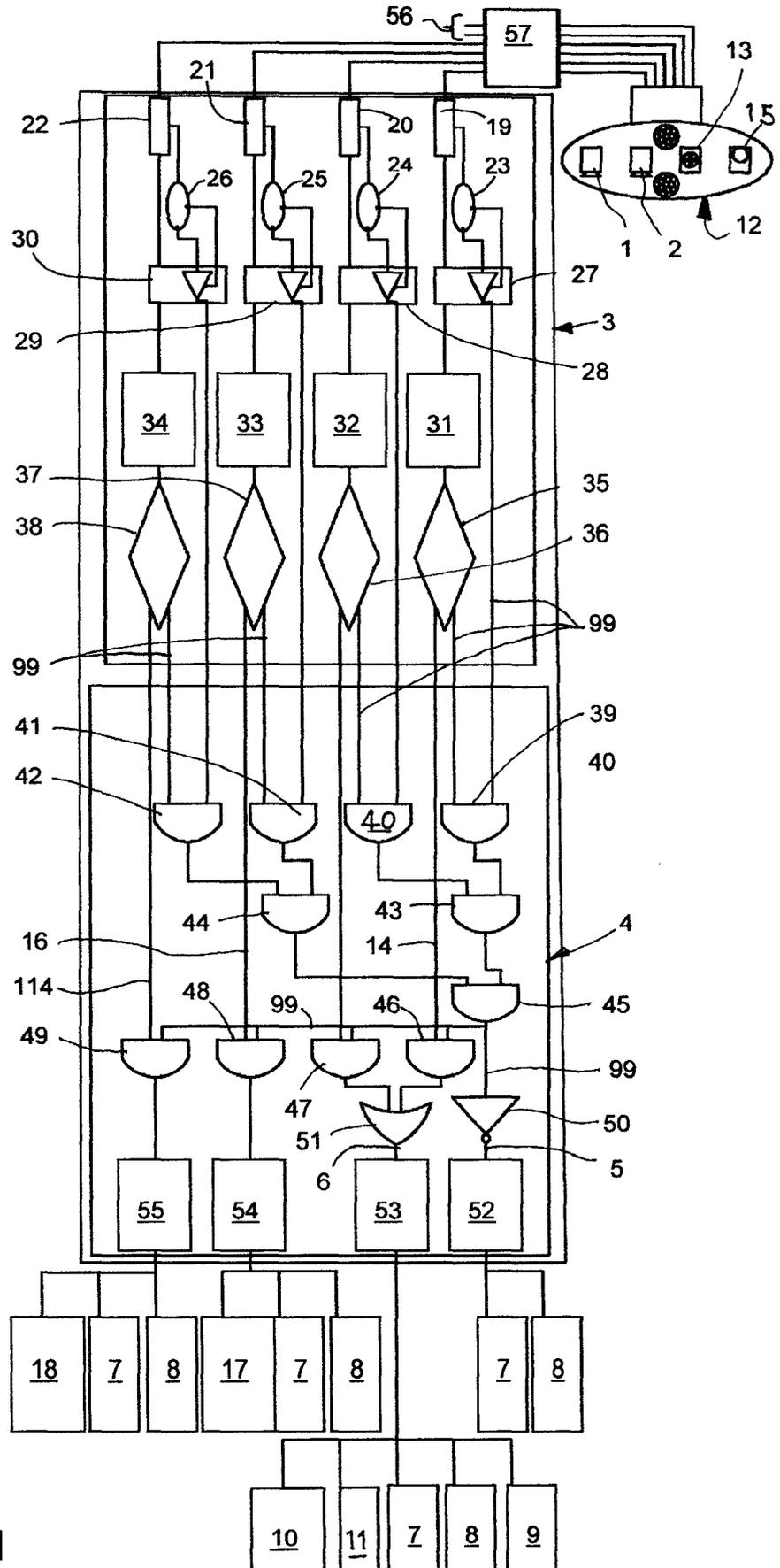


FIG. 1

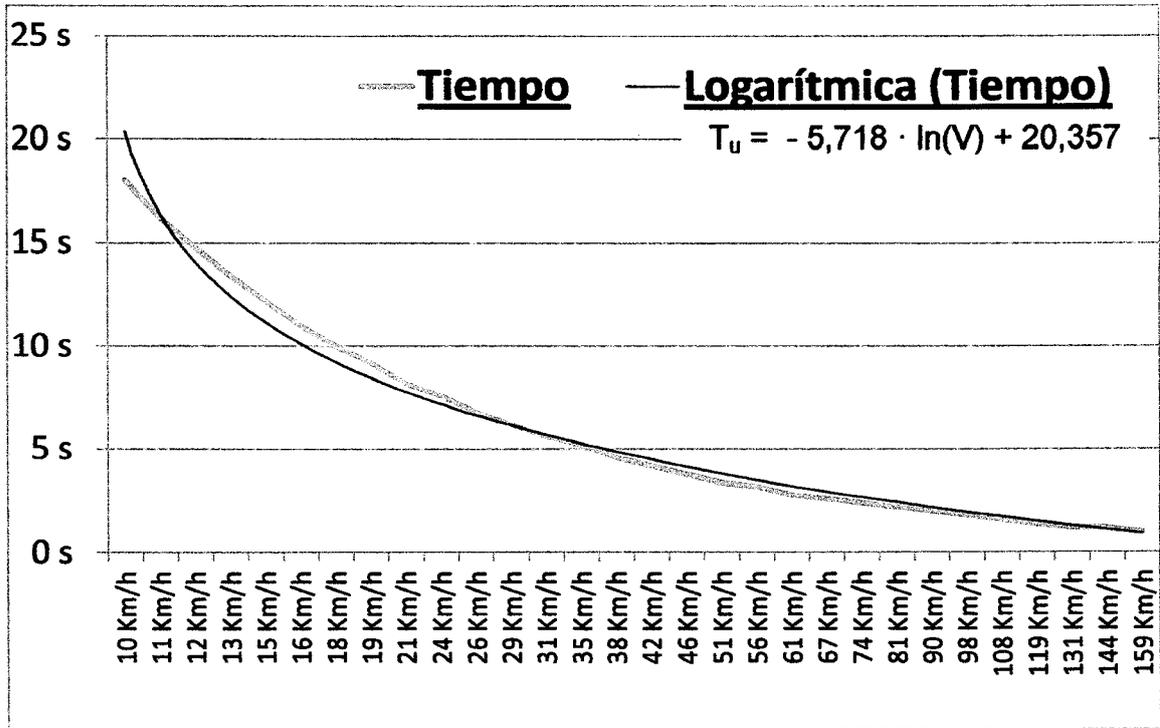


FIG. 2