

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 745 803**

51 Int. Cl.:

**B64C 23/06**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.01.2015 PCT/GB2015/050110**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.07.2015 WO15107367**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.01.2015 E 15700790 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2019 EP 3079982**

54 Título: **Una aleta curvada**

30 Prioridad:

**20.01.2014 GB 201400878**

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

**03.03.2020**

73 Titular/es:

**AIRBUS OPERATIONS LIMITED (100.0%)  
Pegasus House, Aerospace Avenue, Filton  
Bristol BS34 7PA, GB**

72 Inventor/es:

**WILLIAMS, GEOFFREY RICHARD**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

ES 2 745 803 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

Una aleta curvada

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a una aleta para una aeronave, una aleta y un ala de aeronave, y a un método de diseño de una aleta.

10 **Antecedentes de la invención**

Se conoce una variedad de diseños de aletas. Muchas aletas son de un tipo que comprende una hoja de ala plana orientada hacia arriba, unida al extremo del ala de aeronave a través de una zona de transición corta y curva. Se muestran ejemplos de aletas de este tipo, por ejemplo, en los documentos US 5,275,358 y US 5,348,253.

15 También se han propuesto algunos tipos alternativos de diseño de aletas. Por ejemplo, el documento EP 1349778 divulga una aleta que tiene un radio de curvatura creciente a medida que se extiende desde su extremo interior hasta su extremo exterior. El documento EP 1349778 divulga la posibilidad de que la aleta siga una curva generalmente elíptica. Otro ejemplo de diseño de aleta se divulga en "Digital Capture of Rolladen-Schneider LS7-WL Glider", Devik Patel, 28 de noviembre de 2013.

20 El diseño de las aletas hasta la fecha ha sido dictado principalmente por consideraciones aerodinámicas, como su impacto en el arrastre total (que generalmente genera una reducción en el arrastre inducido y un aumento (más pequeño) en el perfil/arrastre viscoso). Las consideraciones estructurales han tendido a ser un foco secundario en el proceso de diseño.

**Sumario de la invención**

30 La presente invención busca proporcionar una aleta mejorada.

Según un primer aspecto de la invención, se proporciona una aleta que tiene un extremo interior y un extremo exterior, teniendo la aleta un radio de curvatura variable ( $R$ ), medido a lo largo de la proyección frontal de la línea de cuerda de  $\frac{1}{4}$  de la aleta, ya que se extiende desde su extremo interior a su extremo exterior, y en la que el radio de curvatura de la aleta:

- 35
- (i) disminuye a lo largo de la aleta sobre una primera distancia  $d_1$  desde el extremo interior hasta una primera ubicación a lo largo de la aleta;
  - (ii) permanece constante sobre una segunda distancia  $d_2$  desde la primera ubicación a una segunda ubicación a lo largo de la aleta; y
  - 40 (iii) aumenta a lo largo de la aleta sobre una tercera distancia  $d_3$  desde la segunda ubicación a una tercera ubicación a lo largo de la aleta y

45 en la que la suma de la primera y tercera distancias ( $d_1+d_3$ ) es mayor que la segunda distancia ( $d_2$ ); caracterizada por que sobre la primera distancia  $d_1$ , el radio de curvatura varía según la ecuación  $R=k_1/d^n$ , donde  $k_1$  es una constante,  $d$  es la distancia a lo largo de la aleta medida en dirección hacia el exterior, y  $n > 0$ .

50 Se ha descubierto que una aleta con un radio de curvatura que disminuye a medida que la aleta se extiende desde su extremo interior, y que después aumenta nuevamente a medida que la aleta se extiende hacia su extremo exterior, es beneficiosa tanto estructural como aerodinámicamente. En particular, tal curvatura puede asegurar una curva relativamente suave entre el (ala típicamente plana) y la aleta. Esto da lugar a una serie de beneficios: tiende a mitigar la formación de choque en la unión; se ha descubierto que la forma curva permite una distribución de tensión relativamente suave en la aleta y la punta del ala durante el uso; y/o la forma permite un acceso relativamente fácil para el momento en que se ensambla la aleta.

55 La curvatura de la aleta se mide a lo largo de la línea de cuerda de  $\frac{1}{4}$  (que es la línea de referencia sobre la cual se determina el retorcimiento del ala/la aleta). La curvatura se mide en la proyección frontal de esta línea de cuerda  $\frac{1}{4}$  (es decir, desde una vista frontal que es independiente del barrido).

60 El extremo interior de la aleta debería ser fácilmente identificable para la persona experta y es la ubicación en la que la curvatura comienza a desviarse de la punta del ala (sustancialmente plana). Para una aleta desmontable, el extremo interior de la aleta es, típicamente, la parte que se une a la punta del ala.

65 Sobre la primera distancia  $d_1$ , el radio de curvatura varía según la ecuación  $R=k_1/d^n$  donde  $k_1$  es una constante,  $d$  es la distancia a lo largo de la aleta medida en una dirección hacia el exterior, y  $n > 0$ . Se ha descubierto que al tener un radio de curvatura que varía sobre la primera distancia según esta ecuación es especialmente beneficioso tanto aerodinámicamente como estructuralmente. En principio, la curvatura de la aleta sobre la primera distancia puede

5 seguir cualquier parte de una curva gobernada por la ecuación mencionada anteriormente (es decir, la distancia  $d$  puede ser  $> 0$  en el extremo interior de la aleta). Sin embargo, en la mayoría de las realizaciones de la invención, el extremo interior de la aleta será plano, para combinarse con la punta del ala. Por consiguiente, la distancia  $d$  se mide, preferentemente, desde un origen ( $d=0$ ) en el extremo interior de la aleta, de modo que el extremo interior de la aleta es, sustancialmente, plano.

10 Sobre la tercera distancia  $d_3$ , el radio de curvatura puede variar según la ecuación  $R=k_2/D^n$  donde  $k_2$  es una constante,  $D$  es la distancia a lo largo de la aleta medida en una dirección hacia el interior y  $n > 0$ . Se ha descubierto que al tener un radio de curvatura que varía sobre la tercera distancia según esta ecuación es, especialmente, beneficioso tanto aerodinámicamente como estructuralmente. En principio, la curvatura de la aleta sobre la tercera distancia puede seguir cualquier parte de una curva gobernada por la ecuación mencionada anteriormente (es decir, la distancia  $d$  puede ser  $> 0$  en la tercera ubicación). Por lo tanto, la distancia  $d$  puede medirse desde un origen ubicado más allá de la tercera ubicación, de modo que la aleta esté curvada en la tercera ubicación. Alternativamente, la distancia  $d$  puede medirse desde un origen en la tercera ubicación, de modo que la aleta es, sustancialmente, plana en la tercera ubicación.

15 Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona una aleta que tiene un extremo interior y un extremo exterior, teniendo la aleta un radio de curvatura variable ( $R$ ), medido a lo largo de la proyección frontal de la línea de cuerda de  $\frac{1}{4}$  de la aleta, ya que se extiende desde su extremo interior a su extremo exterior, y en la que el radio de curvatura de la aleta:

- 25 (i) disminuye a lo largo de la aleta sobre una primera distancia  $d_1$  desde el extremo interior hasta una primera ubicación a lo largo de la aleta;
- (ii) permanece constante sobre una segunda distancia  $d_2$  desde la primera ubicación a una segunda ubicación a lo largo de la aleta; y
- (iii) aumenta a lo largo de la aleta sobre una tercera distancia  $d_3$  desde la segunda ubicación a una tercera ubicación a lo largo de la aleta y

30 en la que la suma de la primera y tercera distancias ( $d_1+d_3$ ) es mayor que la segunda distancia ( $d_2$ ); caracterizada por que durante la tercera distancia  $d_3$ , el radio de curvatura varía según la ecuación  $R=k_2/D^n$ , donde  $k_2$  es una constante,  $D$  es la distancia a lo largo de la aleta medida en una dirección hacia el interior, y  $n > 0$ .

35 La aleta puede tener una forma donde  $0,25 \leq n \leq 4$ . La aleta puede tener una forma donde  $0,25 \leq n \leq 2$ . La aleta puede tener una forma donde  $0,5 \leq n \leq 1,5$ . La aleta puede tener una forma en la que  $n=1$  tal que la aleta se curva como una espiral de Euler sobre la primera distancia  $d_1$  y/o la tercera distancia  $d_3$ . Se ha descubierto que teniendo la curvatura de la aleta sobre la primera o la tercera distancia (y más preferentemente sobre la primera y la tercera distancia) como una espiral de Euler es especialmente beneficiosa en términos de asegurar una distribución de tensión suave en la aleta. Las espirales de Euler (también conocidas como radioide de arcos o espirales de Cornú) tienen una curvatura que cambia linealmente a lo largo de la aleta.

45 La tercera ubicación puede estar en el extremo exterior de la aleta. Alternativamente, la aleta puede incluir una porción, típicamente una porción relativamente pequeña, más allá de la tercera ubicación. En estas realizaciones, la suma de la primera, segunda y tercera distancias  $d_1+d_2+d_3$ , puede ser al menos del 80 %, y más preferentemente al menos el 90 %, de la distancia desde el extremo interior al extremo exterior de la aleta. En realizaciones que tienen la porción más allá de la tercera ubicación, esta porción puede ser sustancialmente plana.

50 La segunda distancia  $d_2$  es preferentemente relativamente pequeña en comparación con las primera y tercera distancias  $d_1$  y  $d_3$ . La segunda distancia  $d_2$  no puede ser más del 20 % de la suma de la primera y tercera distancias  $d_1+d_3$ . La segunda distancia  $d_2$  no puede ser más del 10 % de la suma de la primera y tercera distancias  $d_1+d_3$ . En algunas realizaciones de la invención, la segunda distancia  $d_2$  puede ser sustancialmente cero.

55 Dado que el radio de curvatura entre la primera y segunda ubicaciones es constante, se apreciará que el radio de curvatura en la primera ubicación es igual al radio de curvatura en la segunda ubicación. Por consiguiente, el radio mínimo de curvatura sobre la primera distancia (es decir, en la primera ubicación) es igual al radio mínimo de curvatura sobre la tercera distancia (es decir, en la segunda ubicación), y la aleta tiende a no contener ninguna discontinuidad en la curvatura entre las zonas

60 Puede proporcionarse un ala de aeronave que comprenda una aleta según cualquiera del primer o segundo aspectos de la invención. La presente invención es de particular beneficio cuando hay una única aleta en la punta del ala porque tales aletas tienden a experimentar cargas relativamente grandes (en comparación con aletas múltiples, más pequeñas). El borde posterior del ala puede ser una continuación del borde posterior del ala. El borde delantero del ala puede ser una continuación del borde delantero del ala. Tal disposición distingue de las disposiciones en las que hay múltiples aletas, escalonadas a lo largo de la punta del ala en la dirección de los acordes.

El extremo exterior de la aleta puede ser, sustancialmente, vertical. Por ejemplo, el extremo exterior de la aleta puede inclinarse a menos de 20 grados, y más preferentemente a menos de 10 grados respecto a la vertical. Tiende a ser beneficioso tener aletas verticales o sustancialmente verticales porque, para una longitud dada de la aleta, tal disposición tiende a cumplir mejor con los límites de la puerta de la aeronave ya que el tramo es relativamente pequeño.

La aleta puede extenderse hacia abajo, pero más preferentemente la aleta se extiende hacia arriba.

### Descripción de los dibujos

Ahora se describirá una realización de la invención, solo a modo de ejemplo, con referencia al dibujo esquemático adjunto del cual:

La figura 1 es una vista esquemática de una aleta y una aleta según una primera realización de la invención.

### Descripción detallada

La figura 1 muestra la línea de cuerda de  $\frac{1}{4}$  de un ala 1 y una aleta 3 que se extiende hacia arriba desde una vista frontal (es decir, en un plano vertical, perpendicular al eje longitudinal de la aeronave (no mostrado)). La línea de cuerda de  $\frac{1}{4}$  de ala se muestra en una línea ligera, y la línea de cuerda de  $\frac{1}{4}$  de ala se muestra en una línea de mayor peso.

La aleta es de sección de perfil convencional (no mostrada). El borde delantero de la aleta es una continuación del borde delantero del ala, y el borde posterior de la aleta es una continuación del borde delantero del ala.

La línea de cuerda de  $\frac{1}{4}$  es la línea sobre la cual se define el retorcimiento de ala y aleta. Esta línea de cuerda de  $\frac{1}{4}$  se usa para definir la curvatura de la aleta. Esa curvatura se describe con más detalle a continuación.

Según la primera realización, la aleta 3 tiene un radio de curvatura variable (R) a medida que se extiende desde su extremo interior 5 hasta su extremo exterior 7. El radio de curvatura de la aleta puede dividirse en cuatro zonas, cada una de las cuales se combina con la zona adyacente.

Analizando la aleta desde el extremo interior 5 hacia el exterior, hay una primera zona (zona 1) que se extiende sobre una primera distancia  $d_1$  desde el extremo interior 5 hasta una primera ubicación 9 a lo largo de la aleta. En la zona 1, la curvatura de la aleta varía según una espiral de Euler. Por lo tanto, el radio de curvatura  $R=k_1/d$ , donde  $k_1$  es una constante y  $d$  es la distancia a lo largo de la espiral. En esta realización, la distancia  $d$  se mide hacia el exterior (marcada con una flecha en la figura 1) desde un origen en el extremo interior 5 de la aleta 3. Por lo tanto, el radio de curvatura es infinito (es decir, hay curvatura cero) en el extremo interior ( $d=0$ ) y el radio de curvatura disminuye a lo largo de la primera distancia  $d_1$  a lo largo de la aleta 3.

Desde la primera ubicación 9 hasta una segunda ubicación 11, el radio de curvatura es constante, como lo muestra el arco 13 del círculo 15 en la figura 1. La longitud  $d_2$  de esta zona de curvatura constante (zona marcada 2) es relativamente pequeña (alrededor de 3 %) de las longitudes  $d_1+d_3$  de las zonas adyacentes (Zonas 1 y 3). En algunas otras realizaciones (no mostradas), esta región puede ser de longitud cero.

Desde la segunda ubicación 11 a una tercera ubicación 17 (zona 3), el radio de curvatura aumenta a lo largo de la distancia  $d_3$ . En la zona 3, la curvatura de la aleta también varía según una espiral de Euler, pero la distancia a lo largo de la curva se mide en dirección hacia el interior. Por lo tanto, el radio de curvatura  $R=k_2/D$ , donde  $k_2$  es una constante y  $D$  es la distancia (medida hacia el interior, marcada con una flecha en la figura 1) a lo largo de la espiral. En esta realización, la distancia  $D$  se mide desde un origen en la tercera ubicación 17 en la aleta 3. Por lo tanto, el radio de curvatura es infinito (es decir, curvatura cero) en la tercera ubicación 17 ( $d=0$ ).

La cuarta y última zona, la zona 4, se extiende desde la tercera ubicación 17 hasta el extremo exterior 7 de la aleta 3. Esta zona es una extensión plana relativamente pequeña desde la tercera ubicación 17.

En la primera realización de la invención, las longitudes  $d_1$  y  $d_3$  de las zonas 1 y 3 respectivamente son las mismas. Sin embargo, en otras realizaciones de la invención, las longitudes pueden ser diferentes. En la primera realización, las constantes  $k_1$  y  $k_2$  también son iguales, pero en otras realizaciones, estas constantes no necesitan ser necesariamente las mismas, y la curvatura en las zonas 1 y 3 puede ser diferente.

Se ha descubierto que la aleta mostrada en la figura 1 es especialmente beneficiosa tanto estructural como aerodinámicamente. En particular, la curvatura en la zona 1 es tal que hay una curva relativamente suave entre el ala plana 1 y la aleta 3. Esto tiende a mitigar la formación de choque en la unión. Además, se ha encontrado que la forma curva de las zonas 1-3 permite una distribución de tensión relativamente suave en la aleta 3 y la punta del ala 1 durante el uso.

En otras realizaciones de la invención (no mostradas), la curvatura en las zonas 1 y/o 3 todavía varía según la ecuación  $R=k_1/d^n$  y  $R=k_2/D^n$ , respectivamente. Sin embargo, en lugar de una espiral de Euler ( $n=1$ ), se puede aplicar  $0,5 < n < 1$  o  $1 < n < 1,5$  de modo que las aletas presenten otras variaciones en la curvatura.

5 El ala 3 en la figura 1 se diseñó utilizando un método novedoso en el que se tuvo en cuenta la distribución de tensiones al determinar la curvatura del ala. El método implicaba las siguientes etapas:

(i) crear un modelo informático de una aleta ajustada a un ala, teniendo la primera curvatura una aleta;

(ii) modelar la distribución de tensiones en la aleta y el extremo del ala durante el uso; y

10 (iii) modificar la curvatura de la aleta sobre la primera distancia  $d_1$ . Notablemente, la curvatura se modificó para suavizar la distribución de tensiones entre la aleta y el ala durante el uso. Usando esto como un método iterativo, se obtuvo una aleta con una curvatura que resultó en una distribución de tensión mejorada.

15 Si bien la presente invención se ha descrito e ilustrado con referencia a realizaciones particulares, los expertos en la técnica apreciarán que la invención se presta a muchas variaciones diferentes que no se ilustran específicamente en el presente documento. Cuando en la descripción anterior, se mencionan elementos integrantes o elementos que tienen equivalentes conocidos, obvios o previsibles, entonces tales equivalentes se incorporan en el presente documento como si se establecieran individualmente. Debe hacerse referencia a las reivindicaciones para  
20 determinar el verdadero alcance de la presente invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Una aleta (3) para un ala de aeronave (1), teniendo la aleta un extremo interior (5) y un extremo exterior (7),  
 5 teniendo la aleta (3) un radio de curvatura variable (R), medido a lo largo de la proyección frontal de la línea de  
 cuerda de  $\frac{1}{4}$  de la aleta, ya que se extiende desde su extremo interior (5) hasta su extremo exterior (7), y en la que  
 el radio de curvatura de la aleta:
- (i) disminuye a lo largo de la aleta (3) sobre una primera distancia  $d_1$  desde el extremo interior (5) a una primera  
 10 ubicación (9) a lo largo de la aleta;  
 (ii) permanece constante sobre una segunda distancia  $d_2$  desde la primera ubicación (9) a una segunda  
 ubicación (11) a lo largo de la aleta (3); y  
 (iii) aumenta a lo largo de la aleta sobre una tercera distancia  $d_3$  desde la segunda ubicación (11) a una tercera  
 15 ubicación (17) a lo largo de la aleta (3) y
- en la que la suma de la primera y tercera distancias ( $d_1+d_3$ ) es mayor que la segunda distancia ( $d_2$ );  
**caracterizada por que** sobre la primera distancia  $d_1$ , el radio de curvatura varía según la ecuación  $R=k_1/d^n$ , donde  $k_1$   
 es una constante,  $d$  es la distancia a lo largo de la aleta medida en dirección hacia el exterior, y  $n > 0$ .
2. Una aleta (3) según la reivindicación 1, en la que la distancia  $d$  se mide desde un origen en el extremo interior (5)  
 20 de la aleta (3), de modo que el extremo interior (5) de la aleta (1) es, sustancialmente, plano.
3. Una aleta (3) según las reivindicaciones 1 o 2, en la que sobre la tercera distancia  $d_3$ , el radio de curvatura varía  
 según la ecuación  $R=k_2/D^n$ , donde  $k_2$  es una constante,  $D$  es la distancia a lo largo de la aleta medida en una  
 25 dirección hacia el interior, y  $n > 0$ .
4. Una aleta (3) que tiene un extremo interior (5) y un extremo exterior (7),  
 teniendo la aleta (3) un radio de curvatura variable (R), medido a lo largo de la proyección frontal de la línea de  
 cuerda de  $\frac{1}{4}$  de la aleta, ya que se extiende desde su extremo interior (5) hasta su extremo exterior (7), y en la que  
 el radio de curvatura de la aleta:
- (i) disminuye a lo largo de la aleta (3) sobre una primera distancia  $d_1$  desde el extremo interior (5) a una primera  
 30 ubicación (9) a lo largo de la aleta;  
 (ii) permanece constante sobre una segunda distancia  $d_2$  desde la primera ubicación (9) a una segunda  
 ubicación (11) a lo largo de la aleta (3); y  
 (iii) aumenta a lo largo de la aleta sobre una tercera distancia  $d_3$  desde la segunda ubicación (11) a una tercera  
 35 ubicación (17) a lo largo de la aleta (3) y
- en la que la suma de la primera y tercera distancias ( $d_1+d_3$ ) es mayor que la segunda distancia ( $d_2$ );  
**caracterizada por que** sobre la tercera distancia  $d_3$ , el radio de curvatura varía según la ecuación  $R=k_2/D^n$ , donde  $k_2$   
 es una constante,  $D$  es la distancia a lo largo de la aleta medida en una dirección hacia el interior, y  $n > 0$ .
5. Una aleta (3) según las reivindicaciones 3 o 4, en la que la distancia  $D$  se mide desde un origen ubicado más allá  
 de la tercera ubicación (17), de modo que la aleta (3) se curva en la tercera ubicación (17).
6. Una aleta (3) según las reivindicaciones 3 o 4, en la que la distancia  $D$  se mide desde un origen en la tercera  
 45 ubicación (17), de modo que la aleta (3) es sustancialmente plana en la tercera ubicación (17).
7. Una aleta (3) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que  $0,5 \leq n \leq 1,5$ .
8. Una aleta (3) según la reivindicación 7, en la que  $n=1$  tal que la aleta (3) se curva como una espiral de Euler sobre  
 50 la primera distancia  $d_1$  y/o la tercera distancia  $d_3$ .
9. Una aleta (3) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la tercera ubicación (17) está en el  
 extremo exterior (7) de la aleta (3).
10. Una aleta (3) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que la suma de la primera, segunda y tercera  
 55 distancias  $d_1+d_2+d_3$ , es al menos el 90 % de la distancia desde el extremo interior (5) al exterior (7) de la aleta (3).
11. Una aleta (3) según la reivindicación 10, en la que la aleta (3) desde la tercera ubicación (17) hasta el extremo  
 60 exterior (7) de la aleta (3) es sustancialmente plana.
12. Una aleta (3) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la segunda distancia  $d_2$  no es más  
 del 20 % de la suma de la primera y tercera distancias  $d_1+d_3$ .
13. Una aleta (3) según la reivindicación 12, en la que la segunda distancia  $d_2$  es, sustancialmente, cero.

## ES 2 745 803 T3

14. Un ala de aeronave (1) y una aleta (3) según cualquier reivindicación anterior.
15. Un ala de aeronave (1) y una aleta (3) según la reivindicación 14, siendo el borde posterior de la aleta (3) una continuación del borde posterior del ala (1), y siendo el borde delantero de la aleta (3) una continuación del borde delantero del ala (1).
- 5
16. Un ala de aeronave (1) y una aleta (3) según la reivindicación 14 o la reivindicación 15, en las que el extremo exterior (7) de la aleta (3) es, sustancialmente, vertical.
- 10
17. Un ala de aeronave (1) y una aleta (3) según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, en las que la aleta (3) se extiende hacia arriba.

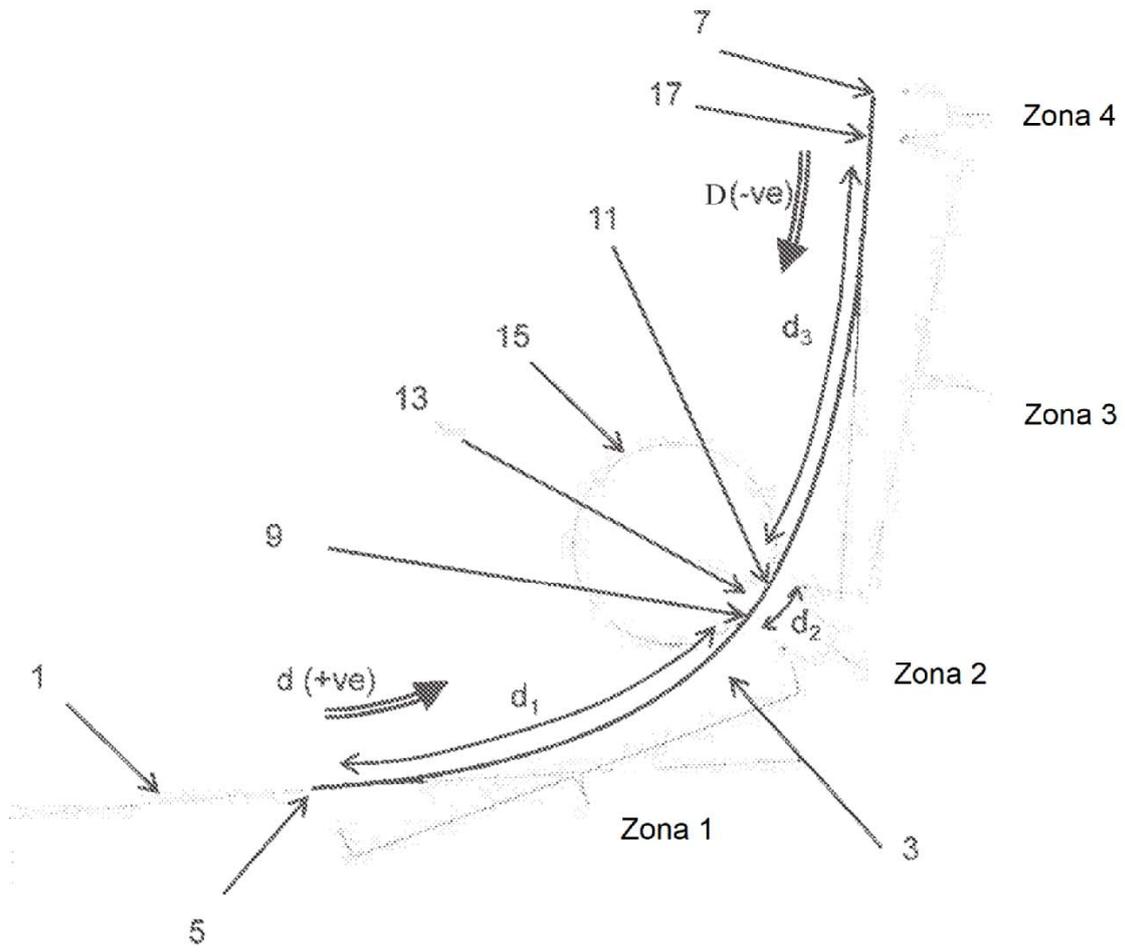


Figura 1