



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 358 691**

51 Int. Cl.:  
**G01P 3/68** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07823942 .3**

96 Fecha de presentación : **27.09.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2069802**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.06.2009**

54 Título: **Métodos y sistemas para identificar las posiciones de lanzamiento de pelotas de golf descendentes.**

30 Prioridad: **27.09.2006 GB 0619014**  
**21.03.2007 GB 0705382**  
**26.05.2007 GB 0710129**  
**29.06.2007 GB 0712687**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**12.05.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**12.05.2011**

73 Titular/es: **Norman Matheson Lindsay**  
**19 Batchelors Way**  
**Amersham, Buckinghamshire HP7 9AH, GB**

72 Inventor/es: **Lindsay, Norman Matheson**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 358 691 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

Este método se refiere a métodos y sistemas para identificar las posiciones de lanzamiento de pelotas de golf descendentes. Los métodos y sistemas del invento tienen aplicación, en el contexto de los golpes de golf realizados en campos de prácticas de golf y en otras instalaciones de este deporte.

5 De acuerdo con el invento, se provee, en un aspecto, un método, y en otro aspecto un sistema, para identificar con respecto a una pelota de golf descendente la posición de entre una pluralidad de posiciones de lanzamiento desde la que se ha lanzado la pelota, caracterizado porque comprende una etapa de, o medios para, medir los parámetros descendentes de la pelota que desciende para obtener al menos el tiempo de descenso de la pelota que desciende y una medida dependiente de su ángulo de elevación, una etapa de, o medios para, calcular una estimación de la duración del vuelo de la pelota que desciende como una función de la medida del ángulo de descenso, una etapa de, o medios para, medir, con respecto a cada posición de lanzamiento el intervalo de tiempo transcurrido entre el lanzamiento de una pelota desde esa posición y el tiempo de descenso de la pelota que desciende, una etapa de, o medios para, comparar el intervalo de tiempo medido con respecto a cada posición de lanzamiento con la estimación calculada de la duración del vuelo de la pelota que desciende para determinar para cuál de las posiciones de lanzamiento el intervalo respectivo tiene una coincidencia muy próxima con la estimación calculada, y la etapa de, o medios para, identificar la posición desde la que se ha lanzado la pelota que desciende con la posición de lanzamiento para que la existe la coincidencia muy próxima.

Se podría obtener una medida del ángulo de descenso en elevación de la pelota que desciende a partir de las medidas de las velocidades componentes de su trayectoria descendente. .

20 Las referencias al “descenso” de una pelota de golf están destinadas a referirse a la parte de extremo de la trayectoria portante de la pelota como distinta de cualquier parte de sus rebotes subsiguientes o de su trayectoria de rodadura. Asimismo, el término “una pelota de golf que desciende” se entiende que se refiere a una pelota de golf que vuela cerca del extremo de su trayectoria de alcance y preferiblemente dentro de al menos un 10% de dicha trayectoria. El extremo de la trayectoria de alcance es el punto donde la pelota impacta con un “objetivo” a cierta distancia de la posición inicial de lanzamiento. La posición de lanzamiento podría ser, por ejemplo, uno de entre varios campos para reserva de juego de entre un campo de prácticas de golf.

El presente invento es aplicable a todos los golpes de golf, pero es especialmente aplicable a los golpes en los que la fuerza aerodinámica neta (es decir, el vector suma de fuerzas de elevación y arrastre) es mayor de 1,0 metros por segundo por segundo ( $m/s^2$ ) pero más especialmente mayor que  $10 m/s^2$ .

30 Un objeto del presente invento es proveer métodos y sistemas de identificar golpes de golf que no se basen en la predicción de vuelo o en el seguimiento de la trayectoria y que no requieran pelotas de golf que estén especialmente marcadas o electrónicamente etiquetadas o pelotas con marcas semejantes

35 Los métodos de predicción de vuelo requieren equipos caros para la mitad del lanzamiento de la pelota capaces de medir los componentes de espín de una pelota, y a veces requieren pelotas especiales. La predicción de vuelo está sujeta también a significativo errores no sistemáticos causador por vientos de mucha intensidad o por variaciones aleatorias en las propiedades aerodinámicas de las pelotas, que cambian debido a la degradación de sus superficies. Los métodos de predicción de vuelo se pueden perfeccionar mediante las medidas de las posiciones de aterrizaje de las pelotas y de las duraciones de los vuelos. Sin embargo, los sistemas que se basan solamente en la medida de las posiciones de aterrizaje y de los tiempos son inadecuados, porque la mayor parte de la información sobre el historial de vuelo de una pelota se destruye en el aterrizaje. Los sistemas que identifican los golpes de golf individuales usando la predicción del vuelo de la pelota y la medida de las posiciones de aterrizaje se describen en los documentos US-B-6179720 Y US-A- 2007/0167247.

40 Los sistemas de seguimiento de la trayectoria (tales como los sistemas de seguimiento por vídeo o los sistemas de seguimiento por radar) son muy caros, requieren amplios medios de tratamiento de datos y posiblemente no funcionarían con fiabilidad cuando existan muchas pelotas concurrentes en el espacio de vuelo. Típicamente, uno o varios dispositivos de seguimiento por cámaras de vídeo o por radar se enclavan sobre la trayectoria del vuelo de una pelota en un tiempo y siguen a esa pelota a lo largo de todo su vuelo desde el impacto inicial hasta al menos el punto final de aterrizaje. Esto significa que las cámaras o los radares deben capturar datos caso continuamente durante varios segundos, mientras que, en el presente invento, las medidas de la trayectoria de la pelota solamente se requieren durante pocos milisegundos justo después del impacto inicial y justo antes del aterrizaje en la parte más lejana del campo. El documento GB- A- 2294403 describe un método de identificar golpes de golf por seguimiento por vídeo combinado con medidas del swing Por el documento WO 2006/002640 se conoce un sistema que determina la posición de lanzamiento de una pelota de golf mediante el uso del ángulo horizontal y vertical

55 La identificación de pelotas individuales con medios de etiquetado tales como chips embutidos con identificación por radiofrecuencia (en adelante RFID) es costosa , y los medios mecánicos de recoger pelotas para descodificar los datos de la RFID son engorrosos y no fiables. En los documentos JP-A- 822431 y US-B- 6607123 se describen sistemas que identificaban golpes de golf individuales usando etiquetado por RFID.

La medida de los parámetros de descenso, y de los parámetros de lanzamiento, podría utilizar tecnología

electromecánica, electroacústica, electro magnética, electro-óptica, radar de microondas Doppler, Doppler ultrasónico, vídeo de alta velocidad o cualquier otra tecnología que proporcione una medida electrónica adecuada para tratamiento de señales.

5 La medida de los parámetros de descenso se podría realizar típicamente a medida que la pelota se aproxima a un "objetivo" situado en la parte exterior al campo de prácticas.. El objetivo podría ser un área marcada circular, ovalada o rectangular o de forma similar o podría ser una zona verde (green) panorámica para golf, que remede un green de campo de golf real. Se podrían usar diversas alternativas de diseños de objetivos. Por ejemplo, terraplenes o estructuras que se parezcan a grandes objetivos de tiro con arco, fuentes de agua grandes refugios donde las pelotas aterrizan y desaparecen sin rebotar hacia fuera, y otras modalidades de estructuras diversas. 10 Alternativamente, la medida se podría realizar cuando la pelota que desciende está a punto de aterrizar en cualquier parte de la zona más lejana del campo o en una parte sustancial de la misma. Preferiblemente, pero sin carácter limitativo, los parámetros de descenso se miden dentro de una corta distancia del extremo de una trayectoria de alcance de la pelota (por ejemplo, en el 5% final, o con más preferencia en el 2% final de la distancia de alcance).

15 La limitación de la extensión del intervalo de medida del descenso reduce el coste del aparato de medida y mejora la fiabilidad de la medida. En una realización preferida, los parámetros de descenso se miden dentro de menos de 2 metros de la superficie de aterrizaje o nivel del suelo y con el aparato que él mismo se encuentra a menos de 2 metros sobre el nivel del suelo. La restricción de la altura del aparato de detección en la parte más lejana del campo es mucho menos importuna en el paisaje de la parte más lejana dl campo, lo cual es muy de desear.

20 Un medio preferido para medir los parámetros de descenso en cada objetivo usa como mínimo cuatro "planos de detección". Estos planos de detección comprenden haces en abanico con un campo de visión angular muy pequeño normal al plano de detección y amplios campos de visión en los planos de los planos de detección. Se proveen medios para detectar la posición angular (dentro del haz en abanico) y los instantes de tiempo cuando las pelotas atraviesan los planos de detección. Típicamente, los planos de detección están dispuestos en dos pares co-planares que son paralelos y están desviados, pero apuntando según diferentes direcciones, de tal manera que se pueda calcular por triangulación la posición bidimensional de una pelota cuando atraviesa el plano del campo visual común La diferencia entre los instantes cuando la pelota atraviesa los planos de detección, y la distancia de separación de desviación entre los planos que contienen los centros de los campos de visión, da una medida de los vectores de velocidad dela pelota y de su posición instantánea en el espacio. Preferiblemente, pero sin carácter limitativo, los campos de visión de todos los sensores de plano de detección son horizontales, o casi horizontales, y están situados muy próximos a la superficie de la parte más lejana dl campo.

35 Las medidas de los parámetros de las pelotas lanzadas se realizan convenientemente por un medio que sea de bajo coste, y tenga fiabilidad y una amplia "aceptación de golpe" En este contexto, el término "aceptación de golpe" significa la capacidad del medio de medida para medir todos los tipos de golpes cuando la pelota abandona el punto de salida en una amplia variedad de velocidades y direcciones. Preferiblemente, los parámetros iniciales de descenso se miden sobre una pequeña longitud de una trayectoria inicial de pelota (por ejemplo, no superior a 5 metros, pero con más preferencia menos de 2 metros), de tal manera que las pelotas que se encuentren procedentes de zonas de salida adyacentes no interfieran con la medida. Sin embargo, se podría emplear cualquier medio de medir los parámetros iniciales de descenso de una pelota de golf en presencia de otras pelotas de golf en vuelo. Los medios de tratamiento de señal requieren datos que identifiquen cada zona de salida del campo de prácticas y registren la distancia, la dirección del acimut y la altura de cada punto de salida con respecto a cada objetivo del campo de golf.

45 Se puede medir el tiempo del impacto de las pelotas en las zonas de salida mediante la detección del sonido el impacto usando uno o varios micrófonos. Si se requiere, se podría obtener una medida aproximada de la velocidad y dirección de lanzamiento de la pelota a partir de las señales de varios micrófonos, posiblemente configurados como una agrupación en fase. Alternativamente, el tiempo de impacto se puede obtener por medios ópticos, por ejemplo mediante la detección del paso de la pelota a través de uno o varios planos de detección. Los citados medios ópticos se podrían configurar para medir el tiempo de impacto y opcionalmente como mínimo uno de entre los parámetros de velocidad de lanzamiento de la pelota, ángulo azimutal del lanzamiento y ángulo de elevación del lanzamiento de cada pelota golpeada.

50 Mientras que en una modalidad del invento se pueden usar pelotas de golf estándar, puede ser ventajoso usar pelotas con una superficie retro-reflectora. Dos son las ventajas de las pelotas de golf retro-reflectoras. En primer lugar, las pelotas son más fáciles de detectar por medios de sensores ópticos, especialmente en alcances largos. En segundo lugar, por la noche o en condiciones de poca iluminación ambiental, las pelotas son mucho más visibles al ojo humano cuando se iluminan con una fuente luminosa muy próxima al jugador de golf. Esto permite utilizar una energía y una intensidad de iluminación muy reducidas, lo cual es conveniente desde el punto de vista ambiental.

60 Los principales inconvenientes de las pelotas de golf retro -reflectoras incluyen el coste adicional de su fabricación y la posible degradación de la superficie retro-reflectora con el uso frecuente. Por tanto, es un objeto del invento proveer métodos y sistemas para identificar los golpes e golf que sean compatibles con pelotas de golf estándar no modificadas, y también métodos y sistemas que se diseñen para funcionar con pelotas de golf retro-

reflectoras.

Es también un objeto del invento proveer métodos y sistemas que son sustancialmente inmunes a las diferencias en las propiedades aerodinámicas de los diferentes tipos y condiciones de las pelotas de golf. Aunque los diámetros y los pesos de los diferentes tipos de pelotas de golf son todos muy similares, sus patrones de hoyuelo varían significativamente, y ello da lugar a diferencias sustanciales en la longitud del alcance y en la duración del vuelo en condiciones de lanzamiento idénticas. Lo anterior se ha ilustrado en una comunicación que describe la investigación de la Asociación de Golf de los Estados Unidos (en adelante USGA) sobre predicción del vuelo de pelotas de golf (Quintavalla, S.J., 2002. Un modelo aplicable en general al comportamiento aerodinámico de las pelotas de golf. Publicada en *Science and Golf TV*, Ed. E. Thain, 346-348 London: Routledge). En esta comunicación, Quintavalla usa una mezcla de tipos de pelotas que presentan variaciones en longitud de transporte y duración de vuelo debidas solamente a las diferencias de patrones de hoyuelos, con longitudes de alcance que varían en 25 metros (con una longitud media del alcance de 238 metros y duraciones de vuelo que varían en 1,0 segundos (con una duración media de vuelo de 6,3 segundos): Otros patrones de hoyuelos no incluidos en esta investigación podrían exceder con mucho a estas diferencias, y el efecto de la degradación de la superficie será aún más crítico a medida que la degradación llegue a ser grave.

En consecuencia, es evidente que las fuerzas aerodinámicas ascensional y de arrastre afectan de forma diferente a las pelotas de golf que tengan diferentes características de superficie. Sin embargo, las fuerzas ascensional y de arrastre para golpes de aproximación cortos (por ejemplo, hasta 25 metros) tienen una intensidad mucho menor que la de fuerza de la gravedad, con lo que la trayectoria se aproxima mucho a una parábola, con el ángulo y la velocidad de descenso iguales al ángulo y velocidad de lanzamiento (en una superficie de juego horizontal). Una "visión a vista de pájaro" de un golpe chip corto muestra que la bola vuela siempre en una dirección sustancialmente recta sin desviarse significativamente a la derecha o a la izquierda (es decir, sin coger efecto a la derecha ni a la izquierda). De nuevo en este caso, esto se debe a que el efecto lateral y los vientos de costado tienen un efecto despreciable sobre el vuelo de las pelotas de golf a bajas velocidades. Se ha averiguado que, si se mide la velocidad de descenso de la pelota, se puede decir cuándo se ha golpeado la pelota, suponiendo que la pelota se ha lanzado en un plano horizontal dado (por ejemplo, al nivel del suelo). Además, si se mide la dirección de su azimut y su velocidad, se puede calcular con precisión la posición del impacto inicial. Por tanto, se puede identificar quién efectuó el golpe independientemente del patrón de hoyuelos o del estado de la superficie de la pelota. Esto ilustra el principio del presente invento como aplicable a los golpes chip cortos.

Sin embargo, los campos de prácticas a veces están escalonados, con lo que no se puede suponer que una pelota se haya lanzado desde el nivel del suelo. Para el caso en el se haya lanzado un golpe de paso corto de forma muy escarpada, los errores en la medida de sus parámetros de descenso hacen que no sea fiable estimar si la pelota se ha golpeado desde un escalón más o desde un escalón más bajo. Por esta razón, es preferible medir el tiempo de impacto para todos los golpes. Esta información adicional permite una identificación fiable sobre dónde y cuándo se han efectuado golpes de golf de corto alcance. El tiempo de impacto también aporta un registro de cuántas pelotas se han jugado en cada puesto de salida. Esto monitoriza la utilización de las pelotas por el usuario y ayuda a prevenir el robo de las pelotas.

Cuando aumentan la velocidad de lanzamiento y la distancia de vuelo, las fuerzas ascensional y de arrastre aumentan. La velocidad hacia delante se reduce rápidamente durante el vuelo, lo que hace que la parte de descenso de la trayectoria sea mucho más corta que la parte de ascenso. De aquí que, el ángulo de elevación en descenso sea mayor que el ángulo de elevación de lanzamiento y que la velocidad de descenso sea menor que la velocidad de lanzamiento. Las simulaciones de vuelo para un amplio intervalo de golpes y condiciones de viento muestran que, para una longitud de vuelo dada, se puede estimar la duración de vuelo de cualquier golpe con mucha precisión justo desde el conocimiento del ángulo de descenso. Cuando una pelota aterriza en un objetivo, los sensores ópticos, de radar o similares, miden sus velocidades componentes del descenso justo antes de que aterrice. Entonces, un ordenador central estima la duración del vuelo y busca para acoplarla de manera conjugada con el intervalo transcurrido desde el tiempo de impacto de cada pelota recientemente golpeada

En muchos casos, el proceso de acoplar de una manera conjugada un tiempo de impacto estimado y un tiempo de impacto real es todo lo que se necesita para identificar un golpe de golf. Sin embargo, en general hay que considerar más de un tiempo de impacto estimado y un tiempo de impacto real para establecer una identificación fiable. Así, para identificar la posición inicial de salida de una determinada pelota de golf descendente, a veces es necesario tratar de acoplar de manera conjugada un conjunto de parámetros de descenso (para un golpe en particular) con los parámetros de lanzamiento iniciales de uno de entre una pluralidad de "golpes posibles" que ocurra que tienen unos tiempos de impacto casi simultáneos.

Para clarificar la descripción de la presente memoria, es conveniente designar los parámetros que se refieren a un "golpe posible" con el subíndice  $k$ , donde  $k$  tiene un valor de 1 a  $K$ , y  $K$  es el número total de "golpes posibles" determinado por el proceso de identificación y nunca es mayor que el número de jugadores que usan la instalación.

Se ha averiguado que la duración de vuelo esperada  $Edu_{r_k}$  para el  $k$ -ésimo golpe posible, se puede estimar con mucha precisión a partir de la ecuación siguiente:

$$Edu_{rk} = C1_k + C2_k \times \beta \quad (1)$$

En la ecuación anterior,  $Edu_{rk}$  es la duración de vuelo esperada en segundos;  $C1_k$  y  $C2_k$  son constantes conocidas dependientes de la distancia de alcance desde la k-ésima zona de salida hasta la posición de descenso; y  $\beta$  es el ángulo medido de descenso de la pelota en la posición de descenso, en grados.

5 Se podrían usar otras modalidades de cálculo. Por ejemplo, el segundo miembro de la ecuación (1) podría incluir términos adicionales dependientes de otros parámetros de descenso, y de la velocidad media de viento a lo largo de la dirección del vuelo y de la densidad del aire. Opcionalmente, el cálculo se podría implementar con una tabla de consulta u otra forma de algoritmo.

10 En una modalidad del invento, el valor de  $Edu_{rk}$  se determina mediante un cálculo que depende exclusivamente del ángulo de elevación del descenso  $\beta$  y de la distancia del alcance. Con más preferencia,  $Edu_{rk}$  depende del ángulo de elevación del descenso, de la distancia del alcance y al menos de uno de entre los siguientes parámetros: velocidad absoluta de descenso, ángulo de azimut del descenso, velocidad del viento en la dirección de vuelo de la pelota, y densidad del aire.

15 Además de  $Edu_{rk}$ , a veces se usan otros dos parámetros en el presente invento, que son los siguientes: dirección esperada  $Edir_k$  y relación de deceleración esperada  $Edece_k$ . Mientras que  $Edu_{rk}$  se estima usando solamente parámetros de descenso o bien los parámetros de descenso combinados con los parámetros de viento, la dirección esperada  $Edir_k$  y la relación de deceleración esperada  $Edece_k$  se calculan a partir de ambos parámetros de lanzamiento y descenso combinados con los parámetros de viento.

20 La dirección esperada o el ángulo de azimut para el k-ésimo golpe posible  $Edir_k$  se pueden obtener de la siguiente ecuación:

$$Edir_k = \alpha F_k + C3_k \times (\alpha F_k - \alpha L_k) \quad (2)$$

25 En la ecuación anterior,  $C3_k$  es una constante,  $\alpha L_k$  es el ángulo de azimut de lanzamiento medido en el k-ésimo puesto de salida, y  $\alpha F_k$  es el ángulo de azimut de la posición de la pelota que desciende con respecto a su posición inicial en el k-ésimo puesto de salida. Los ángulos  $Edir_k$ ,  $\alpha L_k$  y  $\alpha F_k$  se han medido convencionalmente en sentido dextrógiro desde una dirección de referencia fija.

30 En una forma del invento, el valor de  $C3_k$  es preferiblemente 1,0 para todos los valores de  $k$ . Con más preferencia,  $C3_k$  depende de la distancia del alcance y al menos de uno de los siguientes parámetros: intensidad y dirección del viento de costado, desviación del alcance, velocidad total y dirección del viento, ángulo de elevación del lanzamiento, velocidad de lanzamiento, duración del alcance, y densidad del aire.

35 En ausencia de efecto lateral y viento de costado, y cuando se ha acoplado correctamente de manera conjugada el puesto de salida, el término  $(\alpha F_k - \alpha L_k)$  es cero, es decir, la pelota se desplaza a lo largo de una línea recta (en visión a vista de pájaro) desde el punto de salida hasta la posición de descenso. Cuando el efecto lateral o el viento de costado causan que una pelota se desvíe de la línea recta, se ha averiguado mediante simulación que la ecuación (2) puede dar una predicción muy precisa de la dirección azimutal de descenso aún para variaciones muy grandes en efecto lateral y viento de costado.

La comparación de diferentes valores de  $Edir_k$  con la dirección azimutal real en el descenso (obtenida de la medida de los parámetros del descenso) provee un medio de identificar el puesto de salida correcto que corresponde a una pelota descendente determinada.

40  $EdeC_k$  es un parámetro adimensional que está relacionado con la deceleración total de una velocidad horizontal de una pelota, y se define como la relación entre su velocidad horizontal en el lanzamiento y su velocidad horizontal en el descenso. Esta relación depende en gran escala de la duración y distancia del alcance. Para golpes chip cortos, la relación se aproxima a la unidad, puesto que hay un cambio despreciable en velocidad horizontal. Para golpes con efecto, la relación es típicamente 3,0 o superior.  $EdeC_k$  se obtiene preferiblemente a partir de la ecuación siguiente:

$$45 \quad Edec_k = C4_k + C5_k \times Dur_k \quad (3)$$

En la ecuación anterior,  $C4_k$  y  $C5_k$  son constantes y  $Dur_k$  es un valor de "duración posible" que corresponde a uno de entre un número de puestos de salida. Por tanto,  $Edec_k$  y  $Dur_k$  tienen cada uno una pluralidad de valores, y comparando cada  $Edec_k$  con los valores de la relación de deceleración obtenidos a partir de las relaciones entre las velocidades reales de lanzamiento y descenso, se provee un medio de identificar el puesto de salida correcto.

50 Los valores de  $C4_k$  y  $C5_k$  dependen preferiblemente de la distancia de alcance y ángulo inicial de lanzamiento conseguidos para un golpe; pero con más preferencia dependen de la distancia del alcance, ángulo de lanzamiento, velocidad del viento, dirección del viento y densidad del aire.

55 Cada uno de los parámetros  $Edu_{rk}$ ,  $Edir_k$ , y  $Edece_k$  tiene una distribución de errores diferente, que se puede determinar analizando los datos reales medidos cuando lleguen a estar disponibles. Frecuentemente, se puede conseguir un acoplamiento correcto esperado de manera conjugada con los parámetros reales con una certeza del

100%. Éste será usualmente el caso cuando haya solamente unos pocos jugadores usando una instalación de acuerdo con el invento y los tiempos de impacto de sus golpes estén separados por unos pocos segundos. Sin embargo, esto ocurrirá frecuentemente en tiempos de mucha ocupación. Los registros de estos golpes “con un 100% de certeza” más los registros de las condiciones atmosféricas y de viento predominantes se pueden usar para refinar los algoritmos de identificación de golpe y los datos acumulados de distribución de errores.

Un método preferido de identificar el puesto de salida correspondiente a una pelota descendente determinada es basar primero la identificación exclusivamente en un acoplamiento de manera conjugada entre una de las  $k$  posibles duraciones de alcance  $Dur_k$  ( $k = 1, 2, \dots, k$ ) y las correspondientes duraciones esperadas  $Edur_k$ . Se puede hacer que el número  $k$  dependa de la distancia del alcance y de las condiciones de viento, y elegirse de tal manera que incluya todos los golpes que se dieron dentro de unos tiempos de duración obtenibles. Alternativamente, se puede configurar un valor por defecto para  $k$  incluyendo todos los golpes que se hayan dado durante los 10 segundos anteriores. Las posibles duraciones del alcance  $Dur_k$  son iguales a las diferencias de tiempo ( $t_d - t_k$ ) donde  $t_d$  es el tiempo en el instante de medir el descenso y  $t_k$  el tiempo de impacto de un golpe en el puesto de salida  $k$ -ésimo. En algunos casos habrá solamente una única coincidencia muy aproximada, con otros golpes que no coincidan por 3-sigma o mayor. En este caso es seguro suponer que es correcta la coincidencia única.

En el caso de que dos tiempos de impacto reales coincidan en  $Edur_k$  dentro de 3 desviaciones típicas (sigma) (o de cualquier otro límite de error), las coincidencias se realizan preferiblemente usando al menos dos o tres probabilidades de evento  $P(Dur_k)$ ,  $P(Dir_k)$ , y  $P(Dec_k)$  que se determinan a partir de las distribuciones de errores.  $P(Dur_k)$  se define como el complemento de la probabilidad del evento en el que la duración real de alcance caiga dentro de  $\pm (Edur_k - Dur_k)$  alrededor de  $Edur_k$ . Como  $Edur_k$  es la duración más probable (obtenida de analizar una gran muestra de golpes anteriores), el valor de la función de distribución acumulada  $F(Edur_k)$  es 0,5, mientras que  $F(Dur_k)$  tomará algún valor por encima o por debajo de 0,5 dependiendo de si es mayor o menor que  $Edur_k$ , respectivamente. Por tanto,  $P(Dur_k)$  se define de modo siguiente:

$$P(Dur_k) = 1 - 2 \times |F(Dur_k) - 0,5| \quad (4)$$

Cuando los valores de  $Edur_k$  y  $Dur_k$  son muy próximos, la probabilidad  $P(Dur_k)$  se acerca a la unidad, y recíprocamente, cuando los valores difieren en 3 sigma o más,  $P(Dur_k)$  se aproxima a cero.

$P(Dir_k)$  y  $P(Dec_k)$  se definen de manera equivalente a partir de la distribución de errores de dirección y de la distribución de errores de la relación de desaceleración. Se supone que la coincidencia correcta es el golpe que tenga una máxima probabilidad conjunta, que puede ser o bien  $P(Dur_k, Dir_k)$  o bien  $P(Dur_k, Dec_k)$  o, con más preferencia,  $(P(Dur_k, Dir_k, Dec_k))$ .

Hay que hacer notar que existe cierta correlación entre duración y deceleración, por lo que se puede argüir que  $Dur_k$  y  $Dec_k$  no son eventos independientes. Sin embargo, los errores entre los parámetros estimados y los reales son extremadamente pequeños, y, debidos a los errores no sistemáticos de medida y a las variaciones en los parámetros no medidos, tales como la recuperación y la rugosidad de la pelota. Así, éste es el caso de que los errores en  $Edur_k$  son independientes de los errores en  $Edec_k$ , y por ello es válido decir que la probabilidad conjunta  $P(Dur_k; Dec_k)$  es igual al producto de las probabilidades individuales.

En un ejemplo hipotético, si los errores en  $Edur_k$ ,  $Edir_k$ , y  $Edec_k$  tienen una distribución normal con valores 1-sigma de 0,1 segundos, 0,7 grados y 0,1 respectivamente, y:

<b><math>Edur_2 = 4,32</math> segundos</b>	<b><math>Dur_2 = 4,32</math> segundos</b>
<b><math>Edir_2 = 81,5</math> grados</b>	<b><math>Dir_2 = 85,0</math> grados</b>
<b><math>Edec_2 = 2,2</math></b>	<b><math>Dec_2 = 2,4</math></b>
Entonces: <b><math>P(Dur_2) = 1</math></b> <b><math>P(Dir_2) = 0</math></b> <b><math>P(Dec_2) = 0,046</math></b>	

En el ejemplo anterior, la duración esperada de una pelota descendente coincidía perfectamente con el tiempo de impacto real del segundo golpe posible ( $k = 2$ ), por lo que  $P(Dur_2)$  es igual a 1.0. Sin embargo,  $P(Dir_2)$  es cero, porque la diferencia entre la dirección esperada y la dirección real es mucho mayor de 3-sigma. De ese modo, la probabilidad conjunta de que el segundo golpe candidato sea la coincidencia correcta es cero, por lo que este golpe no coincide.

A continuación se describen, de acuerdo con el presente invento, métodos y sistemas a título de ejemplo y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es un diagrama lógico de bloques de un sistema acorde con el invento para uso en la provisión de medios de identificación en una instalación de golf;

La Figura 2 es un diagrama que muestra el perfil general de un golpe de golf en alzado lateral;

La Figura 3 es un gráfico de la distancia del alcance en función de la recuperación para un golpe de golf representativo;

Las Figura 4 (a) y 4(b) son representaciones gráficas de la duración  $T$  de vuelo en función del ángulo de descenso  $\beta$  para golpes de golf simulados;

La Figura 5 es una vista en planta esquemática de un campo de prácticas mostrando los caminos de trayectoria de dos ejemplos de golpes de golf;

5 La Figura 6 es una representación gráfica de errores en ángulo azimutal en función de la velocidad con viento de costado para golpes de golf simulados;

La Figura 7 es una representación gráfica de relaciones de deceleración en función de la duración del alcance para golpes de golf simulados;

10 La Figura 8 es un alzado en planta de un aparato de medida de descenso de la pelota y del objetivo de acuerdo con el invento; y

La Figura 9 es un alzado lateral del aparato de medida de descenso de la pelota y del objetivo de la Figura 8.

15 Se han mostrado los ejes de referencia X, Y, Z por conveniencia para la orientación del transporte cuando sea apropiado en algunas de las figuras a las que se hace referencia en la descripción que sigue. A este respecto, el eje Z es vertical y apunta hacia arriba, el eje Y es horizontal y apunta hacia el suelo (es decir, a lo largo de la línea general de vuelo de un golpe de golf) y el eje X es perpendicular a los ejes Y y Z y apunta en la dirección de izquierda a derecha, mirando hacia el suelo.

El diagrama de bloques de la Figura 1 esquematiza el sistema de nivel superior para una instalación de golf de acuerdo con un aspecto del presente invento, donde varios jugadores golpean pelotas de golf en la misma zona general y se han provisto medios de detección para identificar la posición de salida inicial de cada golpe.

20 El bloque 1 representa la entrada primaria, que es una secuencia de  $n$  pelotas golpeadas en instantes aleatorios  $t_n$  desde posiciones de salida aleatorias que tiene unas coordenadas  $x_n$ ,  $y_n$  y  $z_n$ . Los bloques 2 y 3 representan entradas secundarias que comprenden diversas "perturbaciones" o entradas no medidas tales como la velocidad de rotación  $\omega$  de la pelota, su precesión axial de rotación  $\tau$ , su rugosidad, la velocidad y dirección del viento en instantes sucesivos a lo largo de su camino de vuelo, y la densidad del aire  $\rho$ , que varía con la presión atmosférica y la temperatura.

25 El bloque 4 representa la fuerza de la gravedad y las fuerzas aerodinámicas ascensional y de arrastre experimentadas por una pelota a lo largo de todo su vuelo, todas las cuales determinan el perfil y la duración del vuelo. El bloque 5 representa los analizadores de lanzamiento que miden los parámetros lineales de cada pelota después del impacto donde los parámetros lineales comprenden la velocidad vectorial, las coordenadas de posición en el impacto, y el tiempo del impacto. Típicamente, los analizadores de lanzamiento no miden los parámetros de rotación, ya que esta medida es difícil y requiere un equipo caro. Los datos de los analizadores de lanzamiento se introducen a un ordenador central 6.

30 Los sensores 7 de objetivo envían también datos al ordenador 6. Los datos medidos por los sensores 7 de objetivo comprenden las velocidades vectoriales y las coordenadas de posición de las pelotas descendentes. Como no todas las pelotas pertenecientes a la secuencia 1 de impactos de bolas alcanzan un objetivo, la muestra de las pelotas medidas por los sensores 7 de objetivo es un subconjunto  $m$  de los  $n$  impactos de pelotas ( $m < n$ ). Alternativamente, los sensores de objetivo se pueden extender a través de toda la parte más lejana del campo, de tal manera que se midan todas las pelotas que lleguen a la parte más lejana del campo.. Opcionalmente, se pueden enviar al ordenador datos de uno o varios anemómetros.

35 El ordenador 6 procesa los datos de las diversas entradas para determinar qué posición de salida ( y por tanto qué jugador) corresponde a cada una de las  $m$  pelotas medidas por los sensores 7 de objetivo. Cuando un jugador posa de forma satisfactoria una pelota en un objetivo, el ordenador 6 envía una indicación de puntuación a un dispositivo 9 de lectura. Este dispositivo 9 de lectura podría ser un dispositivo central que sirva a todos los usuarios de la instalación. Por ejemplo, una vez que un jugador ha finalizado una sesión en un puesto del campo de prácticas, puede recoger una información impresa que muestre la puntuación para cada golpe. Adicionalmente, cada puesto se puede proveer de medios indicativos de puntuación individual, que pueden ser dispositivos simples basados en un tono audible, indicadores con lámpara de diodo emisor de luz (en adelante LED) o un elemento similar, o bien medios más sofisticados como las pantallas táctiles.

40 En una realización preferida, el sistema está provisto de dos o más medios de presentación visual de puntuaciones y otra información. Las banderas instaladas en la parte más lejana del campo marcan los centros de varios objetivos, y cada bandera puede estar provista de tres balizas de LED diferentemente coloreadas que están posicionadas y concentradas de tal manera que sean fácilmente visibles a los jugadores que se encuentren en los puestos de salida. Se podría emplear una modalidad sencilla de puntuación tal como una puntuación de uno, dos o tres puntos para los golpes que aterricen dentro de un intervalo del 10%, 5% ó 2% de un objetivo, respectivamente, correspondientes (por ejemplo) a una luz de baliza LED roja, blanca o azul. La luz de una baliza preferiblemente se ilumina por impulsos de encendido y apagado, para que se pueda apreciar mejor, y permitir que se apague gradualmente en unos pocos segundos después que se haya completado la puntuación. Las balizas montadas en

banderas en las áreas de objetivos proveerían un medio de indicación, y se puede proveer un medio de indicación en paralelo dentro de cada puesto de salida. Este segundo medio de indicación podría ser una señal sonora o unos indicadores correspondientes coloreados de LED o elementos similares que solamente se activen en un puesto de salida cuando se haya impactado desde ese puesto un golpe de puntuación.

5 Una ventaja de un indicador simple, sonoro o de LED, estriba en que puede ser muy económico y robusto, y por tanto menos vulnerable a robos o vandalismos comparado con dispositivos más sofisticados. Sin embargo, a menudo los jugadores prefieren una presentación visual generada por ordenador o instalaciones de pantalla táctil o equipos similares, y dichas presentaciones visuales podrían estar instaladas permanentemente. Alternativamente, en lugar de proveer estas presentaciones visuales como equipo incorporado permanentemente, se podrían proporcionar ventajosamente como unidades portátiles. Estas unidades portátiles podrían ser presentaciones visuales diseñadas a propósito que opcionalmente alquilasen los jugadores por la duración de sus juegos o bien podrían ser un ordenador portátil propiedad del usuario o un dispositivo manual como un ordenador de bolsillo o asistente personal digital (en adelante PDA) o un “teléfono inteligente” o equipo similar. Los modernos ordenadores portátiles y PDA están dotados a menudo de un equipo de comunicación de datos de corto alcance tipo Bluetooth™ para que se pueda instalar una aplicación de software adecuada en un PC personal del usuario con el fin de que se pueda comunicar con el sistema de identificación y puntuación de golpes, que también deberá estar dotado de Bluetooth™. Se podría instalar cualquier sistema estándar de comunicación inalámbrica, incluyendo la tecnología de radiodifusión y de infrarrojos. Además de la puntuación de golpe por golpe, la aplicación de software podría proveer otros muchos servicios como facturación y pago sobre la marcha, puntuación para múltiples jugadores, registro para competición, análisis de golpes, historial de prestaciones individuales, etc.

Normalmente, a los jugadores que están en el campo se les facilita una “tarjeta de juego” electrónicamente legible o un dispositivo equivalente que contiene un código de identificación de usuario. A todos los puestos de salida (como mínimo a algunos) pertenecientes a la instalación se les facilita un dispositivo lector de tarjeta de juego. Cuando se lee una tarjeta de juego en un determinado puesto de salida, se activan los sensores de lanzamiento y los medios de lectura en relación de asociación con el puesto de salida determinado. El jugador puede optar por utilizar solamente los indicadores básicos de lectura o usar un ordenador portátil. El ordenador portátil del usuario debe programarse para enlazar con los datos e instrucciones de control específicos para el código de identificación contenido en su tarjeta de juego. Si se prefiere, algunos usuarios de la instalación pueden golpear pelotas fuera de los puestos de salida sin usar una tarjeta de juego, pero en este caso no se activa el enlace de datos que está en relación de asociación con sus puestos de salida.

Los sensores 7 de objetivo se podrían configurar también para medir el rebote de las pelotas que aterricen en un objetivo. Estas medidas no se usan para identificación de golpes, puesto que el rebote depende en gran escala de las condiciones del terreno que varían de forma aleatoria, tales como las irregularidades de las superficies, la absorción del impacto, etc. Sin embargo, los datos adicionales son muy útiles para los golfistas, puesto que suministran información directa en relación con el bote real de una pelota de golf después de su trayectoria de alcance y a partir de él la extensión probable de la carrera final (es decir, bote y rodadura) de la pelota. Además, se puede calibrar con bastante precisión la predicción del bote y rodadura subsiguientes para un terreno dado.

La Figura 2 es un diagrama que muestra el perfil general de un golpe de golf en alzado lateral. La trayectoria del alcance 20 comprende el camino de vuelo de la pelota desde su punto 21 de lanzamiento inicial hasta el punto de su primer rebote 22. Nótese que la trayectoria del alcance es asimétrica con el ángulo  $\epsilon$  de elevación inicial de lanzamiento menor que el ángulo de descenso  $\beta$  (ambos ángulos con respecto a la horizontal). Esta simetría ( $\beta > \epsilon$ ) es casi siempre verdadera para los golpes de golf reales, pero para los golpes chip cortos (por ejemplo de 25 metros) la trayectoria es casi simétrica.

La Figura 3 muestra una representación gráfica de los porcentajes de distancias del alcance en función de la recuperación para un típico golpe con efecto con un ángulo de lanzamiento de 12 grados y una velocidad de lanzamiento de 57 m/s en condiciones de viento en calma. Los valores de la longitud del alcance y de la duración del alcance se calcularon usando fórmulas y modelos estándar para coeficientes de fuerza ascensional y de arrastre que son conocidos para simular aproximadamente las prestaciones de las pelotas de golf reales. Se muestra que el máximo alcance ocurre cuando la recuperación es aproximadamente 4500 rpm, pero la distancia del alcance se reduce en menos del 5% para un amplio intervalo de recuperaciones desde por debajo de 3000 rpm hasta por encima de 7000 rpm. Se muestra el tiempo de vuelo T y el ángulo de descenso  $\beta$  en tres puntos del gráfico, a saber, 2000 rpm, 4500 rpm y 8000 rpm. Esto muestra que al aumentar la recuperación lo hacen también el tiempo de vuelo T y el ángulo de descenso  $\beta$ .

Hay una fuerte correlación entre la duración del vuelo y el ángulo de descenso. Esto se deduce del hecho de que una pelota que permanece en el aire durante más tiempo, comparada con otra pelota que alcanza la misma distancia, debe subir más alto en el aire, y por tanto tendrá un descenso más escarpado. En ausencia de viento y siempre que todas las pelotas de una instalación tengan unas propiedades aerodinámicas que tengan una coincidencia muy próxima, el tiempo de vuelo T de cualquier pelota se puede determinar con gran precisión simplemente mediante la medida del ángulo de descenso  $\beta$ . En general, el viento y las variaciones en la rugosidad de las superficies (que afectan a las propiedades aerodinámicas) afectarán todos también a T.

La rugosidad de una superficie puede ser tanto intencionada (como el patrón de hoyuelos de una pelota de

5 golf moldeado en la superficie durante su fabricación) como accidental (por ejemplo, la rugosidad causada por cortes, abrasión, contaminación superficial y efectos análogos). La relación entre la rugosidad superficial y las propiedades aerodinámicas es muy compleja, pero para más sencillez, en la presente memoria se supondrá que un aumento en la rugosidad superficial va acompañado de un aumento en la intensidad de las fuerzas aerodinámicas ascensional y de arrastre. Las fuerzas aerodinámicas que actúan sobre una pelota son proporcionales normalmente al cuadrado de la velocidad que lleva la pelota a través del aire circundante

10 Un aspecto del presente invento se basa en la realización de que, en cuanto a un primer orden, el viento, la recuperación y la rugosidad superficial tienen todos un efecto similar en el vuelo de la pelota. Los vientos en contra tienen el efecto de aumentar las fuerzas ascensional y de arrastre sobre una pelota, porque aumentan su velocidad con respecto al aire circundante, mientras que los vientos a favor tienen el efecto contrario. De ese modo, el efecto común de una alta recuperación, intensos vientos en contra y elevada rugosidad superficial es un aumento en la duración del vuelo T y un aumento en el ángulo de descenso  $\beta$  para una distancia de alcance determinada. Recíprocamente, una recuperación baja, unos vientos a favor de poca intensidad y una rugosidad superficial pequeña son equiparables a cortas duraciones de vuelo y pequeños ángulos de descenso.

15 Las Figuras 4 ( a ) y 4 ( b ) son gráficos de la duración de vuelo T en función del ángulo de descenso  $\beta$ , con datos obtenidos por simulación.

20 En el gráfico 4 ( a ), todos los golpes alcanzaron 91,4 metros (100 yardas) con un viento en contra que variaba de un modo aleatorio desde 3,5 m/s hasta 8,5 m/s con un valor medio de 6 m/s. Los ángulos de lanzamiento variaron de forma aleatoria desde 27,0 hasta 33, 4 grados, y la recuperación inicial varió también de forma aleatoria con un valor medio de 2710 revoluciones por minuto (en adelante rpm). Para cada golpe, se ajustó la velocidad de lanzamiento para dar 91,4 metros de alcance siendo la velocidad de lanzamiento media 36,7 m/s.

25 Los datos para el gráfico 4 ( b ) se obtuvieron usando los mismos valores aleatorios de ángulos de lanzamiento , pero ayudados por la variación de vientos a favor con un promedio de 6 m/s. La velocidad media de lanzamiento requirió lograr un alcance de 91,4 metros con vientos a favor reducidos hasta 33,6 m/s, con una correspondiente recuperación media más baja de 2500 RPM. Los gráficos muestran que los vientos en contra aumentan significativamente la duración del vuelo y también causan una dispersión mayor en los datos comparados con los vientos a favor.

30 A partir de los gráficos de las Figuras 4 ( a ) y 4 ( b ) es evidente que la relación entre T y  $\beta$  es casi lineal. Por tanto, una línea de ajuste óptimo a través de cada conjunto de datos daría una estimación muy precisa de T en función de  $\beta$ . Por consiguiente, se puede construir una sencilla ecuación para calcular una estimación de la duración esperada del vuelo  $Edur_k$  en función de  $\beta$ , donde k toma un valor de 1 a K y K es el número total de "golpes posibles" determinado por el proceso de identificación.

$$Edur_k = C1_k + C2_k \times \beta \quad (1)$$

35 La ecuación (1) ya sea expresada en la forma anterior o en una forma alternativa que no se conoce, no obstante proporciona unas estimaciones muy precisas de la duración de vuelo  $Edur_k$ , independientemente de la rugosidad de la pelota, viento predominante y m, recuperación impartida.

40 Las constantes  $C1_k$  y  $C2_k$  se podrían determinar simplemente como una función de la distancia del alcance desde el k-ésimo puesto de salida hasta la posición de descenso, pero, especialmente para grandes distancias de alcance, preferiblemente se determinan a partir de varios parámetros incluyendo la distancia del alcance, la velocidad del viento, la dirección del viento, el ángulo de lanzamiento, la velocidad de lanzamiento, y la densidad del aire.

45 Es preferible elegir valores de  $C1_k$  y  $C2_k$  que sean específicos para un intervalo pequeño de valores de  $\beta$  y preferiblemente para un intervalo pequeño de velocidad de viento hacia el suelo medidas por al menos un anemómetro. Los vientos en contra producen los máximos errores (comparados con las condiciones de viento en calma o vientos a favor) porque esto aumenta los efectos aerodinámicos e incrementa la duración del vuelo para una longitud del alcance dada. Esto es evidente en los gráficos de las Figuras 4 ( a ) y 4 ( b ), que corresponden a vientos en contra y vientos a favor, respectivamente.

50 El viento, medido en un punto fijo, raras veces es estable, sino que usualmente fluctúa con típicamente ráfagas de viento de 1,3 a 1,6 veces el valor medio y con una duración de ráfagas tan pequeña como dos o tres segundos (es decir, menos de la mitad de una duración de vuelo de un típico golpe con efecto). Además, la hipótesis de turbulencia congelada de Taylor enseña que la turbulencia del viento se transporta a lo largo de la dirección del viento medio total y a la velocidad del viento medio total. Así, si la velocidad media del viento es de 5 m/s, una ráfaga de viento de intensidad y duración dadas en el punto A se reproducirá exactamente dos segundos después en un punto B que estará 10 metros a favor del viento del punto A. Esta "turbulencia congelada" tiene implicaciones importantes en relación con el efecto del viento sobre el vuelo de una pelota. Las velocidades de las pelotas de golf son mucho mayores que las velocidades medias de los vientos experimentadas en un campo de prácticas. Por consiguiente, la pelota vuela rápidamente a través de las ráfagas de viento, de tal manera que los aumentos y las disminuciones en las intensidades de las ráfagas de viento a lo largo del camino de vuelo se promedian. De ese modo, con un viento a ráfagas, la velocidad instantánea del viento experimentada por una pelota cambia varias

5 veces a lo largo de todo el vuelo, pero la velocidad media del viento para la primera mitad del vuelo de una pelota es usualmente casi la misma que la velocidad media del viento durante la segunda mitad del vuelo. Este es especialmente el caso para vientos en contra por ráfagas. Por tanto, para el fin de simular el efecto del viento en contra sobre el vuelo de una pelota, es razonable suponer que las pelotas experimentan una velocidad de viento constante a lo largo de todo su vuelo.

10 Usando simulación, se pueden obtener valores para  $C1_k$  y  $C2_k$  a diferentes distancias de alcance. La Tabla 1 muestra los resultados de los estudios de simulación donde los vientos en contra se variaron de forma aleatoria desde 3,5 a 8,5 metros por segundo y donde los ángulos de lanzamiento y las recuperaciones se variaron de forma aleatoria para producir una dispersión de valores para  $\beta$ . Las velocidades de lanzamiento se ajustaron para dar la distancia de alcance establecida.

Tabla 1

Distancia del alcance en metros (yardas)	Duración Mín/Máx. (segundos)	B Mín/Máx. (grados)	$C1_k$ (segundos)	$C2_k$ (segundos)	$\Sigma$ (ms)
50 ((47))	2,7/3,3	35,7/47,8	0,94	0,048	27
*100 (94)	4,4/5,9	45,9/63,0	0,97	0,076	70
200 (188)	4,3/6,4	24,8/49,7	2,2	0,085	86

\* Datos de la Figura 4 (a)

15 Nótese que, en general, los valores de  $C1_k$  y  $C2_k$  varían con la dependencia de k, pero, para generar los datos para la Tabla 1, se simularon golpes con distancias del alcance exactas como se han mostrado, y vientos en contra predominantes con un valor medio de 6 metros por segundo; así que, en estas circunstancias,  $C1_k$  y  $C2_k$  tienen unos valores fijos para cada una de las tres simulaciones de distancia de alcance.

20 La última columna de la Tabla 1 da la desviación típica de los errores estimados en milisegundos. Los errores son muy pequeños y solamente requieren una medida de  $\beta$  y una medida aproximada de las condiciones predominantes de viento. No se requiere el conocimiento de las velocidades de lanzamiento, recuperaciones o ángulos de lanzamiento. Para aprovecharse de estas precisiones de estimación, se debe medir el valor de  $\beta$  con mucha precisión, puesto que el valor de la constante  $C2_k$  es típicamente del orden de 40 a 90 milisegundos por grado. De ese modo, un error de medida de 1,0 grados en  $\beta$  generará en sí mismo un error de estimación de 40 a 90 milisegundos. Por tanto, es preferible que la medida de los parámetros de descenso implique errores con una desviación típica de menos 1,0 grados y con más preferencia menos de 0,5 grados para la medida del ángulo de elevación en descenso de una pelota.

30 Como los errores en las estimaciones de duración de vuelo son en general muy pequeños, la identificación de la localización del impacto de una pelota descendente se puede determinar en muchos casos simplemente a partir del cálculo de este parámetro. Esto hace posible una identificación muy rápida.

35 La Figura 5 es una vista en planta de una típica instalación de golf con puestos de salida dispuestos en un arco circular 50 y un objetivo distante 51 situado en la parte más lejana del campo. En este ejemplo, el objetivo podría estar de 100 metros a 200 metros, o más, de los puestos de salida, por lo que podría ocurrir que la pelota cogiera efectos significativos a la derecha y a la izquierda. En un escenario hipotético, dos golfistas en puestos adyacentes 52 y 53 dan golpes simultáneamente con unas velocidades de lanzamiento, ángulos de elevación y recuperaciones casi idénticos, de tal manera que sus golpes alcanzan distancias iguales y aterrizan simultáneamente, pero el tiro procedente del puesto de salida 52 es golpeado con efecto a la derecha, mientras que el tiro procedente del puesto de salida 53 no tiene efecto lateral y no existe viento de costado que influya en cualquiera de los dos caminos de vuelo.

40 La línea llena 54 muestra la trayectoria en azimut del golpe procedente del puesto de salida 52, y la línea llena 55 muestra la trayectoria en azimut del golpe procedente del puesto de salida 53. El golpe 54 desciende dentro del objetivo 51 en el punto 56, mientras que el golpe 55 desciende por fuera a la derecha del objetivo 57. Sin embargo, si el tiro 54 se hubiese golpeado con efecto lateral a la izquierda, como se ha mostrado con la línea de trazos 58, podría haber descendido exactamente en el mismo punto (56) que el tiro 54.

45 Un ordenador central (que no se ha mostrado) tiene que identificar el puesto de salida desde el que se ha lanzado la pelota que se originó en el punto 56. En este caso, ambos puestos de salida se han seleccionado como candidatos probables, habiéndosele asignado al puesto de salida 52 un  $k = 2$  y al puesto de salida 53 un  $k = 1$ . Sin embargo, los tiempos reales de impacto  $Dur_2$  y  $Dur_1$  corresponden al  $Edur_2$  estimado, pero las diferencias medidas en los ángulos de azimut proporcionan los medios de seleccionar el puesto de salida 52 y rechazar el puesto de salida 53.

En los puestos de salida, se mide el ángulo de lanzamiento de azimut inicial de cada tiro, y en cada objetivo se mide el ángulo de azimut de descenso  $\alpha_{des}$  de toda pelota que llegue a un objetivo. Todos los ángulos se miden con referencia a una dirección fija y en una rotación dextrógira o levógira. En la Figura 5 se han mostrado los ángulos medidos con referencia aleje X en una rotación dextrógira. Para cada punto de impacto y cada posición de descenso, existe un ángulo adicional al que se denominará  $\alpha F$ , que es el ángulo subtendido por una línea recta hipotética trazada entre el punto de impacto y la posición de descenso (mostrada para el tiro 54 en la Figura 5 como la línea de trazos 59).

Como el tiro 55 es recto, el ángulo de lanzamiento inicial, el ángulo final y el ángulo de descenso son todos iguales. Para el tiro 54, el efecto a la derecha causa que la trayectoria de azimut se curve en un arco aproximadamente circular, con lo que estos ángulos son todos diferentes. La trayectoria de azimut no es exactamente circular, especialmente si los vientos de costado afectan al camino de vuelo, pero en un número sorprendentemente grande de casos, se ha averiguado (a partir de simulación) que  $(\alpha F - \alpha L)$ , es igual con mucha aproximación a  $(\alpha_{des} - \alpha F)$ , lo cual corresponde a un arco circular.

Se puede usar esta relación para estimar con precisión la dirección de azimut  $Edir_k$  de una pelota a partir de medidas de  $\alpha F_k$  y  $\alpha L_k$ . Para un golpe dado, una estrecha coincidencia entre el valor de  $Edir_k$  obtenido de un puesto de salida determinado y  $\alpha_{des}$  indica una elevada probabilidad de que dicho golpe dado esté correctamente acoplado de manera conjugada con el citado puesto de salida determinado. Refiriéndose de nuevo a la Figura 5, como el valor de  $Edir_2$  según se ha estimado para el puesto de salida 52 coincide estrechamente con el valor medido de  $\alpha_{des}$ , el ordenador central puede identificar correctamente el puesto de salida 52 como el origen del golpe 54, mientras que  $Edir_1$  no corresponde al valor medido de  $\alpha_{des}$ .

En general,  $Edir_k$  se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$Edir_k = \alpha F_k + C3_k \times (\alpha F_k - \alpha L_k) \quad (2)$$

Se ha averiguado, a partir de la simulación, que haciendo  $C3_k$  igual a 1,0 se dan generalmente buenas estimaciones para la mayoría de golpes de golf posibles. Con más preferencia,  $C3_k$  depende de la distancia del alcance, y de al menos uno de los siguientes parámetros: intensidad y dirección del viento de costado, desviación del alcance, velocidad total y dirección del viento, ángulo de elevación en el lanzamiento, velocidad de lanzamiento, duración del alcance y densidad del aire.

Opcionalmente, un anemómetro 60 se posiciona cerca de los puestos de salida 50 y un segundo anemómetro se coloca en el extremo lejano de la parte más lejana del campo. Los anemómetros preferiblemente usan medios de detección sónica de 2 ejes capaces de descomponer variaciones de muy corto plazo en velocidad y dirección del viento. Los datos de los anemómetros, que se podrían registrar a tasa de muestreo de 10 muestras por segundo o mayores, se usan para calcular la velocidad y dirección aproximadas del viento a lo largo de la parte más lejana del campo mediante un procedimiento de interpolación y extrapolación. Los anemómetros preferiblemente se montan en postes a una altura de 10 metros o así o en la altura media esperada de los golpes de golf. En otras disposiciones, solamente se usa un anemómetro de 2 ejes para obtener una estimación aproximada de la dirección e intensidad del viento actuales, o bien se usan varios anemómetros, que podrían ser de los tipos de 2 ó 3 ejes, para obtener estimaciones más precisas. Se pueden proveer anemómetros especiales, contruidos a propósito, cuando la longitud del alcance para la medida sónica se extiende varios metros en lugar de unos pocos centímetros como es usual en los dispositivos disponibles comercialmente.

La Figura 6 es una representación gráfica de errores en  $Edir_k$  en función de la velocidad del viento de costado para golpes con efecto simulados. Cada golpe de la muestra alcanzó 220 metros (240 yardas) y se lanzó con ángulos de elevación aleatorios y recuperación aleatoria. Adicionalmente, cada golpe tuvo un gran componente de efecto lateral (aleatorio) que fue suficiente para resultar en una desviación media de 27 metros en condiciones de viento en calma. El viento de costado se varió desde - 4 m/s hasta + 12 m/s (donde el viento de costado negativo ayudaba a la desviación por efecto lateral y viceversa). Una línea de ajuste óptimo 62 pasa por los puntos de datos y muestra la tendencia general de los errores. En vientos de costado de poca intensidad, los errores son despreciables, pero existe un incremento gradual en los errores a medida que aumentan las intensidades del viento de costado. Este incremento gradual es menor de 0,25 grados por m/s de viento de costado. Se ha averiguado que la desviación típica de los errores con respecto a la línea de ajuste óptimo 62 es menor de 0,25 grados. Este es casi una centésima de la desviación angular media causada simplemente por el efecto lateral impartido. Por tanto, es evidente que la ecuación (2) combinada con correcciones por viento de costado (si se han medido) puede proveer una estimación extremadamente precisa de  $Edir_k$ , incluso cuando existan un efecto lateral y un viento de costado de intensidades elevadas.

Para asegurar que hay muy pocas probabilidades de coincidencia errónea, es preferible incluir, como una posible coincidencia, cualquier puesto de salida en el que la diferencia entre el tiempo de impacto real y la duración del alcance estimada  $Edur_k$  sea menor de 3- sigma o incluso menor de 4- sigma. Esto a veces resultará en que dos o más puestos de salida se incluyan como coincidencias posibles incluso cuando la desviación de 3- sigma tiene un valor de una décima de segundo o así. Entonces, se usa  $Edir_k$  para hacer una selección entre los mencionados dos o más puestos de salida. Se puede proveer una certeza aún mayor de una coincidencia correcta mediante la inclusión de un tercer parámetro en el proceso de establecimiento de coincidencias que establece una coincidencia

de la velocidad de descenso de un golpe con una velocidad de lanzamiento probable. Se ha averiguado que la relación entre la velocidad horizontal de una pelota en el lanzamiento y su velocidad horizontal en el descenso (que en la presente memoria se denominará "relación de deceleración") se puede estimar con precisión incluso cuando la pelota se haya decelerado considerablemente a lo largo de la longitud de su alcance.

5 La Figura 7 es una representación gráfica de golpes de golf simulados que muestra la variación en relación de aceleración en función de la duración del alcance. Todos los golpes de la Figura 7 se sometieron a valores aleatorios de ángulo de lanzamiento, recuperación y viento, con velocidades de lanzamiento ajustadas para dar una distancia del alcance igual de 220 metros (240 yardas). Las variaciones en los parámetros iniciales de lanzamiento fueron: velocidad 69,4 a 77,2 m/s, recuperación 1010 a 3140 RPM y ángulo de lanzamiento en elevación 12 a 14 grados. Adicionalmente, el viento a lo largo de la dirección del vuelo varió en el intervalo de  $\pm 1,3$  m/s ( $\pm 3$  millas por hora). Estos datos representan unos golpes con efecto muy largos, típicos de jugadores de campeonatos o de amateurs muy buenos.

15 A partir de la Figura 7 se ve que existe una buena correlación entre relación de deceleración y duración del vuelo, que varió desde 5,2 hasta 6,8 segundos. La línea 70 es el ajuste lineal óptimo a través de los datos. La ecuación para esta línea, que se muestra más adelante, da el valor óptimo de una estimación para la relación de deceleración  $Edec_k$  para el k-ésimo "puesto de salida posible" en función de la duración de vuelo posible  $Dur_k$ .

$$Edec_k = C4_k + C5_k \times Dur_k \quad (3)$$

Las constantes  $C4_k$  y  $C5_k$  dependen principalmente del ángulo de elevación de lanzamiento, distancia del alcance obtenida, velocidad del viento, dirección del viento, y densidad del aire.

20 A pesar del intervalo más bien amplio de las condiciones de lanzamiento, se ha averiguado que la distribución de los errores entre  $Edec_k$  y los datos reales de la Figura 7 tiene una desviación típica de solamente un 3,2%. Para la gran mayoría de golpes,  $Edec_k$  es incluso más aproximada a la real. Esto es especialmente cierto para golpes con velocidades de lanzamiento significativamente menores, puesto que la relación de deceleración entonces se aproxima a la unidad y los errores llegan a ser despreciables. De ese modo, con tal que se disponga de unas medidas razonablemente precisas de velocidad horizontal de lanzamiento, ángulo de elevación en el lanzamiento y velocidad horizontal de descenso, las diferencias entre  $Edec_k$  y las posibles coincidencias de relaciones de deceleración en varios puestos de salida proporcionan un medio muy fiable de identificar golpes de golf. La precisión de  $Edec_k$  se mejora adicionalmente si se dispone de medidas de la velocidad y la dirección del viento.

30 El proceso de identificación de golpes se basa en evaluar la probabilidad de que el tiempo de impacto real y adicionalmente (si se requiere) la dirección de lanzamiento real o la velocidad horizontal de lanzamiento real, de uno de entre una pluralidad de golpes procedentes de los puestos de salida, corresponde a los parámetros de descenso de una pelota. Para estimar esta probabilidad, se analizaron en primer lugar los datos de una muestra de golpes anteriores para obtener  $Edur_k$ ,  $Edir_k$  y  $Edec_k$ , que son los valores de los tres parámetros relevantes que tienen la densidad de probabilidad más alta. La distribución de los resultados por encima y por debajo de  $Edur_k$ ,  $Edir_k$  y  $Edec_k$  da entonces los valores para las tres desviaciones típicas correspondientes de errores a partir de las cuales se pueden estimar las probabilidades. No es práctico determinar  $Edur_k$ ,  $Edir_k$  y  $Edec_k$  y sus desviaciones típicas para toda combinación posible de parámetros de descenso, parámetros de viento y parámetros de lanzamiento, pero un análisis de los datos puede generar un modelo de tal manera que los valores para cualquier conjunto específico de condiciones se puedan determinar a partir de valores de interpolación de tablas de consulta o de otros medios de cálculo.

40 Con las diferencias muy pequeñas entre  $Edur_k$ ,  $Edir_k$  y  $Edec_k$  y los parámetros reales para "golpes con posibilidad muy cercana", las distribuciones de errores tienen posibilidad de ser simétricas y normales, con lo que se pueden obtener las probabilidades usando fórmulas estándar.

45 Por ejemplo, la probabilidad de que el tiempo de impacto del k-ésimo golpe de un conjunto de golpes posibles sea el tiempo real cuando se golpee una pelota descendente viene dada por:

$$P(Dur_k) = 1 - 2 \times [F(Dur_k) - 0,5] \quad (4)$$

Donde  $F(Dur_k)$  es la función de probabilidad acumulada para  $Dur_k$ . Las probabilidades para dirección y deceleración se obtienen con un método similar.

50 Refiriéndose ahora a las Figuras 8 y 9, un asta de bandera 80 marca el centro de un objetivo circular 81, que está situado en el centro de un campo de prácticas de golf y típicamente a una distancia de 50 a 250 metros de una fila de varios puestos de salida (que no se han mostrado). Se podrían disponer varios de dichos objetivos según la longitud del campo y podrían variar en tamaño y forma. El límite del objetivo se podría marcar de manera que fuese visible para los jugadores en los puestos de salida, o bien el objetivo 81 se podría diseñar como una zona circular sobre la parte más lejana del campo con un radio fijo desde el asta 80 de bandera.

55 Dos unidades de sensor 82 y 83 están rígidamente fijadas un poco por encima del nivel del terreno mediante unos soportes 90 y posicionadas a la derecha del objetivo y preferiblemente cerca del límite de la parte extrema derecha de la zona más lejana del campo donde no se espera que aterricen las pelotas de golf. Una estructura de

reflectores 84 discurre a lo largo de la longitud del campo (o de una longitud menor, si se requiere) en el lado opuesto del objetivo en el lado extremo izquierdo donde tampoco se espera que aterricen normalmente las pelotas de golf.

5 Las posiciones de las unidades de sensor y de la estructura de reflectores se podrían invertir o, si se prefiere, se podrían instalar unidades de sensor y estructuras de reflectores en ambos lados del objetivo.

10 Cada una de las unidades de sensor comprende un emisor superior 91 de luz y un emisor inferior 92 de luz montados por encima y por debajo de un receptor 93 de luz que actúa conjuntamente. Cada uno de los receptores de luz para las unidades de sensor 82 y 83 tiene campos de visión horizontal angulares, designados por las líneas de trazos 85 y 86 respectivamente, que son suficientes para abarcar a través del objetivo 81 (por ejemplo 45 grados o así) pero con las direcciones de los ejes desviadas como se ha mostrado. Los emisores de luz para las unidades de sensor 82 y 83 tienen campos de radiación de luz horizontal que se extienden como mínimo más allá del campo de visión de sus receptores de luz de acción conjunta. Ambos emisores de luz 91 y 92 en cada unidad de sensor tienen campos de radiación de luz vertical que divergen solamente un poco, pero lo suficiente para iluminar dos bandas retro-reflectoras separadas 94 y 95 que están fijadas al lado frontal de la estructura de reflectores. La separación vertical HR de las bandas retro- reflectoras 94 y 95 y la separación vertical HE de cada par de emisores de luz 91 y 92 son preferiblemente iguales y, sin carácter limitativo, en el intervalo de 10 a 50 centímetros.

20 Preferiblemente, los emisores de luz se activan cíclicamente de tal manera que ambos emisores superiores de luz 91 estén ENCENDIDOS y ambos emisores inferiores de luz 92 estén APAGADOS en un semiciclo y viceversa en semiciclos alternados. Durante cada semiciclo, la luz reflejada desde un par de emisores de luz se refleja desde las bandas retro-reflectoras 94 y 95 y es recibida por los receptores de luz 93, que preferiblemente tienen grandes aberturas y un sistema óptico de condensación de alta ganancia. Los receptores de luz 93 enfocan la mencionada luz reflejada sobre una o más agrupaciones lineales de sensor de luz (que no se han mostrado) dentro del subsistema de receptores de luz.

25 Las bandas retro-reflectoras 94 y 95 son de una anchura vertical uniforme en el intervalo de 20 a 30 milímetros, por ejemplo, 25 milímetros, valor que es un poco menor que el diámetro de una pelota de golf, y la abertura vertical de los emisores de luz está diseñada para tener la misma altura que las bandas retro-reflectoras 94 y 95, por ejemplo, 25 milímetros.

30 Cuando los emisores de luz 91 están ENCENDIDOS, un haz en abanico de luz típicamente infrarroja ilumina una sección de las bandas retro-reflectoras 94 y 95, y este haz de luz contiene dos caminos luminosos designados por las líneas de trazos 96 y 97. Cuando una pelota de golf entre en el camino de luz 96, parte de la luz procedente del retro-reflector 94 es interrumpida, y esto se detecta en ambas unidades de sensor 82 y 83. En cada receptor de luz, al menos un píxel de la agrupación de sensores de luz detectará la interrupción de la luz. Nótese que el mencionado "al menos un píxel" todavía recibirá luz del retro-reflector 94 a través del camino 97, con lo que la señal en el citado al menos un píxel cambia en - 6 db y este valor es suficiente para detectar de un modo fiable la presencia de una pelota de golf dentro del camino de luz. Se puede determinar la posición angular de la pelota de golf que interrumpe la luz con respecto a ambas unidades de sensor 82 y 83 por la posición respectiva de los píxeles de detección. La altura instantánea de la pelota de golf que interrumpe la luz se determina mediante la altura del camino luminoso 96. Por tanto, conociendo las posiciones angulares de la pelota de golf con respecto a las dos unidades de sensor y su altura, se puede determinar su posición instantánea en tres dimensiones. A medida que la pelota pasa a través de los cuatro caminos de luz 96 a 99, se pueden medir sus vectores de velocidad. Nótese que los caminos intermedios de luz 97 y 98 no se requieren para la medida de los vectores de velocidad de la pelota, pero no obstante están presentes, dado que no es práctico enfocar el haz en abanico del emisor de luz 91 sobre solamente el retro-reflector 94 pero no sobre el 93, y similarmente no es práctico enfocar el haz en abanico del emisor de luz 92 solamente sobre el retro- reflector 95

45 El asta 80 de bandera puede estar provista de unos medios indicadores 87 de golpe que comprendan tres balizas de luz de diferente color que se conmuten a ENCENDIDO de acuerdo con la proximidad al asta de bandera de las pelotas de golf detectadas. Esto proporciona un medio de conceder "puntuaciones" dependiendo de la precisión y distancia de los diferentes golpes de golf.

50 Se podría usar una versión modificada de las unidades de sensor y bandas retro-reflectoras de las Figuras 8 y 9 para medir parámetros de lanzamiento en los puestos de salida. En este caso, la luz de los haces en abanico y los campos de visión de los sensores de luz están orientados preferiblemente en un plano vertical.

## REIVINDICACIONES

1. Un método para identificar, con respecto a una pelota descendente, la posición de entre una pluralidad de posiciones (52, 53) de lanzamiento desde las que se haya lanzado la pelota, **caracterizado porque** el método comprende medir los parámetros de descenso de la pelota descendente para obtener al menos el tiempo de descenso de la pelota descendente y una medida dependiente de su ángulo de descenso en elevación, calcular una estimación de la duración (E<sub>dur</sub>) de vuelo de la pelota descendente en función de la medida del ángulo de descenso, medir, con respecto a cada posición (52,53) de lanzamiento, el intervalo de tiempo (Dur<sub>1</sub>, Dur<sub>2</sub>) transcurrido entre el lanzamiento de una pelota desde esa posición y el tiempo de descenso de la pelota descendente, comparar el intervalo de tiempo (Dur<sub>1</sub>, Dur<sub>2</sub>) medido con respecto a cada posición (52, 53) de lanzamiento con la estimación calculada de la duración (E<sub>dur</sub>) del vuelo de la pelota descendente para determinar para cuál de las posiciones (52, 53) de lanzamiento el respectivo intervalo es una coincidencia muy próxima con la estimación (E<sub>dur</sub>) calculada, e identificar la posición desde la que se lanzó la pelota descendente con la posición (52, 53) de lanzamiento para la que existe la coincidencia muy próxima.
2. Un método según la reivindicación 1, en el que los parámetros de descenso medidos incluyen medidas de velocidades componentes de descenso de la pelota descendente para dar el ángulo de descenso en elevación.
3. Un método según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la estimación de la duración del vuelo se calcula de acuerdo con una función sustancialmente lineal del ángulo de descenso.
4. Un método según la reivindicación 3, en el que la función sustancialmente lineal es la suma de al menos dos términos, el primero de los cuales es una constante y el segundo de los cuales es el producto de una constante por la medida dependiente del ángulo de descenso.
5. Un método según la reivindicación 4, en el que los términos primero y segundo dependen ambos de al menos uno de entre los parámetros de: distancia del alcance, velocidad del viento, dirección del viento, ángulo de lanzamiento, velocidad de lanzamiento, densidad del aire, velocidad de descenso de la pelota descendente, y el ángulo de descenso en azimut de la pelota descendente.
6. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que una medida del ángulo de descenso en azimut de la pelota descendente se obtiene de los parámetros de descenso medidos, la etapa de identificar la posición desde la que se ha lanzado la pelota descendente incluye la etapa cuyo fin es dicha identificación de discriminar entre las posiciones de lanzamiento de las pelotas lanzadas para las que existe la coincidencia muy próxima, cuya discriminación se basa en la extensión a la que con respecto a cada una de estas últimas pelotas existe una coincidencia entre la medida del ángulo de descenso en azimut de la pelota descendente y una estimación calculada para ella, y en la que esta estimación se calcula como una función de una medida del ángulo de lanzamiento en azimut de la pelota en cuestión y una medida de la marcación de la pelota descendente desde la posición de lanzamiento de la pelota lanzada en cuestión.
7. Un método según la reivindicación 6, en el que la estimación calculada del ángulo de descenso en azimut de la pelota descendente es la suma de la medida de la marcación de la pelota descendente desde la posición de lanzamiento de la pelota en cuestión y un término dependiente de la diferencia entre esta marcación y la medida del ángulo de lanzamiento en azimut de la pelota lanzada en cuestión.
8. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que se obtiene una medida de la velocidad horizontal de la pelota descendente a partir de los parámetros de descenso medidos, la etapa de identificar la posición desde la que se ha lanzado la pelota descendente incluye la etapa cuyo fin es dicha identificación de discriminar entre las posiciones de lanzamiento de las pelotas lanzadas para las que existe una coincidencia muy próxima, cuya discriminación se basa en la extensión con respecto a la que cada una de estas últimas pelotas existe una coincidencia entre: (a) una relación calculada de una medida de la velocidad horizontal de esa pelota en el lanzamiento y la medida de la velocidad horizontal de la pelota descendente, y (b) una función dependiente de un valor para la duración esperada del vuelo de la pelota lanzada en cuestión desde su posición de lanzamiento.
9. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la medida de los parámetros de descenso de la pelota descendente se hace a menos de 2 metros por encima del nivel del suelo.
10. Un sistema para identificar con respecto a una pelota de golf descendente la posición de entre una pluralidad de posiciones (52, 53) de lanzamiento desde la que se ha lanzado la pelota, caracterizado porque el sistema comprende medios para medir parámetros de descenso de la pelota descendente con el fin de obtener al menos el tiempo de descenso de la pelota descendente y una medida dependiente de su ángulo de descenso en elevación, medios para calcular una estimación de duración (E<sub>dur</sub>) del vuelo de la pelota descendente como una función de la medida del ángulo de descenso, medios para medir con respecto a cada posición (52, 53) de lanzamiento el intervalo de tiempo (Dur<sub>1</sub>, Dur<sub>2</sub>) entre el lanzamiento de la pelota desde esa posición y el tiempo de descenso de la pelota descendente, medios para comparar el intervalo de tiempo (Dur<sub>1</sub>, Dur<sub>2</sub>) medido con respecto a cada posición (52, 53) de lanzamiento con la estimación calculada de la duración (E<sub>dur</sub>) del vuelo de la pelota

descendente con el fin de determinar para cuál de las posiciones (52, 53) de lanzamiento el intervalo respectivo está en una coincidencia muy próxima con la estimación calculada (E<sub>dur</sub>), y medios para identificar la posición desde la que se ha lanzado la pelota descendente con la posición (52, 53) de lanzamiento para la que existe la coincidencia muy próxima.

- 5           11. Un sistema según la reivindicación 10, en el que los parámetros de descenso medidos incluyen medidas de velocidades componentes de descenso de la pelota descendente para dar el ángulo de descenso en elevación.
- 10           12. Un sistema según la reivindicación 10 o la reivindicación 11, en el que la estimación de la duración del vuelo se calcula de acuerdo con una función sustancialmente lineal que es la suma de al menos dos términos, el primero de los cuales es una constante y el segundo de los cuales es el producto de una constante por la medida dependiente del ángulo de descenso, y en el que los términos primero y segundo dependen ambos de al menos uno de los siguientes parámetros: distancia del alcance, velocidad del viento, dirección del viento, ángulo de lanzamiento, velocidad de lanzamiento, densidad del aire, velocidad de descenso de la pelota descendente, y el ángulo de descenso en azimut de la pelota descendente.
- 15           13. Un sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en el que se obtiene una medida del ángulo de descenso en azimut de la pelota descendente a partir de parámetros de descenso medidos, la identificación de la posición desde la que se ha lanzado la pelota descendente incluye, con el fin de dicha identificación, discriminar entre las posiciones de lanzamiento de las pelotas lanzadas para las que existe una coincidencia muy próxima, cuya discriminación se basa en la extensión en la que con respecto a cada una de estas últimas pelotas existe una coincidencia entre la medida del ángulo de descenso en azimut de la pelota descendente y una estimación calculada para ella, y en el que esta estimación se calcula como una función de una medida del ángulo de lanzamiento  $\alpha$  en azimut de la pelota lanzada en cuestión y una medida de la marcación de la pelota descendente desde la posición de lanzamiento de la pelota lanzada en cuestión.
- 20           14. Un sistema según la reivindicación 13, en el que la estimación calculada del ángulo de descenso en azimut de la pelota descendente es la suma de la medida de la marcación de la pelota descendente desde la posición de lanzamiento de la pelota lanzada en cuestión y un término dependiente de la diferencia entre esta marcación y la medida del ángulo de lanzamiento en azimut de la pelota lanzada en cuestión.
- 25           15. Un sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, en el que se obtiene una medida de la velocidad horizontal de la pelota descendente, a partir de los parámetros de descenso medidos, la identificación de la posición desde la que se ha lanzado la pelota descendente incluye, con el fin de dicha identificación, discriminar entre las posiciones de lanzamiento de las pelotas lanzadas para las que existe la coincidencia muy próxima, cuya discriminación se basa en la extensión con respecto a la cual cada una de estas últimas pelotas existe una coincidencia muy próxima entre: (a) una relación calculada entre una medida de la velocidad horizontal en el lanzamiento y una medida de la velocidad horizontal de la pelota descendente, y (b) una función dependiente de un valor para la duración esperada del vuelo de la pelota lanzada en cuestión desde su posición de lanzamiento.
- 30
- 35

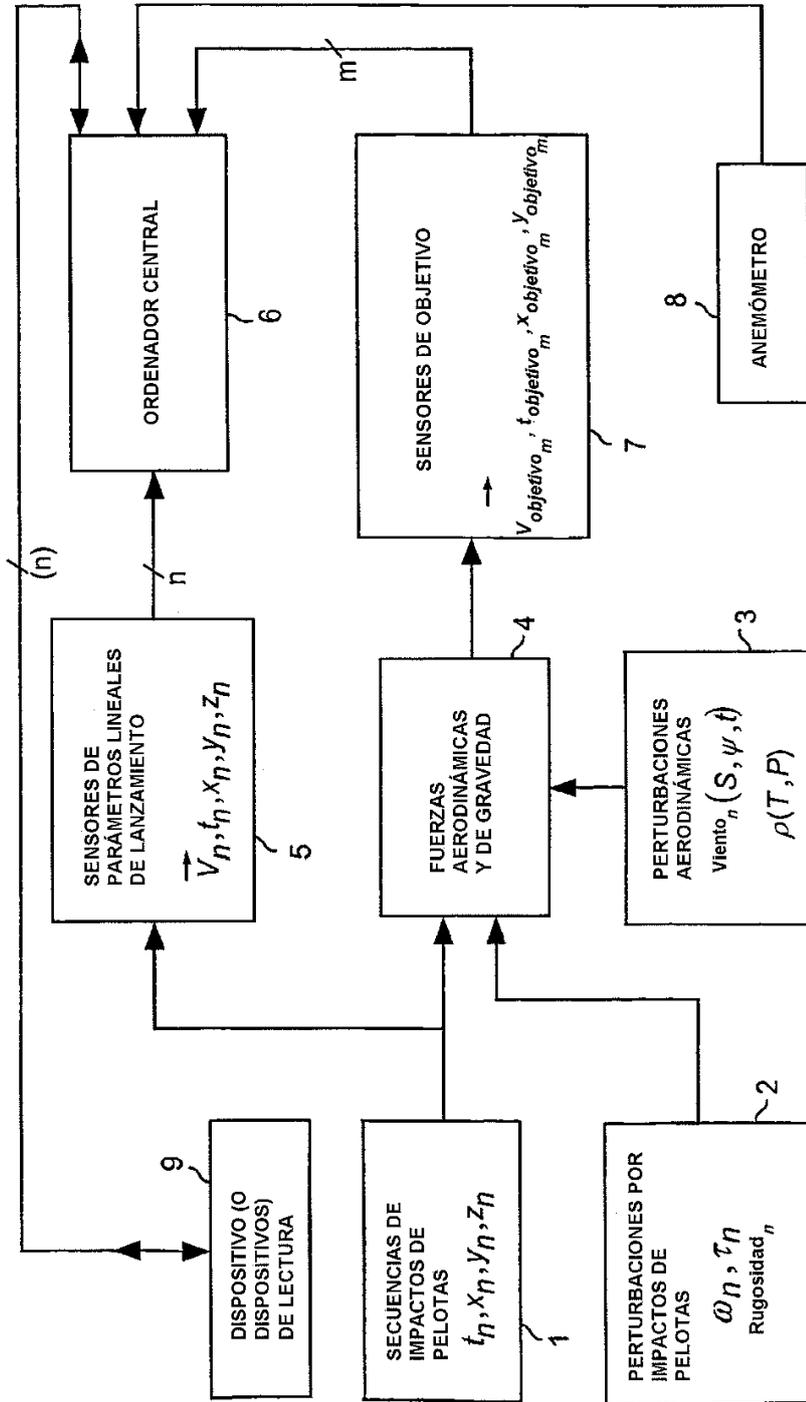


FIG. 1

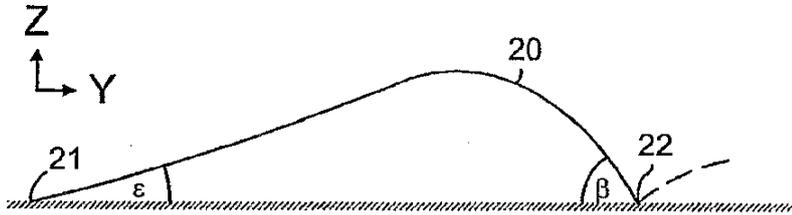


FIG. 2

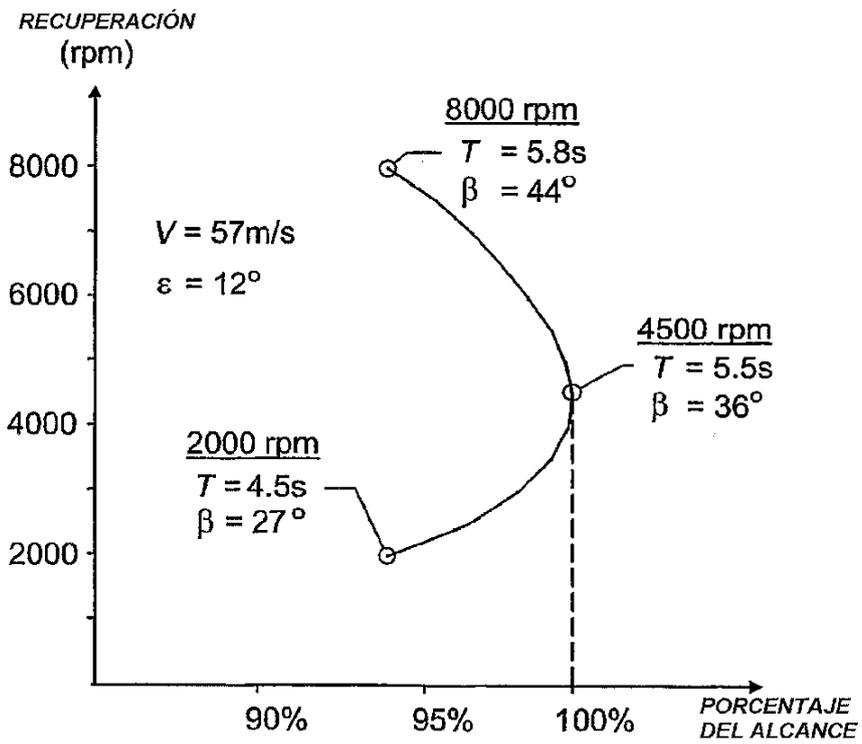
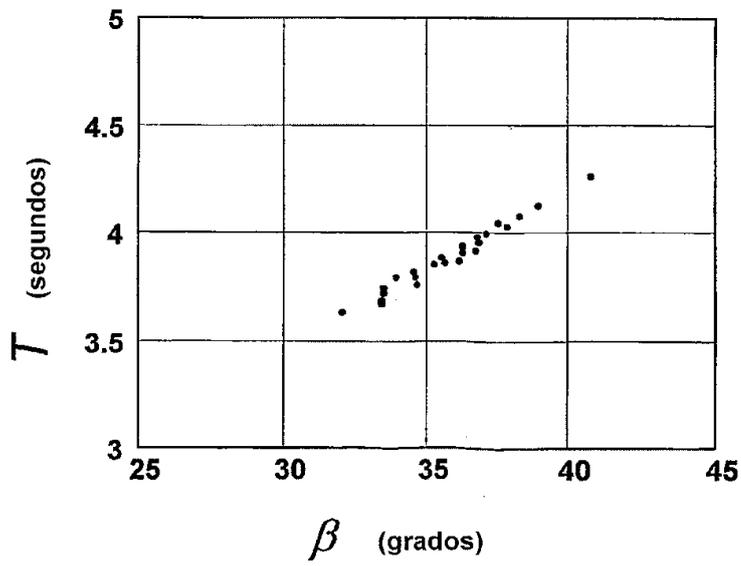
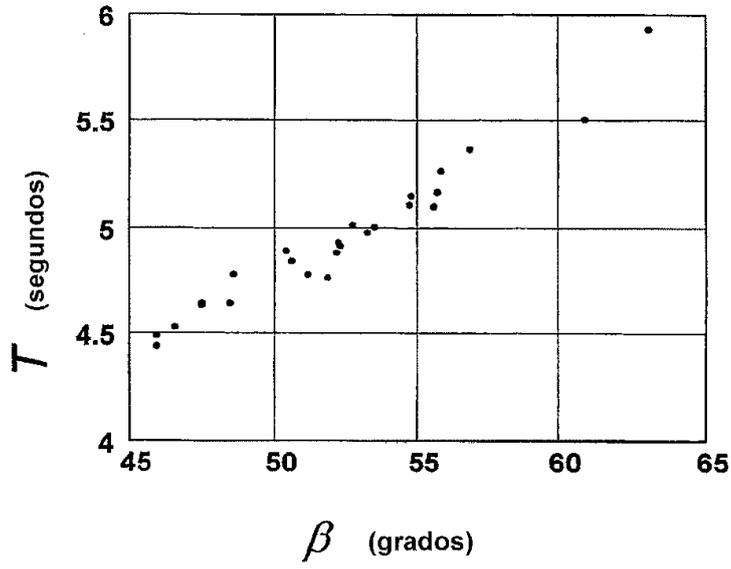


FIG. 3



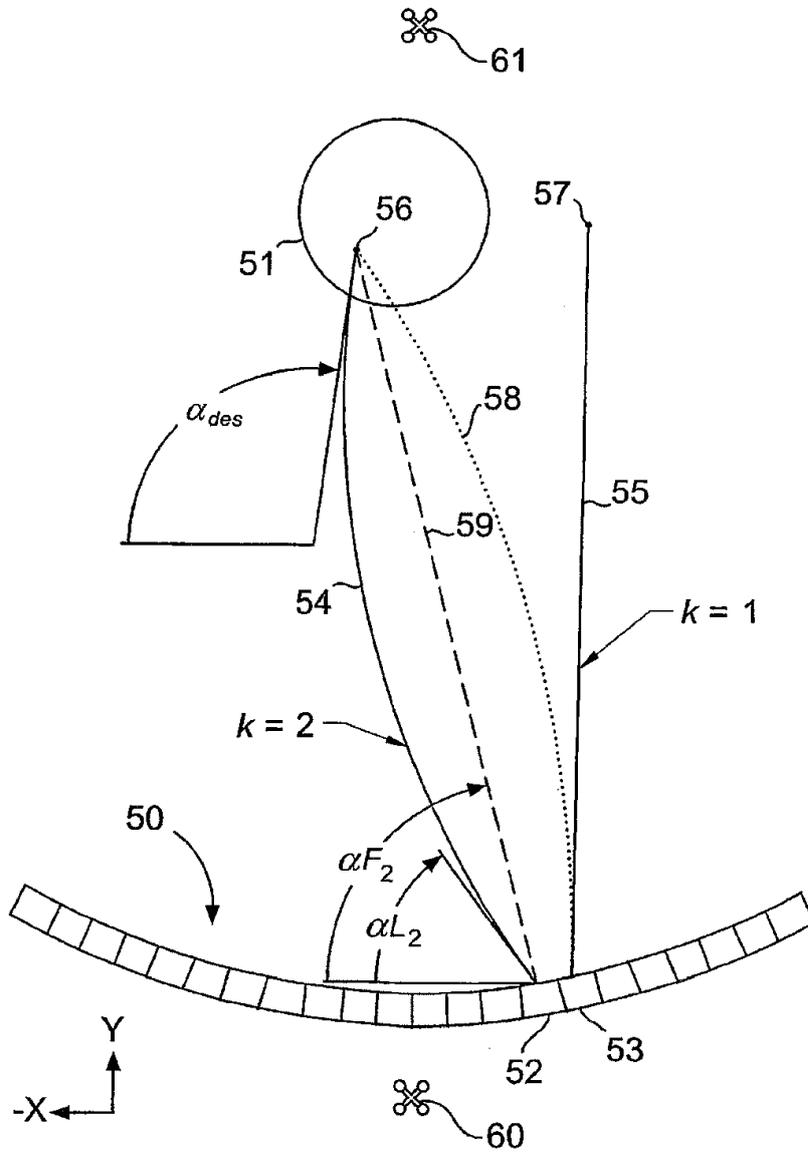


FIG. 5

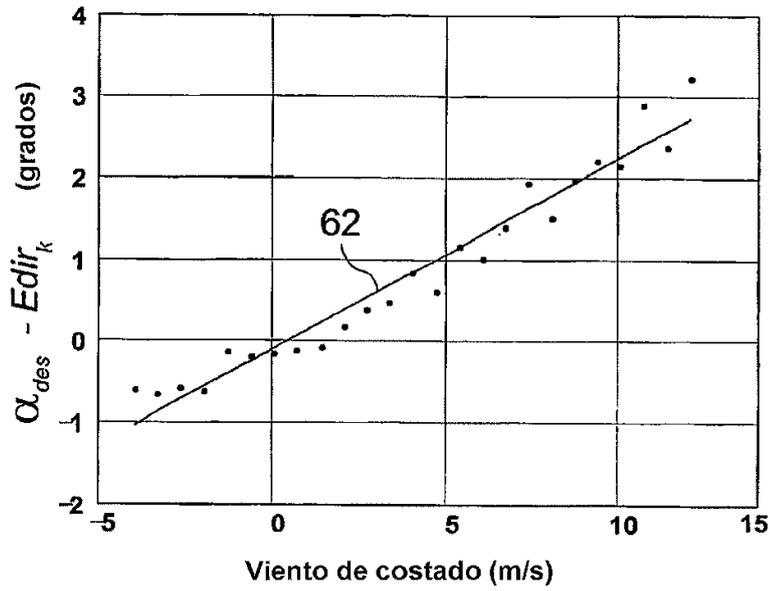


FIG. 6

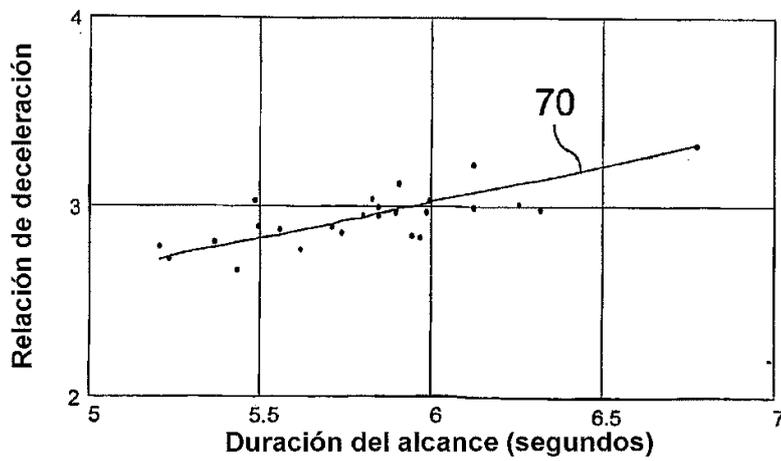


FIG. 7

