

# Instrumentación

## SISTEMA DE ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS KINSCAN-IBV

Por Juan V. Hoyos, José Montero, Rafael Llobet,  
Juan Manuel Belda y Gabriel Brizuela

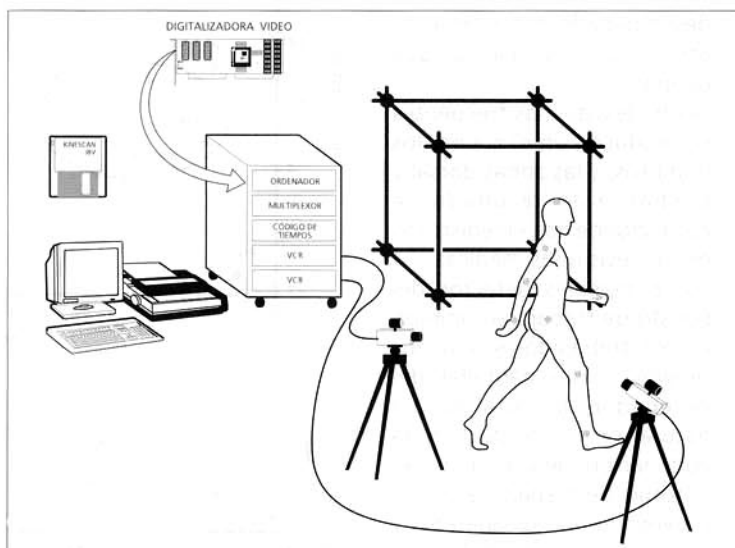
INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA

La fotoinstrumentación ha sido durante más de un siglo la técnica más utilizada para el análisis biomecánico del movimiento humano. Mediante la grabación de imágenes con al menos dos cámaras simultáneamente y su posterior tratamiento matemático de restitución fotogramétrica se obtiene información espacial de dimensiones, posiciones y movimientos de objetos físicos y de su entorno.

KINSCAN-IBV es un completo sistema de análisis constituido por los siguientes elementos (para la configuración de vídeo 3D):

- Dos o más cámaras de vídeo en color o en B/N con sus correspondientes ópticas, trípodes y focos de iluminación coaxial. También pueden utilizarse camascopios sincronizados para grabar "en campo" de forma autónoma.
- Un rack con ruedas donde se alojan los equipos de vídeo y tratamiento de imágenes.
- Dos magnetoscopios (VCR) de formato S-VHS con control remoto, avance campo a campo y parada de imagen estable.
- Generador de códigos de tiempo.
- Multiplexor de control remoto para distribución y conmutación de señales.
- Tarjeta digitalizadora de imágenes de vídeo.
- Monitor color de alta resolución.
- Ordenador compatible de avanzadas prestaciones gráficas, y desde el que se controlan los equipos de

**K**INSCAN-IBV es un sistema completo de análisis de movimientos basado en el uso de técnicas de registro de imágenes que procesadas pueden aplicarse al estudio biomecánico de la técnica deportiva, de los movimientos humanos como la marcha y sus alteraciones o al análisis ergonómico de mobiliario, herramientas o puestos de trabajo.



- vídeo, se realizan los cálculos y se generan los resultados.
- Impresora color de textos y gráficos.
- Programas de ordenador que permiten la gestión de todo el sistema en sus diferentes configuraciones (vídeo, cine) y diferentes modos (2D, 3D, laboratorio, campo).
- Sistema de referencia modular, desmontable y transportable.

### Características

KINSCAN-IBV se distingue por las siguientes características:

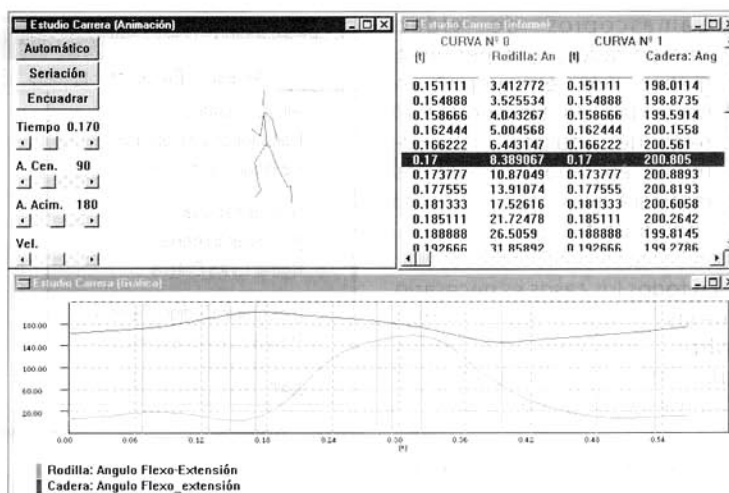
- Sistema basado en cámaras (o

camascopios) color de alta resolución, con obturador electrónico de alta velocidad.

- Portabilidad gracias a la posibilidad de grabaciones "en campo" desplazando sólo camascopios y sistema de referencia, realizando posteriormente "en laboratorio" la inserción del código de tiempo y el análisis. También es posible el análisis de grabaciones realizadas con otros equipos de fotogrametría basada en vídeo o con camascopios de vídeo.
- Grabación simultánea con número ilimitado de cámaras



**KINESCAN-IBV**  
proporciona todas las herramientas necesarias para un análisis de movimientos completo, es decir, para la grabación de imágenes, para su tratamiento y análisis, y para la obtención y presentación de resultados



sincronizadas entre sí. El análisis posterior se realiza segmentando la escena y tomando en cada tramo las dos cámaras mejor situadas.

- Permite la digitalización manual tanto de imágenes de vídeo como de cine (incluye driver para digitalizador manual de fotogramas y como opción una mesa de digitalización) con lo que es posible la grabación "en campo" como, por ejemplo, en competiciones deportivas.
- Rápidos y robustos algoritmos de identificación automática de marcadores reflectantes, que reconocen los mismos no sólo por su brillo sino por su forma y tamaño, lo que permite utilizar focos de luz visible en condiciones de luz ambiental normales e incluso con luz solar.
- Posibilidad de identificación (digitalización) manual o semiautomática con imagen en color para el análisis de grabaciones sin marcadores o con alguna pérdida o para el análisis de puntos que no admitan el uso de marcadores reflectantes como por ejemplo el centro de una pesa o la elongación de una banda elástica o muelle, centros articulares u otros puntos anatómicos no accesibles.
- Almacenamiento de las imágenes reales en vídeo (color real), lo que permite repetir o completar análisis de grabaciones ya realizadas,

modificar modelos y visualizar la toma real además del análisis cinemático y animaciones posteriores a modo de historial gráfico.

- Práctico generador de informes que permite la rápida obtención de estos según protocolos y formatos definidos previamente por el usuario, incluyendo gráficas de variables, tablas de resultados y animaciones. En la figura se da un ejemplo de formato de salida de un análisis de carrera de ciegos (trabajo realizado por Amelia Ferro en la Unidad de Biomecánica del CNICD-CSD).
- Posibilidad de trabajar con el mismo sistema realizando análisis 2D con una sola cámara.
- Es posible utilizar los equipos del sistema para otros usos como por ejemplo:
  - \* Análisis de tareas mediante grabación y reproducción en vídeo con base de tiempos incorporada.
  - \* Captura de imágenes grabadas o de imágenes en vivo para su almacenado o impresión.
- Exportación de datos en formato ASCII, compatible con aplicaciones estándar como hojas de cálculo, bases de datos, etc.
- Programas de ordenador desarrollados en entorno Windows con las ventajas

asociadas. Por ejemplo: interface gráfica de usuario estándar, utilidad de captura de gráficas e inclusión en otros documentos o bases de datos, gestión estándar de impresoras color o láser.

## Resultados

KINESCAN-IBV proporciona todas las herramientas necesarias para un análisis de movimientos completo, es decir para la grabación de las imágenes, para su tratamiento y análisis, y para la obtención y presentación de los resultados.

Para la grabación de las imágenes es posible utilizar:

Cámaras de cine de formato y velocidad adecuadas al evento estudiado. Por ejemplo en aplicaciones deportivas se suele utilizar película de 16 mm y velocidades de filmación desde 50 hasta 500 imágenes por segundo.

Cámaras de vídeo con focos de iluminación concéntrica para grabaciones en laboratorio y con marcadores reflectantes autoadhesivos si se desea realizar una digitalización automática. Por ejemplo para análisis de marcha un análisis completo requiere 10 minutos.

# Instrumentación

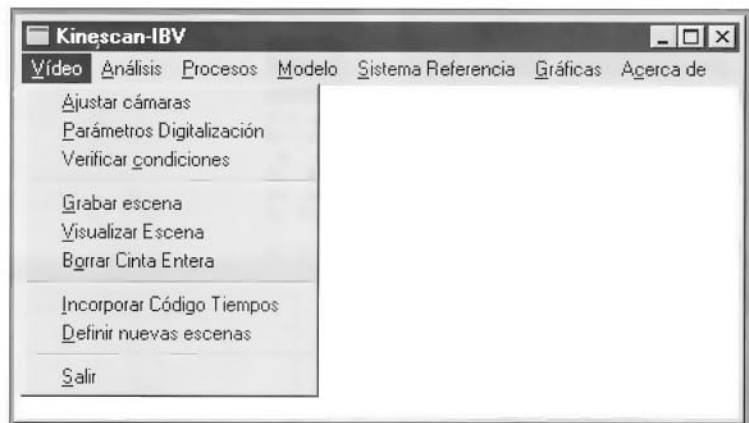
Camascopios de vídeo sincronizados, que permiten grabaciones "en campo" sin necesidad de transportar el resto del equipo. Posteriormente en laboratorio se les insertará a las grabaciones el código de tiempo.

En todos los casos es necesario que las cámaras estén montadas sobre soportes estables (trípodes) y que no se muevan durante la filmación.

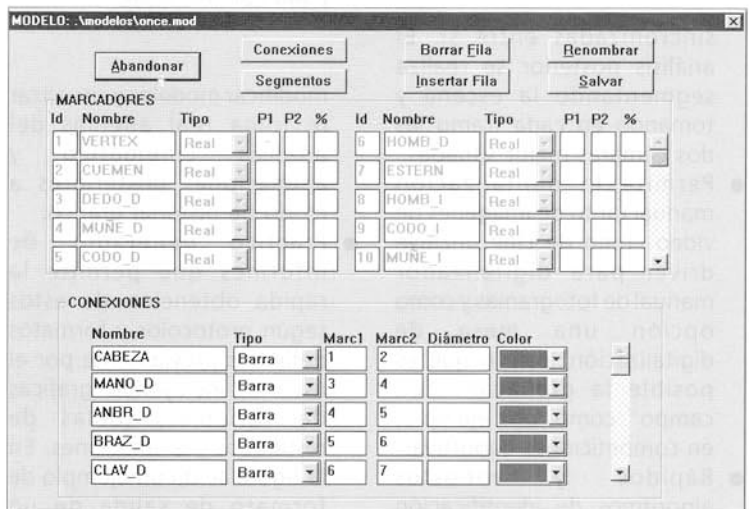
El programa incluye un módulo de Vídeo con el que se preparan y se define la configuración de las cámaras, se definen las escenas a grabar y se gestiona y controla la grabación de las mismas. Además también incluye la opción de inserción de código de tiempo necesaria para preparar grabaciones realizadas "en campo".(1)

Para el tratamiento y análisis de las imágenes el equipo dispone de los siguientes módulos:

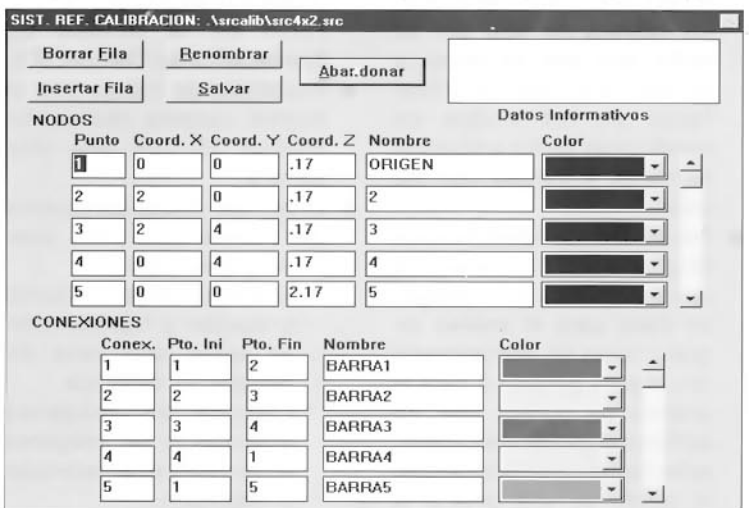
- Módulo de Modelo que permite crear, modificar, visualizar y borrar un modelo del objeto de estudio definido en base a segmentos rígidos definidos por al menos tres puntos (marcadores) cada uno. El modelo incluye la definición de marcadores (puntos a digitalizar), conexiones (para la representación gráfica del objeto), y segmentos (con la definición de sus parámetros másicos). (2)
- Módulo de Sistema de referencia que permite crear, modificar, visualizar y borrar el sistema de referencia que es un objeto, marco o mecanismo de geometría conocida utilizado para la calibración. (3)
- Módulo de análisis mediante el cual se realiza la calibración (digitalización del sistema de referencia) y el análisis de las escenas mediante la digitalización automática, semiautomática o manual de los marcadores definidos. (4)



(1)



(2)

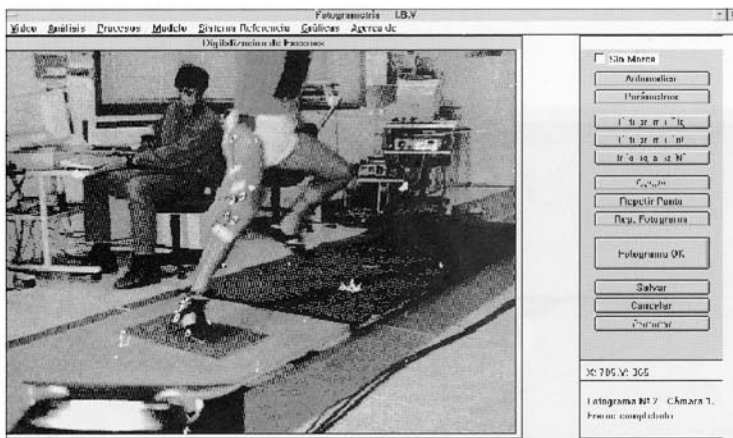


(3)

- Módulo de Procesos que incluye opciones de suavizado de los datos, y gestión de los mismos. Una opción de interés es la exportación de datos en formatos estándares que permiten la utilización de

otros programas comerciales o de usuario. Por ejemplo, para la simulación realista de movimientos controlando puntos de vista, velocidad de





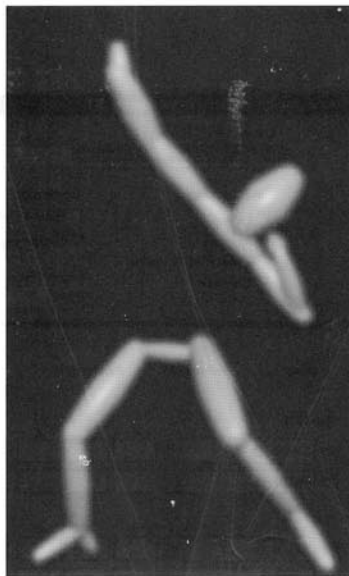
(4)

representación, zoom o efectos especiales. En la figura (5) se muestra un fotograma de la simulación por ordenador de un lanzamiento de peso en el que los datos de posiciones y trayectorias se han obtenido con un sistema KINESCAN-IBV y las imágenes se han creado a partir de los datos exportados con el programa 3D-Estudio. (6)

(Trabajo realizado por Iñigo Tomé en el Laboratorio de Biomecánica del INEF de León).

- Para la obtención y presentación de resultados se utiliza el módulo Gráficas que incluye un potente generador de informes (7 y 8). En cada pantalla o informe se pueden presentar tantos formatos y ventanas como se desee. Cada formato de salida puede incluir hasta 4 variables y representar una gráfica de variable, un listado numérico o una representación alámbrica del modelo. Además las gráficas pueden pertenecer a diferentes estudios lo que permite realizar informes comparativos. Las variables de las que es posible obtener una gráfica o un listado numérico son:

- \* Posición, velocidad y aceleración de los marcadores, centros de gravedad y puntos auxiliares definidos a partir de los marcadores.



(5)

**La utilización de KINESCAN-IBV aplicada al deporte puede responder también a aspectos de prevención de lesiones**

- \* Ángulo, velocidad angular y aceleración angular entre dos rectas.
- \* Vector velocidad angular entre segmentos.
- \* Energías cinética, potencial y total de un segmento o grupo de segmentos.

Además se incluye un intérprete de expresiones que permite definir y presentar

variables derivadas de las anteriores con funciones del tipo suma, resta, producto, cociente, paréntesis, potencia. Un ejemplo simple pero muy útil es el cálculo de la diferencia entre variables de dos análisis distintos. Otro ejemplo es la introducción de "offset" en los ángulos para utilizar referencias asociadas a posiciones anatómicas neutras.

En todas las gráficas es posible la obtención interactiva de datos numéricos mediante la selección del instante de tiempo deseado y el desplazamiento de un cursor.(9)

Es posible la visualización simultánea de gráficas correspondientes a diferentes mediciones permitiendo su comparación directa en pantalla y su impresión.

## Aplicaciones

KINESCAN-IBV como sistema que permite obtener variables cinemáticas del cuerpo íntegro o de los segmentos corporales es de utilidad para el estudio biomecánico de los movimientos humanos como la marcha y sus alteraciones, del deporte, o el análisis ergonómico de mobiliario, herramientas o puestos de trabajo.

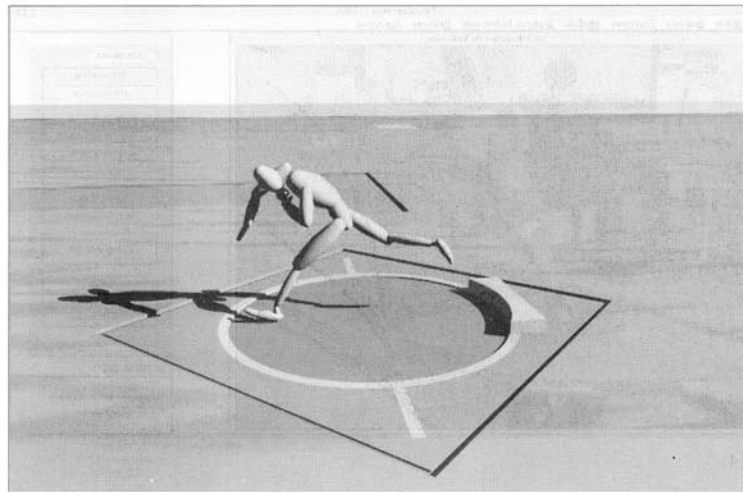
- En el ámbito clínico KINESCAN-IBV es una excelente herramienta para la valoración funcional de discapacidades y deformidades y su influencia para la marcha y la realización de otras tareas o movimientos.
- Es también una herramienta muy potente para medir rangos articulares con precisión durante una exploración clínica por parte de un especialista o durante la realización de un determinado gesto o ejercicio.
- Con KINESCAN-IBV podemos realizar un estudio cinemático completo de la marcha de un sujeto, dado que nos permite,



# Instrumentación

entre otras cosas, calcular la evolución de los ángulos de flexoextensión de las articulaciones involucradas. Además nos puede ofrecer información sobre las velocidades y aceleraciones de los distintos segmentos que queramos estudiar e incluso de las compensaciones energéticas entre distintos segmentos. En combinación con plataformas de fuerzas DINASCAN-IBV nos permite calcular los momentos articulares mediante análisis cinético inverso.

- La existencia de patrones de normalidad y patología en los registros cinemáticos de la marcha nos va a permitir usar KINESCAN-IBV para el diagnóstico y la valoración de tratamientos quirúrgicos, ortopédicos o rehabilitadores.
- El diagnóstico diferencial es posible analizando las similitudes entre los resultados incógnita y los registros patrón disponibles. También es posible realizar un diagnóstico de la evolución de un paciente comparando los distintos patrones del sujeto durante y después del tratamiento, constituyéndose así en una herramienta objetiva del grado de mejora.
- En el ámbito ocupacional, KINESCAN-IBV se utiliza para el análisis ergonómico de los puestos de trabajo mediante la valoración de las posturas empleadas para el desempeño de una determinada tarea y posterior cotejado con la incidencia de patología laboral, estableciendo relaciones causa-efecto entre hábitos o tareas inadecuados y dolencias.
- Aplicación a la mejora del rendimiento deportivo: El análisis cinemático de la técnica deportiva comienza con el establecimiento de patrones técnicos, en base a la obtención de variables cinemáticas que correlacionen con el rendimiento en



(6)

**Configuración Variable Dependiente #1**

**Leyenda**  
Rodilla: Angulo Flexo-Extensión

Tipo variable:  
 Lineal  
 Angular  
 Velocidad Angular  
 Energía

Opciones:  
 Incluir puntos reales  
 Incluir marcas

Expresión a aplicar:  
V1=

---

Ángulo  Velocidad  Aceleración

Ángulo Proyectado

Plano de Proyección

Recta	Punto	X	Y	Z
Recta 1	P1	CADE_D		
	P2	RODI_D		
Recta 2	P3	RODI_D		
	P4	TOBI_D		

Recta	Punto	X	Y	Z	
Recta 1	P1	Punto Fijo	0.000	0.000	0.000
	P2	Punto Fijo	1.000	0.000	0.000
Recta 2	P3	Punto Fijo	0.000	0.000	0.000
	P4	Punto Fijo	0.000	0.000	1.000

(7)

**Configuración Variable Dependiente #1**

**Leyenda**  
Energía cinética total de muslo+pierna

Tipo variable:  
 Lineal  
 Angular  
 Velocidad Angular  
 Energía

Opciones:  
 Incluir puntos reales  
 Incluir marcas

Expresión a aplicar:  
V1=

---

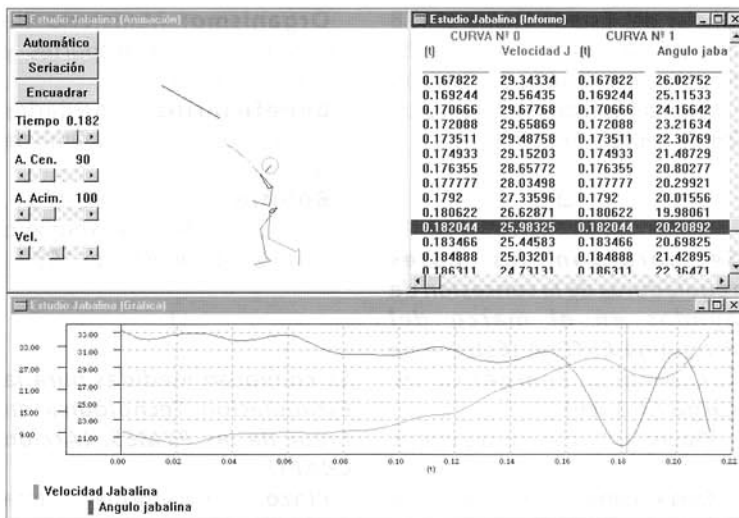
**Energía**  
 Potencial  
 Cinética de Traslación  
 Cinética de Rotación  
 Cinética  
 Total

**Segmentos**  
 MUSLO\_D  
 PIERNA\_D

**Componente**  
 X  
 Y  
 Z  
 Total



(8)



(9)

entrenamiento o en competición de los deportistas de élite y la posterior creación de modelos técnicos universales que sirven de comparación para el resto de deportistas de la especialidad estudiada.

A modo de ejemplo, en un caso concreto, como el salto de altura, existen una serie de variables que determinan la altura del salto (se relacionan linealmente con el rendimiento) como la longitud de la última zancada, la inclinación lateral del tronco al contactar el pie de batida con el suelo o la velocidad horizontal del centro de gravedad del saltador al final de la fase de carrera. Todas estas variables cinemáticas pueden obtenerse con KINESCAN-IBV, como también otro grupo de variables para el análisis energético del salto, relacionadas con el aprovechamiento de la cantidad de movimiento o del momento cinético generado durante la fase de batida.

Por otra parte, la utilización simultánea de KINESCAN-IBV y DINASCAN-IBV permite, mediante un análisis cinético inverso, el cálculo de variables cinéticas como los momentos articulares, a partir de los registros de las cargas de reacción del suelo y de los movimientos registrados de

**KINESCAN-IBV es una excelente herramienta para la valoración funcional de discapacidades y deformidades y su influencia para la marcha y otras tareas o movimientos**

segmentos considerados sólidos rígidos, de características conocidas o estimadas en base a modelos antropométricos.

- Aplicación a la prevención de lesiones:

La utilización de KINESCAN-IBV aplicada al deporte puede responder también a aspectos de prevención de lesiones. Para ello se registran variables que, en este caso, se relacionan con la aparición de lesiones determinadas. Durante la carrera de fondo, por ejemplo, la hiperpronación está relacionada con lesiones de tipo articular específicas del corredor. De este modo, cuantificar el nivel de pronación, midiendo la variable cinemática ángulo de pronosupinación del pie, permite el diagnóstico de anomalías durante la ejecución de la técnica que se relacionan con patologías

específicas. Una aplicación al diseño de calzado es la determinación, para un sujeto en concreto o para una muestra significativa de una población, cuál es el calzado que ocasiona niveles de pronación aceptables durante la carrera de fondo.

## Características técnicas

- Captación de imágenes mediante tecnología vídeo (según la configuración pueden ser cámaras de vídeo o camascopios).
- Marcadores pasivos.
- Iluminación de espectro visible u opcionalmente infrarroja.
- Identificación semiautomática de los marcadores (por la posición).
- Seguimiento automático basado en la posición y en la coherencia de segmentos.
- Calibración mediante sistema de referencia (marco) desmontable, modular.
- Tiempo de calibración 5 min, necesaria cuando se mueven o modifican las cámaras.
- Frecuencia de muestreo de 50 Hz en la configuración estándar con vídeo convencional.
- Número de marcadores ilimitado.
- Grabación simultánea con número ilimitado de cámaras sincronizadas entre sí. El análisis posterior se realiza segmentando la escena y tomando en cada tramo las dos cámaras mejor situadas.
- El volumen activo es configurable gracias a las ópticas con zoom.
- Camascopios de 700 líneas de resolución horizontal.
- Resolución del sistema (cuando se utiliza S-VHS) de 400 líneas (V) por 512 (H).
- Utiliza un ordenador compatible con sistema operativo Windows.
- Cumplimiento de normas europeas de seguridad y compatibilidad electromagnética. □