INFORME DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA

ALGORITMOS Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN POR MEDIO DE SENSORES INERCIALES

Cehegín, Murcia, 1 de marzo de 2021

ÍNDICE

OBJETIVO DEL INFORME 3
PERFIL DE BÚSQUEDA 5
BASES DE DATOS DE PATENTES 5
BASES DE DATOS DE REVISTAS Y ARTÍCULOS CIENTÍFICOS 5
PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 5
OFERTAS Y DEMANDAS TECNOLÓGICAS 6
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN 6

En Cehegín, Murcia, a 1 de marzo de 2021

1. OBJETIVO DEL INFORME

El presente informe tiene como finalidad informar a las empresas del sector del mármol, piedra y materiales de las últimas novedades científico-tecnológicas que han sido desarrolladas en el ámbito temático de **ALGORITMOS Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN POR MEDIO DE SENSORES INERCIALES.** En la industria existen determinados puestos que pueden presentar determinados factores de riesgo que inciden negativamente en las personas que los ocupan, principalmente debidos a trastornos musculoesqueléticos. La identificación de cuáles son las posturas y las tareas concretas que las provocan puede servir de ayuda para:

- Identificar sobre qué tareas actuar para reducir los riesgos ergonómicos de un puesto de trabajo determinado.
- Contar con más información sobre el tipo de posturas adoptadas por los trabajadores y que pueden aportar luz sobre lesiones o dolores que pueden presentar en determinadas zonas del cuerpo.
- Mejorar la competitividad de las empresas manteniendo el capital humano, en aquellas tareas que difícilmente pueden ser automatizadas, en un buen estado corrigiendo desviaciones sobre un estándar en el comportamiento y las posturas adoptadas.

De manera más detallada, hemos analizado una serie de tecnologías y soluciones que se engloban en diversos grupos. A saber:

1. Sensórica y soluciones de comunicación.
2. Técnicas de detección.
3. Sistemas de diagnóstico y vigilancia continua de las condiciones de trabajo.
4. Sistemas de control integral.
5. Equipos y procesos de fabricación seguros.

Se trata de identificar y extraer la información publicada en las distintas bases de datos y fuentes de información consultadas en el período comprendido entre enero y diciembre de 2020.

2. PERFIL DE BÚSQUEDA

- BASES DE DATOS DE PATENTES

INVENES: base de datos de invenciones en español de la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM). Con el objetivo de difundir la información tecnológica contenida en los documentos de patentes y una cobertura nacional, INVENES contiene información sobre patentes y modelos de utilidad españoles y latinoamericanos así como sobre diseños industriales españoles.

ESPACENET: Base de datos de la Oficina Europea de Patentes que proporciona acceso gratuito a más de 80 millones de documentos de patente (solicitudes, patentes concedidas, traducciones, modelos de utilidad, etc.) publicados desde 1836, en más de 90 países.

- BASES DE DATOS DE REVISTAS Y ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

ScienceDirect: Science Direct es una colección multidisciplinar que ofrece acceso al texto completo de más de 12 millones de artículos y a más de 59 millones de resúmenes de artículos de todos los campos de la ciencia.

ICYT: base de datos del CSIC que recoge la literatura científica contenida en publicaciones españolas de ciencia y tecnología.

- PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

TESEO: tesis doctorales leídas en las universidades españolas.

Tesis en Red: tesis doctorales de treinta universidades españolas a texto completo.

Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes: ofrece acceso a aquellas tesis o sobre lenguas hispánicas defendidas con éxito en cualquier país del mundo.

Región de Murcia
info REGIÓN DE MURCIA
Centro Tecnológico del mármol, piedra y materiales
Unión Europea
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Región de Murcia Cregemos con Europa

DART-Europe: acceso global a las tesis doctorales europeas.

OPENTHESIS

OATD: open access theses and dissertations.

CDTI:https://www.cdti.es/index.asp?MP=7&MS=25&MN=3&IDR

CORDIS: constituye el principal portal y repositorio público de la Comisión Europea para difundir información sobre todos los proyectos de investigación financiados por la Unión Europea y sus resultados de toda clase.

- **OFERTAS Y DEMANDAS TECNOLÓGICAS**

SEIMED: es la parte de la Red Enterprise Europe Network que ofrece sus servicios a las pequeñas y medianas empresas de la Comunidad Valenciana y la Región de Murcia.

Su objetivo es ayudar a las PYME a desarrollar su pleno potencial y su capacidad innovadora a través de la internacionalización, la transferencia de tecnología y el acceso a financiación.

- **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Los trastornos musculoesqueléticos, que afectan a millones de trabajadores en la Unión Europea, conllevan como enfermedad laboral unos costes para la economía de hasta el 1,6 por ciento del PIB (datos publicados por la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo). Se han revelado como una de las dolencias principales en el ámbito laboral.

En España, cuatro de cada diez trabajadores sufren dolores lumbares, un 27 por ciento de espalda, otro 27 por ciento en el cuello y un 12 por ciento en brazos y muñecas, según la última encuesta nacional sobre condiciones laborales.

De acuerdo con el estudio “Enfermedades profesionales y riesgos emergentes relacionados con el sector de la piedra natural y su prevención” financiado por la

FEPRL con código de acción IS-0039/2010, las posturas forzadas (junto con la manipulación manual de cargas) son uno de los agentes de riesgo más importantes asociados a las enfermedades profesionales de origen músculo esquelético del sector de la piedra natural.

Las posturas forzadas son aquellas posiciones de trabajo que supongan que una o varias regiones anatómicas corporales dejen de estar en una posición natural de confort para pasar a una posición forzada que genera, entre otros, hiperextensiones, hiperflexiones y/o hiperrotaciones osteoarticulares con la consecuente producción de lesiones por sobrecarga.

Las posturas forzadas comprenden las posiciones del cuerpo fijas o restringidas, las posturas que sobrecargan los músculos y los tendones, las posturas que cargan las articulaciones de una manera asimétrica, y las posturas que producen carga estática en la musculatura.

En el sector de la piedra natural podemos encontrar múltiples situaciones donde los trabajadores necesitan adoptar una serie de posturas inadecuadas que pueden provocarle un paulatino daño en diferentes articulaciones del tronco, brazos o piernas y en sus tejidos blandos adyacentes. Identificar estas posturas forzadas en tiempo real permite a los técnicos de prevención identificar en qué tareas se producen este tipo de posturas forzadas y con ello identificar si es necesario llevar a cabo un rediseño del puesto o acciones formativas sobre los trabajadores para evitar que reproduzcan dichas posturas.

Por tanto, el proyecto ha tenido como objetivo el desarrollo de un sistema para la identificación de riesgos ergonómicos por posturas forzadas en tiempo real mediante sensores inerciales.

Actualmente existen en el mercado diferentes soluciones comerciales orientadas a la identificación de las posiciones corporales, en la mayoría de los casos utilizando también sistemas inerciales.

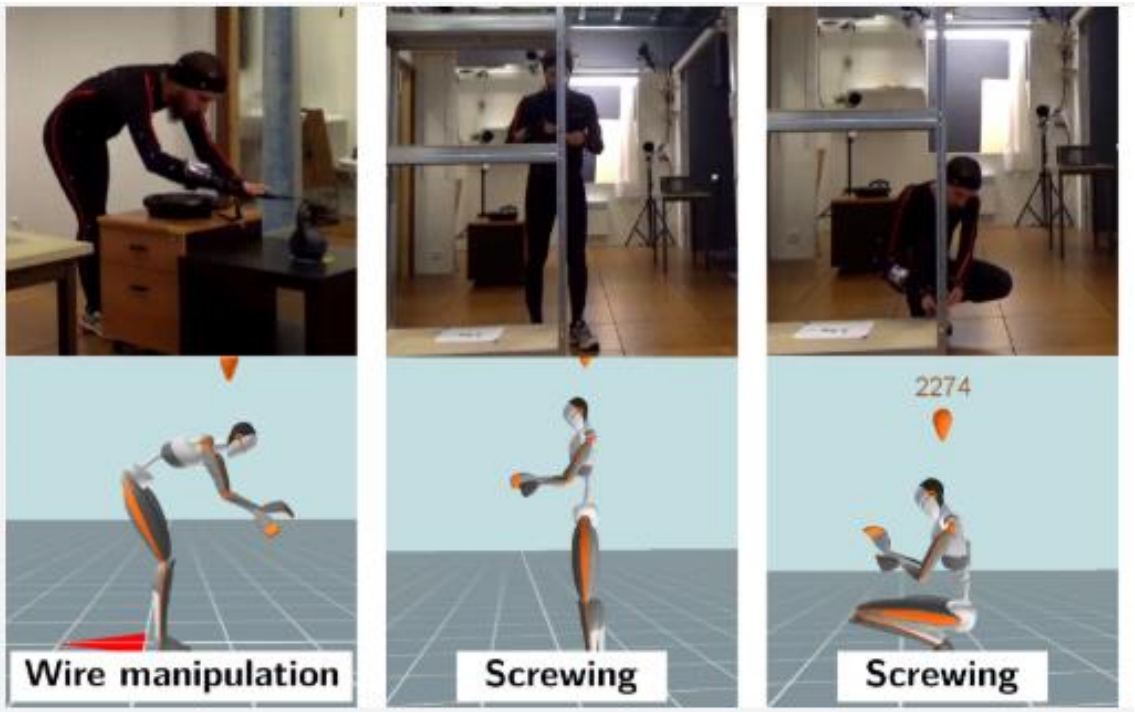
Aplicaciones similares

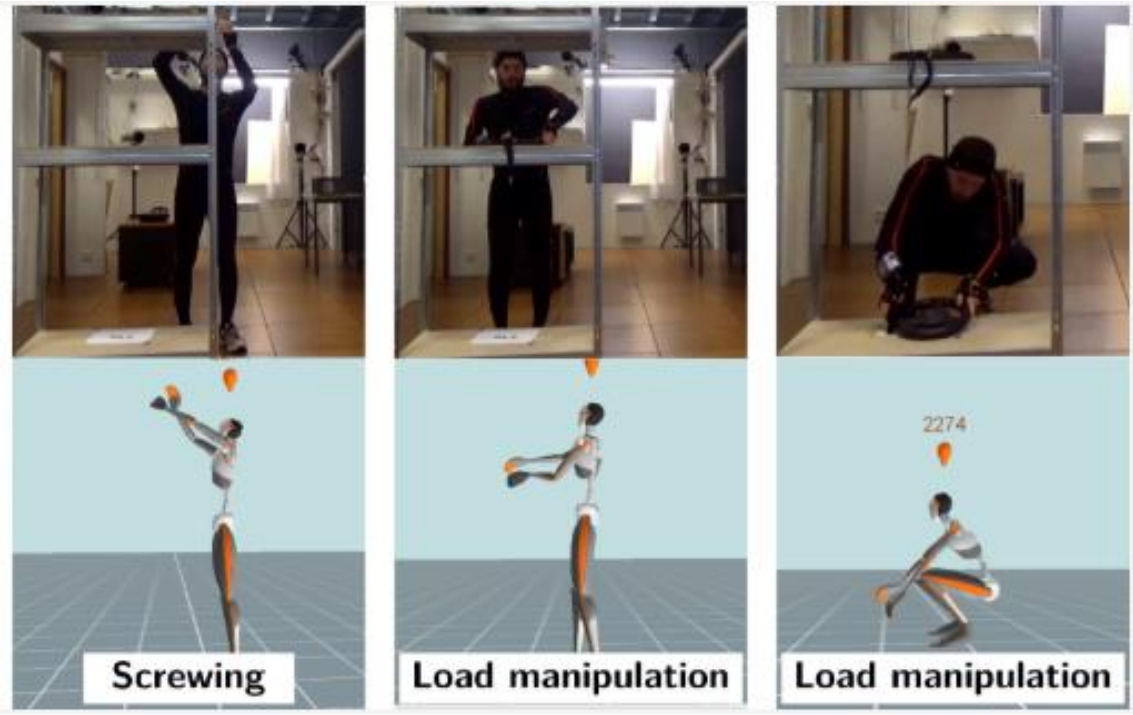
Entre estas soluciones cabe destacar las siguientes.

Sistema XSens 3D Motion Capture (www.xsens.com)

Región de Murcia
info REGIÓN DE MURCIA
Centro Tecnológico del mármol, piedra y materiales
Unión Europea
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Cregemos con Europa

Sistema basado en sistemas inerciales para la ubicación en 3D de los diferentes segmentos corporales. En la imagen siguiente se muestra el avatar resultado del análisis en 3D de los movimientos corporales.





Este sistema permite realizar un análisis pormenorizado de las posiciones corporales, pero no ofrece información en tiempo real de las posturas adoptadas por las personas que puedan suponer un riesgo ergonómico que pueda derivar en un trastorno musculoesquelético.

Sistema HADA

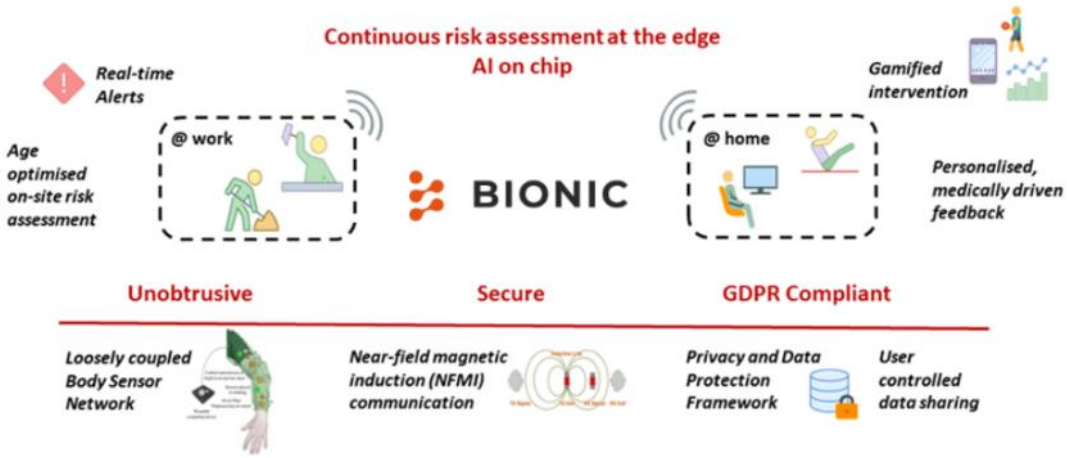
Sistema desarrollado por la empresa Quirón Prevención[1] que permite la realización de modelos virtuales 3D con las medidas antropométricas del trabajador y sus movimientos. Al igual que el sistema XSens, su objetivo es ubicar la posición de los diferentes segmentos corporales, pero no permite tener información en tiempo real de forma que se identifique un riesgo ergonómico cuando se está produciendo y se puedan tomar medidas en ese mismo momento.

[1] Más información de este sistema en (https://www.quironprevencion.com/es/servicios-consultoria/innovacion-prevencion-riesgos-laborales/gestion-innovadora-prevencion-riesgos-laborales/sistema-hada)

BIONIC - Smart wearables supporting active and healthy ageing

Dado el estado del arte de la tecnología y el interés de su aplicación al ámbito de la salud laboral, actualmente se está llevando a cabo el proyecto europeo “BIONIC - Smart wearables supporting active and healthy ageing” (https://bionic-h2020.eu) para la monitorización de las actividades de la vida diaria (incluyendo tanto el ámbito laboral como el ámbito personal) del personal laboral de mayor edad, de forma que puedan evitarse riesgos para la salud y garantizarse una adecuada recuperación tras la jornada laboral.

En la imagen siguiente aparece el esquema de la solución propuesta en el proyecto BIONIC.



La solución propuesta en este proyecto está orientada a la población trabajadora de mayor edad, y su objetivo es identificar cargas de trabajo inadecuadas para esta población (teniendo en cuenta tanto variables ergonómicas como fisiológicas) e influir sobre hábitos de vida tras la jornada laboral.

We@Work

Por otro lado, el proyecto We@Work (https://eithealth.eu/project/wework), desarrollado dentro de la KIC EIT Health, tiene un objetivo similar al proyecto BIONIC, pero orientado a la población trabajadora en general.

Identifica mediante sensores posibles riesgos para la salud de las personas durante su jornada laboral y realiza recomendaciones tanto desde el punto de vista de actividad física a realizar como de estiramientos en relación con las posturas adoptadas durante la jornada. Sin embargo, a diferencia de la solución propuesta en este proyecto, tampoco aporta información en tiempo real sobre posturas inadecuadas.

Revisión bibliográfica

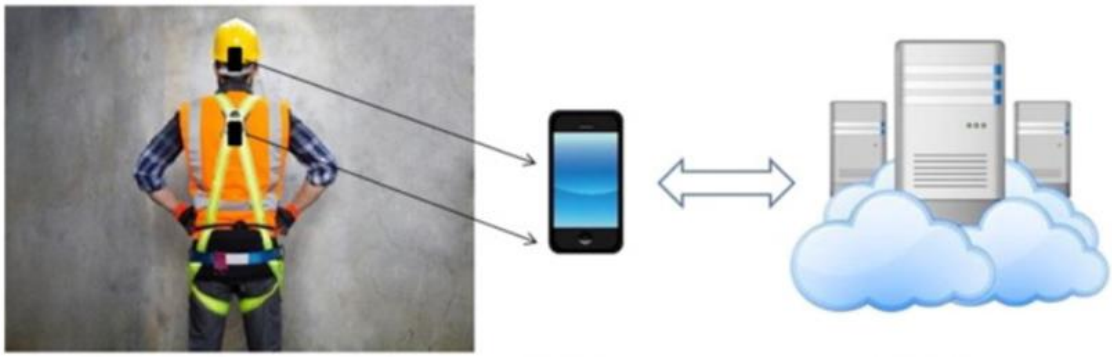
Desde el punto de vista de publicaciones científicas, se han identificado artículos en los que se presentan soluciones similares, pero con unas limitaciones que las invalidan para el análisis de las tareas que se desea evaluar en los puestos del sector de la piedra natural.

Real-time construction worker posture analysis for ergonomics training

En el artículo Real-time construction worker posture analysis for ergonomics training[2], se presenta un sistema de análisis postural mediante una cámara Kinect.
En el propio artículo los autores indican que las limitaciones del sistema radican en que el uso de una única cámara solamente les permite contar con una imagen 2D, por lo que las tareas que pueden analizar deben realizarse en un único plano (por ejemplo, levantar una caja) y todos los segmentos corporales a analizar deben ser visibles.

Wearable IMU-based real-time motion warning system for construction workers' musculoskeletal disorders prevention

Otra publicación enfocada a la reducción de trastornos músculo-esqueléticos en el sector de la construcción, Wearable IMU-based real-time motion warning system for construction workers' musculoskeletal disorders prevention[3], se centra en las lesiones de la zona lumbar, por lo que solamente instrumenta con dos sensores inerciales (uno en el casco y otro en el chaleco reflectante).



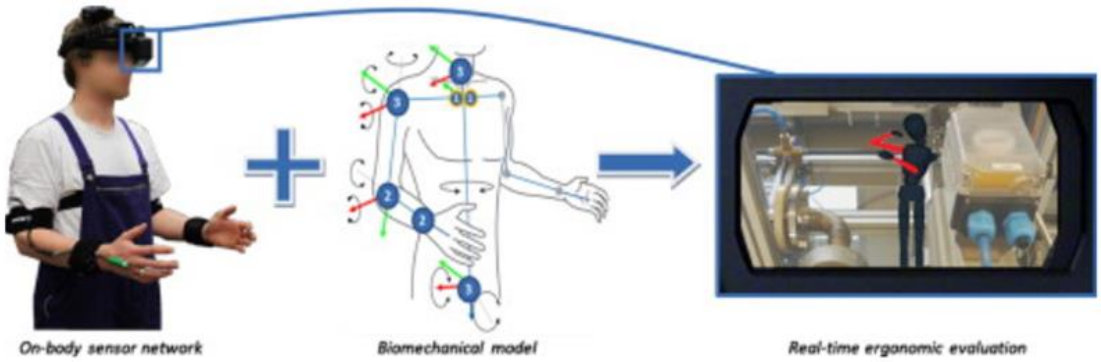
La solución planteada en este artículo no permite identificar riesgos relacionados con posturas forzadas por posición de brazos por encima del hombro, por ejemplo. O por tareas repetitivas de brazos.

[2] Soumitry, J. Ray; Jochen, Teizer. Real-time construction worker posture analysis for ergonomics training. Advanced Engineering Informatics. Vol. 26, Issue 2 (2012), pp. 439-455.
[3] Xuzhong Yan; Heng, Li; Angus R. Li; Hong, Zhang. Wearable IMU-based real-time motion warning system for construction workers' musculoskeletal disorders prevention. Automation in Construction Vol. 74 (2017), pp. 2-11.

Por tanto, no sería una solución que se adaptara a la problemática concreta del sector de la piedra natural.

Innovative system for real-time ergonomic feedback in industrial manufacturing

Por otro lado, el artículo Innovative system for real-time ergonomic feedback in industrial manufacturing[4] presenta un sistema para ofrecer feedback en tiempo real sobre los niveles de riesgo ergonómico al realizar diferentes tareas. El trabajador lleva una cámara delante de los ojos, tal y como se muestra en la imagen siguiente, que le permite conocer el segmento corporal en el que se ha detectado el riesgo y cómo al modificar la postura este riesgo se reduce.



Este sistema se considera útil en la fase de diseño de un puesto de trabajo y de formación a los trabajadores de cómo realizar las tareas, de forma que puedan ser conscientes de cómo la modificación de un movimiento o una postura concretos puede implicar una reducción de riesgos ergonómicos. Sin embargo, no puede ser utilizado durante el día a día en el trabajo (la pantalla de visualización no permite realizar las tareas con normalidad) y no ofrece información a los técnicos de prevención que les permita identificar las tareas concretas en las que los trabajadores pueden estar expuestos a un riesgo ergonómico.

[4] Nicolas, Vignais; Markus, Miezal; Gabriele, Bleser; Katharina, Mura; Dominic, Gorecky; Frédéric, Marin. Innovative system for real-time ergonomic feedback in industrial manufacturing. Applied Ergonomics Vol. 44, Issue 4 (2013), pp. 566-574.

Sistema VICOM

Es uno de los sistemas más utilizados, al hacer revisiones bibliográficas de temas relacionados con cinemática (por ejemplo, en hombro o en marcha), la mayor parte de los estudios son realizados con este sistema, podría decirse que es el sistema de referencia.

A continuación, se enumeran las características que más destacan, o por las cuales quieren diferenciarse:

- Proporcionan diferentes opciones, resaltando que tienen algunas de bajo coste, por tanto, son accesibles.
- Facilidad de uso.
- Flexibilidad para la medición en diferentes ambientes (laboratorio, exteriores, etc.).
- Abarcan diferentes campos (seguimiento de objetos, realidad virtual, entretenimiento, ciencias de la salud, biomecánica y deporte).
- En todo momento hacen resaltar sus años de experiencia en el mercado.

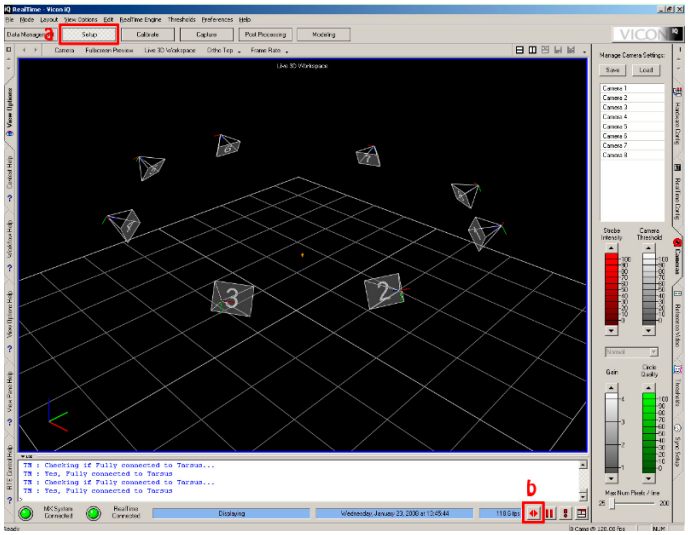
Algo interesante es que dan la opción de personalizar el sistema según lo que se pretenda medir (https://www.vicon.com/visualization) (Ilustración siguiente).

La versión más actual es la VICON Nexus, la cual incluye algunas características específicas propias del software como:

- Existe una ventana de comunicaciones donde se puede observar la acción realizada por cada uno de los marcadores individualmente, así como mostrar la información obtenida por cada uno de ellos.

- El sistema también cuenta con modelos de marcadores ya implementados en el software. Esto conlleva a que con la colocación de una serie de marcadores el software detectará la posición anatómica a la que corresponde dentro del modelo.

En YouTube se muestran varios videos tutoriales tal y como se observa en la Ilustración siguiente, donde aparece el entorno actual. Uno de los videos tutoriales puede verse en el siguiente enlace: https://www.youtube.com/watch?v=Y_O6XDTq7kk&list=PLxtdgDam3USUSIeuO6UloG3ogPsFNtEJS



QUALISYS SYSTEM

El sistema Qualisys tiene más de 25 años de experiencia en el desarrollo de sistemas de análisis del movimiento, innovación en óptica, fotogrametría e ingeniería del software a tiempo real. Además, ofrece todo el equipo necesario para realizar análisis de movimientos (software, accesorios, cámaras, etc.).

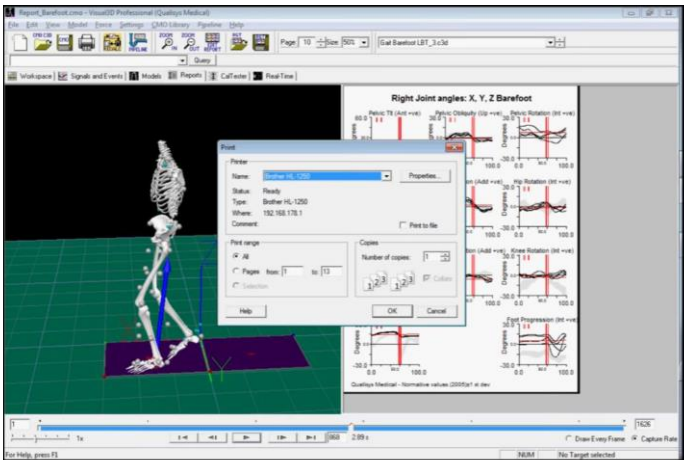
Las áreas de aplicación de este sistema son diversas:

- Deportes: en esta área destaca la posibilidad de realizar mediciones bajo el agua.
- Ingeniería: realidad virtual, cibernética, OEM, etc.
- Aplicaciones médicas: análisis de la marcha, investigación, psicología, cinemática unida a 'eye tracking', cinemática, MRI, etc.
- Otras aplicaciones (biomecánica animal, sonido y cinemática)

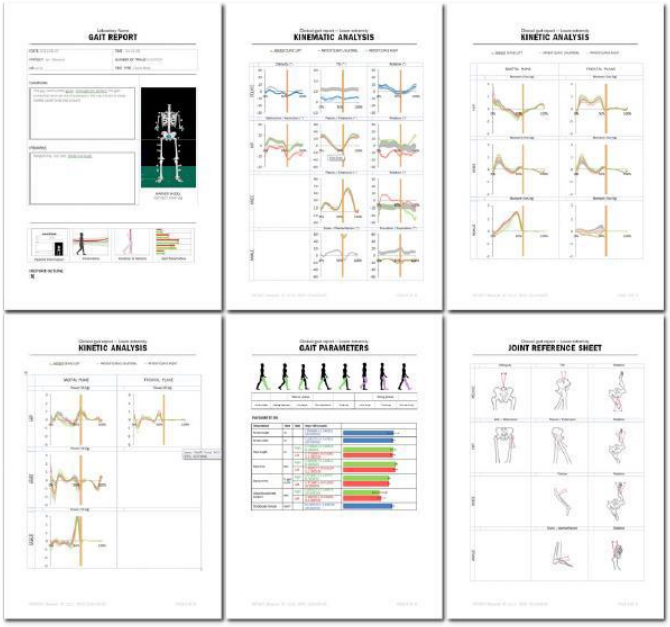
El software que utiliza este sistema se denomina ‘Qualisys Track Manager’ y contiene características específicas tales como:

- Manejo simple de los pacientes y los detalles de la sesión.
- Ahorro de tiempo mediante los nombres de archivo y las secuencias de captura predefinidas.
- Detección automática de marcadores.
- Superposición de vídeo con marcadores y vector de fuerza.
- Diferentes modelos de marcadores preestablecidos en el software.
- Utilización de carpetas denominadas “proyectos” para contener toda la información de las pruebas que realiza un sujeto, así como de los informes o los videos propios del sujeto.

El software tiene el siguiente aspecto, ilustración tomada de un vídeo tutorial:



En cuanto al informe que se obtiene mediante este software, se puede apreciar su estructura en las diferentes imágenes:



MOTION ANALYSIS

No existe información detallada en su página web sobre el sistema. En ella se citan los trabajos de investigación que se han realizado utilizando este sistema y que se han publicado en revistas desde 1998 hasta 2015.

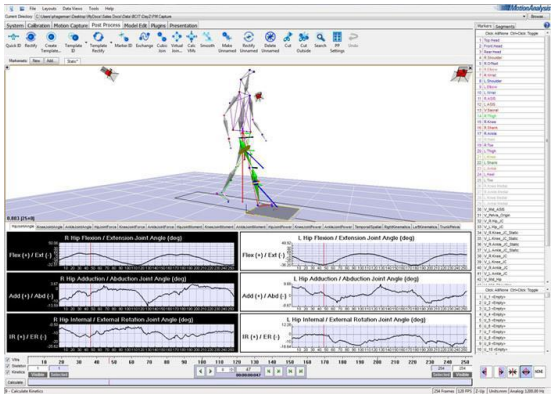
Entre sus aplicaciones destaca el análisis de la marcha, rehabilitación, deportes, robótica médica o 'biofeedback'.

El sistema de software que utiliza es el Cortex, teniendo como aspectos destacables:

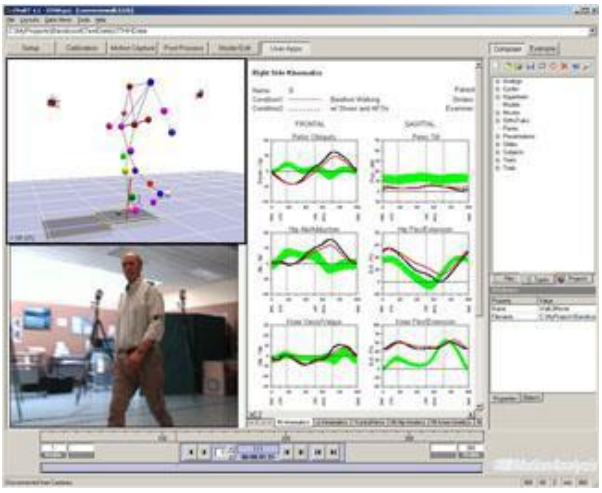
- Procesamiento posterior de resultados con múltiples objetos (plantillas, equipamiento, etc.).
- Configuración simplificada del sistema.
- Soporte virtual de múltiples esqueletos simultáneos.
- Completamente compatible con datos exportados.
- Transferencia de datos simplificada.
- La presencia del proceso de producción de la prueba en diferentes pestañas pudiendo acceder a cada parte del proceso en cualquier momento.
- Los usuarios tienen la capacidad de especificar el número de figuras que se mostraran antes y después en el cuadro de visión y trazar la trayectoria de cualquier marcador.

- Al igual que el software de VICON, incluye modelos de marcadores ya incorporados en el sistema.

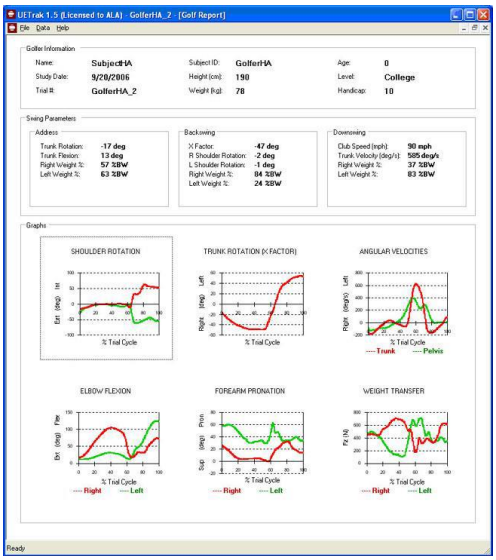
El entorno de la aplicación aparentemente es bastante sencillo, como se observa en la ilustración que se muestra a continuación:



En la siguiente imagen se muestra el ejemplo que proporcionan en la página para el análisis de la marcha:

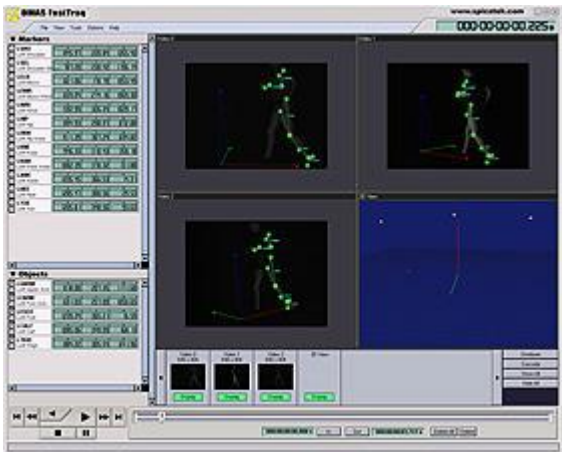


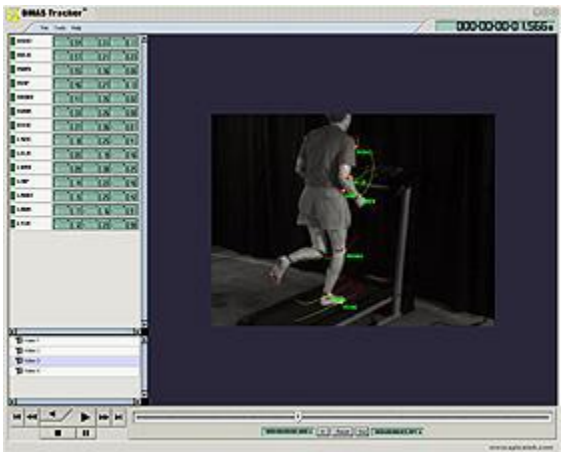
La aplicación presenta informes con el aspecto que se muestra en la ilustración siguiente:



MOTION IMAGING AND ANALYSIS

Este sistema de análisis de movimiento ofrece un software para el análisis de la marcha que tiene el siguiente aspecto:

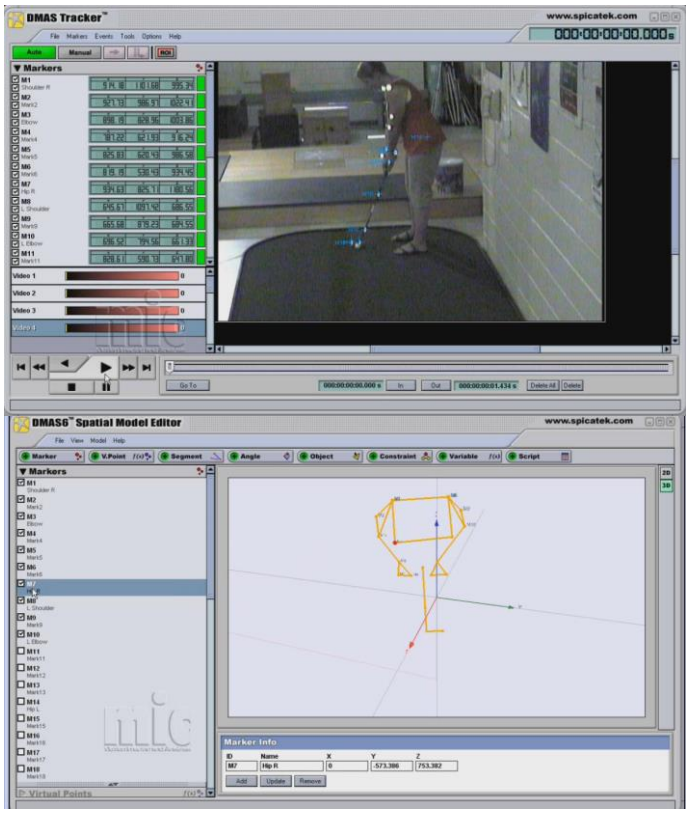




Dentro de los campos de aplicación del sistema destaca la posibilidad de análisis del movimiento en animales, ‘eye tracking’ o deportes entre otros.

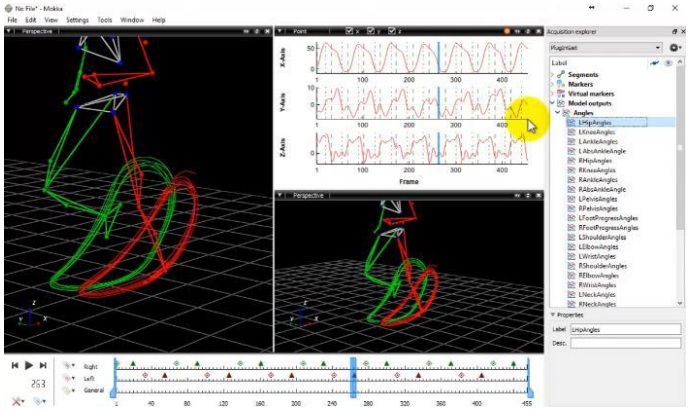
Aparentemente en el sistema no aporta ningún valor añadido con respecto al resto de sistemas tal como se observa en las ilustraciones siguientes:

Región de Murcia
info REGIÓN DE MURCIA
Centro Tecnológico del mármol, piedra y materiales
Unión Europea
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Cregemos con Europa



MOKKA (MOTION KINEMATIC & KINETIC ANALYZER)

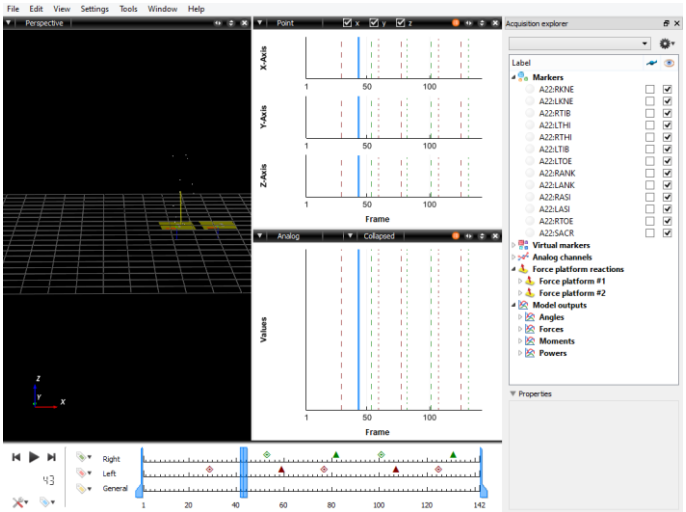
Se trata de una plataforma de código abierto y multiplataforma para el análisis sencillo de datos biomecánicos. Una de sus características particulares es que puede analizar archivos en diferentes formatos empleados en otros softwares de análisis de movimiento.



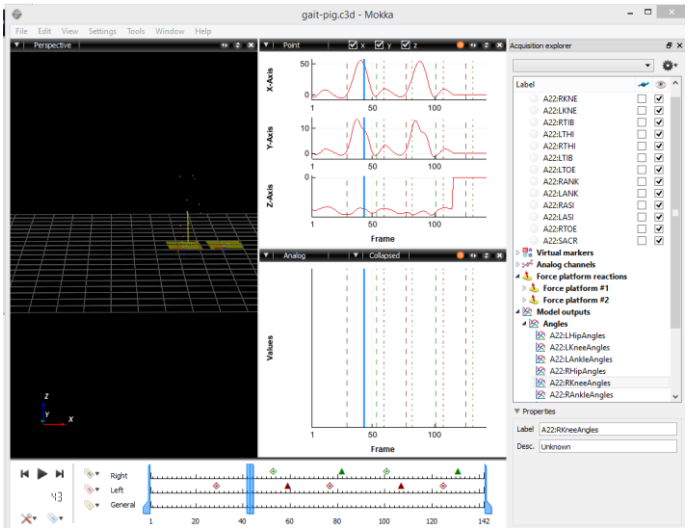
La plataforma posee un entorno intuitivo y con aspectos muy interesantes en cuanto a la funcionalidad tales como:

- Posibilidad de tener varias pantallas abiertas. Esto permite visualizar la animación, los datos en los tres ejes y los vídeos junto con el menú de funcionalidades.

- Permite representar una gran cantidad de variables tales como ángulos, fuerzas, momentos o potencia:



- Tiene la posibilidad de incluir datos de EMG y además permite obtener el valor RMS de las variables:



En general, facilita la visualización de los datos, como por ejemplo comparar datos entre miembros, etc.