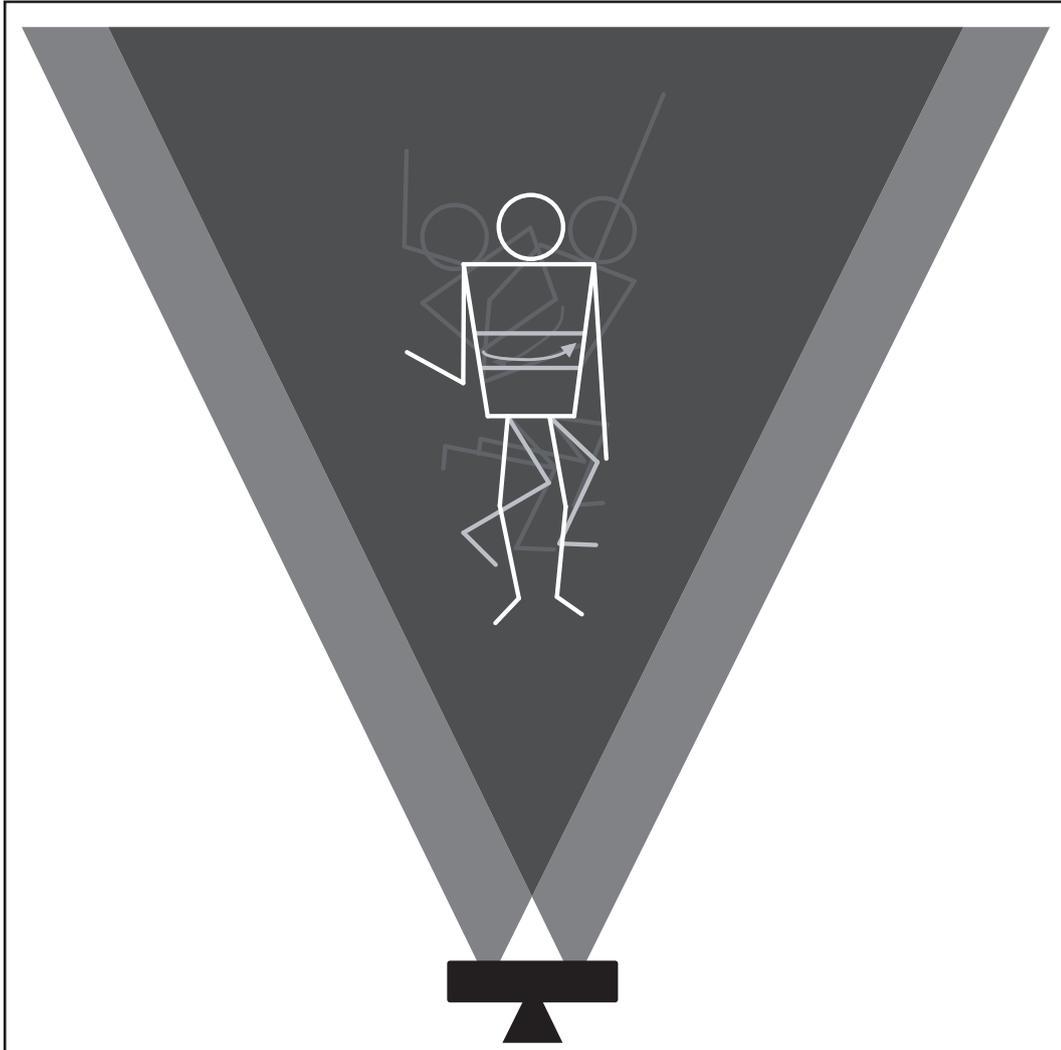


Evaluación ergonómica en tiempo real mediante sensores de profundidad de bajo coste (Kinect)



Director: José Antonio Diego Más

Autor: Moisés Herreros Pinilla

Tesis: Evaluación ergonómica en tiempo real

Para el master: Ingeniería del diseño

Escuela Técnica Superior Ingeniería del Diseño

Universidad Politécnica de Valencia

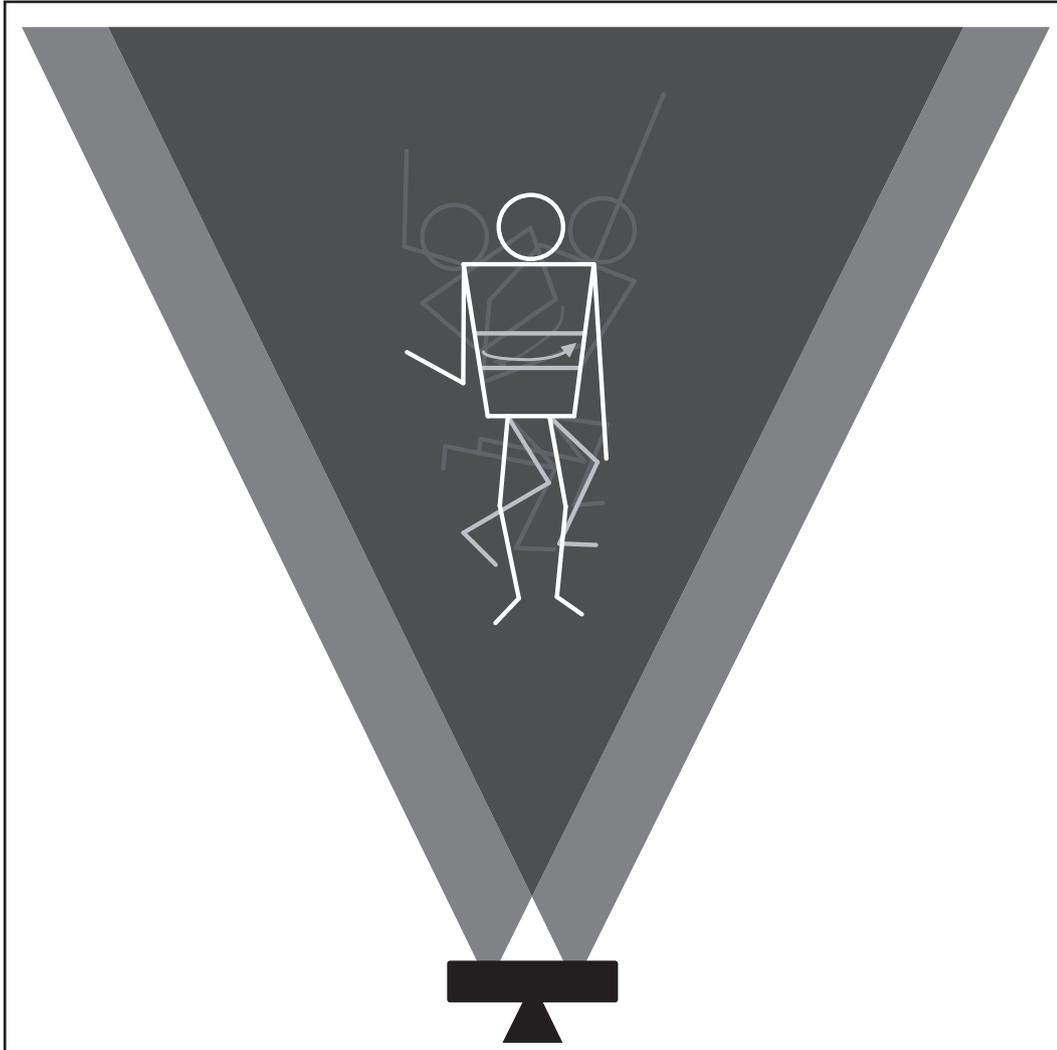
Director: José Antonio Diego Más

Departamento: Ingeniería del diseño

Autor: Moisés Herreros Pinilla

Tesis maquetada mediante InDesign[®] utilizando la familia tipográfica Rotis[®]

Evaluación ergonómica en tiempo real mediante sensores de profundidad de bajo coste (Kinect)



Índice

1. Introducción_4	
1.1 Objetivo	5
1.2 Métodos de medición	7
2. Antecedentes	10
2.1 Ergonomía del trabajo	11
2.2 Lesiones en el trabajo	15
2.3 Métodos de evaluación postural	19
2.3 Herramientas informáticas en la ergonomía	25
2.4 Uso de sensores de profundidad	27
3. Metodología	28
3.1 Kinect	29
3.2 El método OWAS	33
3.3 Desarrollo del software	41
3.4 Interfaz de usuario	45
3.5 Pruebas realizadas	51
4. Conclusiones	56
4.1 Valoración personal	57
4.2 Lineas futuras	59
5. Bibliografía	60
5.1 Bibliografía por orden de aparición	61

1. Introducción

1.1 Objetivo

Mediante esta tesina se quiere conseguir una herramienta para realizar una evaluación ergonómica en los puestos de trabajo en tiempo real mediante el uso de un sensor de profundidad. Con ello se quieren conseguir un mayor número de posturas evaluadas y una mayor precisión en las mismas.

Para lo cual primero se detectan los principales problemas que tienen los métodos más usados en la actualidad y porqué se utilizan estos en lugar de otros.

El problema de los actuales métodos de evaluación que se realizan en posturas estáticas. Principalmente que la toma de datos es muy puntual de manera que el propio trabajador se ve coaccionado.

Además de esto la medición de ángulos no es todo lo precisa que debería. También nos encontramos con que la complejidad de que la toma de datos frontal y lateral sean realizadas al mismo tiempo.

Otro gran problema de la metodología actual es que solo evalúa las posturas que al evaluador le parecen más críticas pidiéndose equivocarse en esta primera valoración.

Estos problemas son solventados mediante la evaluación ergonómica en tiempo real. Además de conseguir unas evaluaciones instantáneas.

Al poder dejar las herramientas de medición en el puesto de trabajo se al cabo de un tiempo el trabajador actuará con normalidad, incluso en puestos conflictivos debido a su mal uso podría dejarse de forma continua.

La precisión en la medición de ángulos tiene una precisión mayor que los métodos que utilizamos luego para valorarla.

El número de posturas evaluadas dependerá de la velocidad de procesamiento que tenga el ordenador. Siendo perfectamente posible tomar una posición cada medio segundo con el poder de cálculo de un ordenador actual de gama media. Lo que equivale a 57.600 posturas evaluadas en una jornada de trabajo de 8 horas.

Los métodos actuales más utilizados son los simplificados debido a que el tiempo que después de la toma de datos es rápido y sencillo de aplicar.

Los medios utilizados para conseguir la toma y evaluación de datos en tiempo real son:

Hardware:

- Kinect
- Ordenador

Software:

- Windows 7
- Kinect SDK
- Programa puente
- Evaluador ergonómico

El método utilizado para la evaluación de datos es el OWAS. Método simplificado para la evaluación de la ergonomía en los puestos de trabajo debido a que parte de su concepción se centra en un elevado número de mediciones para que los resultados obtenidos sean los más fidedignos posible.

1.2 Métodos de medición

Los métodos para la medición de la exposición al riesgo de padecer desórdenes músculo-esqueléticos pueden ser clasificados por la precisión con la que se recogen los datos y por lo invasivos que resultan en la tarea desarrollada por el trabajador evaluado.

Los métodos observacionales son métodos basados en la observación directa del trabajador durante el desarrollo de su tarea. Son sencillos, baratos, permiten evaluar una gran variedad de puestos y son poco invasivos, pero suelen ser poco precisos en la recolección de datos y sus resultados son bastante generales.

Los métodos instrumentales o de medición directa emplean diversos tipos de sensores colocados en el sujeto estudiado para medir ciertas variables. Estos métodos obtienen una gran cantidad de datos de elevada precisión, pero son invasivos, requieren un complejo análisis de los datos, necesitan ser aplicados por evaluadores expertos y su coste es elevado debido a la necesidad de adquirir y mantener los equipos de.

La complejidad de uso e interpretación de los resultados de los métodos de medición directa hacen que sean preferidos por los investigadores, pero, en muchos casos, los ergónomos los encuentran inadecuados para la medición del riesgo en situaciones de trabajo reales).

Centrándose en los métodos de evaluación de la carga postural, algunos métodos observacionales recogen datos a intervalos regulares de tiempo para hacer una estimación de la exposición global al riesgo del trabajador.

Es evidente que existe una limitación en cuanto a la frecuencia de muestreo en los métodos observacionales que no existe en la medición directa. Muchos estudios han analizado el grado de validez del muestro comparando sus resultados con los de métodos de medición directa, existiendo discrepancias en las conclusiones.

Para facilitar la aplicación de los métodos observacionales las actividades del trabajador pueden ser registradas mediante fotografías o vídeos. Un observador puede registrar un número limitado de variables posturales con suficiente fiabilidad, por lo que el empleo de grabaciones puede aumentar la precisión.

Sin embargo, el empleo de fotografías o videos en la aplicación de métodos observacionales presenta también ciertos problemas. Por ejemplo, en la medición de ángulos, la localización de la cámara deba ser escogida con cuidado para evitar la distorsión provocada por la perspectiva.

En ocasiones ocurre que ciertos ángulos pueden medirse adecuadamente en una perspectiva, pero otros ángulos quedan distorsionados, lo que haría necesarias imágenes simultáneas desde diferentes puntos de vista. Cuando el punto de vista es el adecuado los errores cometidos al juzgar ángulos posturales a partir de video o a fotografías son pequeños, pero al cambiar la orientación del trabajador respecto a la cámara el error crece, pudiendo afectar al resultado de la evaluación. Además, cuando las posturas mantenidas son dinámicas la fiabilidad disminuye y algunos estudios demuestran que las observaciones no son válidas.

Las observaciones consideran la dimensión duración del riesgo mediante la frecuencia relativa de aparición de cada categoría de riesgo (dimensión nivel del riesgo). Sin embargo, considerar la dimensión frecuencia del riesgo, o la variación temporal del riesgo, hace necesario el empleo de dispositivos que permitan aumentar la frecuencia del muestreo.

Así pues, aunque la validez de los resultados de los métodos observacionales para la evaluación de la carga postural este refrendada por muchos estudios, la imprecisión en la recolección de los datos y la baja frecuencia de muestreo son los mayores problemas de su aplicación.

1. Introducción

El empleo de sensores de profundidad como Microsoft Kinect™ puede ayudar a resolver estos problemas. Estos dispositivos podrían permitir recoger los datos con una mayor fiabilidad, evitando, por ejemplo, los errores en la medición de ángulos debidos a la perspectiva.

Por otra parte, la frecuencia de muestreo puede elevarse debido a la automatización de la toma de datos, por lo que la frecuencia y duración del riesgo podría ser estimada con mayor precisión.

Los métodos observacionales que emplean el muestreo En este trabajo se emplea un sensor de profundidad (Microsoft's Kinect™) en la tarea de recogida de datos de un método observacional de evaluación postural (OWAS). Se escoge este método debido a que la fiabilidad del mismo aumenta con el número de mediciones que empleando un método automático de recogida de datos se eleva sensiblemente.

El objetivo es comprobar la aplicabilidad del dispositivo para recabar la información solicitada por el método, y determinar la diferencia con las observaciones realizadas mediante el empleo de fotografías o videos.

Además de aumentar la precisión y fiabilidad de los datos obtenidos y la frecuencia con la que se realizan las observaciones, se mantendrían las ventajas asociadas a los métodos observacionales.

El empleo de estos dispositivos no aumentaría el coste de aplicación de los métodos de evaluación postural, dado que la baja inversión que supone su adquisición (149 euros en España en el año 2012) es compensado por la disminución del tiempo en el proceso de los datos adquiridos, siendo éste uno de los costes más importantes asociados a la aplicación de estos métodos.

Además son fáciles de utilizar, no necesitan complejos procesos de calibración y no interfieren en la labor del trabajador observado, factores que hacen preferibles a los ergonomos los métodos observacionales frente a la medición directa.

En los siguientes apartados se expone el modo de funcionamiento de Kinect™, se presenta de modo breve el método OWAS y se muestra el procedimiento seguido para transformar la información ofrecida por el sensor en la requerida por el método.

2. Antecedentes

2.1 Ergonomía del trabajo

La ergonomía se define como “Estudio de datos biológicos y tecnológicos aplicados a problemas de mutua adaptación entre el hombre y la máquina.”¹

El ámbito laboral fue el primero en utilizar la ergonomía. La palabra es un neologismo que se basa en las palabras griegas ergo y nomos que vienen a significar ciencia del trabajo.

Actualmente, existen numerosos estudios y aplicaciones de la ergonomía en este campo. Se pueden agrupar según los aspectos que consideran: Puestos de trabajo, herramientas y útiles, mandos e indicadores, condiciones ambientales, carga mental y carga física.

El objetivo de diseñar el puesto de trabajo es configurar los espacios y los equipos para que faciliten la ejecución de las tareas; incluye las mesas, mostradores y bancos de trabajo, la ubicación de diferentes útiles y elementos de trabajo sobre dichas superficies, el mobiliario de asiento, de almacenamiento, etc.

Se trata de conseguir posturas adecuadas y colocar los elementos de trabajo de manera que se evite la realización de movimientos superfluos o que obliguen a adoptar posturas inadecuadas; como separar los brazos excesivamente del cuerpo.

Existen trabajos con datos sobre dimensiones recomendables en función del tipo de trabajo. Estas dimensiones se han obtenido a partir de estudios antropométricos sobre alcances, análisis de las preferencias de los trabajadores o análisis con modelos biomecánicos. Se puede encontrar un completo compendio en los manuales escritos por Clark y Corlett (1984), Grandjean (1988), Cushman y Rosenberg (1991) y Konz (1995).

El diseño de herramientas y útiles de trabajo es otro aspecto fundamental en el entorno laboral ya que estos elementos tienen un impacto ergonómico acusado en muchas tareas industriales y originan sobrecargas en las estructuras del miembro superior. Los estudios ergonómicos sobre herramientas tienen las siguientes finalidades:

¹ Real Academia Española © www.rae.es

“Introducción a la ergonomía” José Antonio Diego Más. Ergonomía. Universidad Politécnica de Valencia Octubre 2011

- Adaptarlas a la tarea, considerando los requisitos de agarre (de fuerza o de precisión) en las operaciones.

- Adaptarlas a los trabajadores, teniendo en cuenta la antropometría de la mano, la capacidad de fuerza y movilidad y otras características de las personas a la hora de elegir formas, dimensiones, materiales y modo de operación de la herramienta.

- Disminuir la sobrecarga en las articulaciones, ligamentos y músculos del miembro superior, evitando posturas forzadas y movimientos repetitivos, minimizando la fuerza necesaria para utilizar la herramienta y evitando la transmisión de vibraciones.

- Analizar los riesgos de accidente y disponer los sistemas de seguridad pertinentes.

En los trabajos de Eastman Kodak Company (1983), Pheasant (1991) y Mital y Kilbom (1992), se presentan recomendaciones generales sobre los aspectos a considerar en el diseño de herramientas.

Se encuentra información sobre los problemas biomecánicos asociados al manejo de herramientas en la obra de Chaffin y Andersson (1984).

La interacción entre el trabajador y la máquina está muy condicionada por los elementos de comunicación entre ellos. El diseño de mandos e indicadores se encarga de cubrir estos aspectos (Eastman Kodak Company, 1983; Pheasant, 1987; Konz, 1995), persiguiendo la consecución de los siguientes objetivos:

- Ubicación adecuada en las zonas de mejor visión, en el caso de los indicadores, o de mejor alcance, en el de los mandos.

- Facilidad de manejo mediante formas y dimensiones adaptadas al trabajador (botones, agarres o pedales).

- Funcionamiento intuitivo de acuerdo con las reacciones espontáneas de los operarios.

2. Antecedentes

El planteamiento ergonómico analiza cuáles son las reacciones, comportamientos, limitaciones y habilidades de las personas previendo los posibles problemas y diseñando o rediseñando los objetos, herramientas, puestos de trabajo y distintos entornos para evitar las consecuencias adversas. A corto plazo puede parecer que este enfoque es más costoso, pero no es así cuando se realiza un balance a largo plazo debido a los costos indirectos derivados de no aplicarlo¹.

El planteamiento ergonómico utiliza el siguiente argumento: cuando se adaptan los objetos y los trabajos a las necesidades y características de los usuarios o trabajadores, éstos realizan las tareas de una manera más sencilla, lo que se traduce en una mayor eficiencia en su ejecución. Las tareas se realizan de manera más agradable, rápida y segura.

Con el aumento de la calidad ergonómica de las, herramientas, máquinas y espacios laborales se consigue: incrementar la productividad, reducir errores, reducir el tiempo de entrenamiento, incrementar la seguridad, reducir el costo de incapacidades médicas, mejorar la moral y relaciones con los trabajadores; tal como señala el instituto nacional de ergonomía de Argentina.

“El perfeccionamiento de los procesos productivos y la adaptación del ámbito de trabajo aplicando criterios ergonómicos permite:

- Prevenir riesgos,
- Enfermedades y accidentes de trabajo,
- Disminuir el ausentismo,
- Aumentar la productividad por el personal,
- Reducir la tasa de errores,
- Incrementar la calidad del trabajo,
- Facilitar la asimilación e identificación del personal con la organización,
- Minimizar la rotación de personal,
- Fomentar la integración de los sistemas,
- Acrecentar el rendimiento global y
- Mejorar la imagen institucional.

Desde la perspectiva del producto, la Ergonomía Aplicada favorece la diferenciación positiva, constituye un estímulo para la decisión de compra, incrementa el valor percibido, materializa ventajas competitivas e incentiva el uso; asocia la marca a los conceptos de calidad, bienestar y satisfacción.”²

Para el diseño del puesto de trabajo, la colaboración entre los especialistas en Ergonomía, los ingenieros de producción o de organización y el departamento de personal es fundamental.

Con frecuencia estas áreas permanecen separadas y el resultado de ello es que muchas iniciativas procedentes de los servicios de prevención no llegan a implementarse por el coste que tienen, al ser planteadas al margen de los requisitos del proceso productivo global.

² Instituto nacional de ergonomía de Argentina <http://inea-argentina.com.ar/inea.htm> consultado 07/02/2013

³ “Una cuestión de organización”. F. Bourgeois Revista de la agencia Europea para la seguridad y salud en el trabajo n3 Prevención de los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral p. 24-25 ISSN 1608-4152 ISSN 1608-4152 2001

El caso contrario es también muy frecuente: los ingenieros de producción proyectan soluciones sin tener en cuenta los requerimientos ergonómicos. Cuando los problemas aparecen, ya resulta costoso y difícil introducir modificaciones. Todo esto podría evitarse mediante un trabajo previo entre los diferentes agentes implicados en el diseño y organización de los puestos de trabajo (F. Bourgeois 2001³)

El coste médico no es desdeñable. Para ellos se muestran algunos datos de la unión europea.

En Alemania, los trastornos musculoesqueléticos representan casi el 30% (el 28,7% o 135 millones de días) de las jornadas de trabajo perdidas por enfermedad. El coste de las bajas por enfermedad debidas a TME de origen laboral se estima en 24.000 millones de marcos alemanes.

En los Países Bajos, donde los trastornos musculoesqueléticos representan cerca del 46% de todas las bajas por enfermedad de origen laboral, el coste total de las bajas por enfermedad debidas a TME de origen laboral de duración inferior al año, se estimó en 2.019 millones de florines holandeses durante 1995.

En Gran Bretaña, se pierden cada año casi 10 millones de jornadas de trabajo a causa de los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral (9.862.000)

De ellas, casi 5 millones guardan relación con dolencias de espalda (4.820.000), más de 4 millones con el cuello y los brazos (4.162.000) y más de 2 millones con trastornos en las piernas (2.204.000).

En Gran Bretaña, el coste médico de los TME de origen laboral se estima entre 84 y 254 millones de libras esterlinas. Las lesiones dorsolumbares cuestan entre 43 y 127 millones de libras esterlinas, las que afectan a las extremidades superiores o al cuello cuestan entre 32 y 104 millones de libras esterlinas y los trastornos musculoesqueléticos que afectan a las extremidades inferiores suponen un gasto entre 17 y 55 millones de libras esterlinas. Gran Bretaña estima que los costes directos e indirectos de los trastornos de las extremidades superiores de origen laboral (TMOLCES) para las empresas son de 5.251 libras esterlinas por trabajador lesionado y cada trabajador que pasa a la situación de baja permanente debido a una enfermedad de origen laboral pierde una media de 51.000 de libras esterlinas hasta la edad de jubilación.⁴

Existen dos conceptos de ergonomía el europeo y el norteamericano. La ergonomía europea se preocupa por la protección de la salud; es preventiva, higiénica y humanista. La americana es productivista, más preocupada por los resultados y la consecución de técnicas eficaces. En esta tesis se aplica el concepto europeo.⁵

⁴ "Los trastornos musculoesqueléticos- el panorama europeo" Agencia europea para la seguridad y salud en el trabajo. Revista de la agencia Europea para la seguridad y salud en el trabajo n3 Prevención de los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral p. 7-10 ISSN 1608-4152 ISSN 1608-4152 2001

⁵"Formación superior en prevención de riesgos laborales" F. Menéndez; F. Fernández; F.J. Javier; I. Vázquez; J.A. Rodríguez; M. Espeso. ed. Lex Nova. pág. 439-445 2009 ISBN 978-84-9898-073-8

2.2 Lesiones en el trabajo

Los problemas ergonómicos en el trabajo se deben a malas posturas. Bien sea por un mal uso del puesto de trabajo o por un diseño deficiente del mismo.

Es habitual que el diseño de los puestos de trabajo y herramientas no se suelen utilizar criterios ergonómicos, tanto en fábricas como en oficinas. Y en caso de que se hallan tomado estos criterios pero no se utilicen de manera correcta también puede ser por un fallo de diseño debido por se excesivamente complejas.

Máquinas y herramientas peligrosas acaban por dar lugar a accidentes cuando el operario tiene un descuido. Mostradores y puestos de trabajo que asocian esfuerzos que provocan lesiones músculo-esqueléticas, condiciones de trabajo estresantes, etc., son aspectos que se encuentran en muchos centros de trabajo (L. Karlqvist 2001²).

Las consecuencias sobre los trabajadores a corto plazo se refieren al aumento del número de accidentes laborales, con el consiguiente coste social y económico. Tal y como queda reflejado en el artículo de el instituto Federal para la seguridad y la salud en el trabajo de Dortmund.

“Los trastornos musculoesqueléticos (TME) constituyen uno de los principales problemas de salud que afrontan los trabajadores en Europa. Los estudios ponen de relieve que más de 40 millones de trabajadores de la Unión Europea (UE) se ven afectados en todos los sectores de la economía, y que entre el 40 % y el 50 % del total de los problemas de salud laboral se deben a los TME (Comisión Europea, 2004). Estos trastornos le cuestan a las empresas de la UE miles de millones de euros y debilitan la competitividad de Europa. Se estima que el coste total para la economía y la sociedad oscila entre el 0,5 % y el 2 % del producto interior bruto) cada año.

Los tres factores de riesgo más relevantes para los TME son el levantamiento y transporte de cargas pesadas, los movimientos repetitivos y las posturas deficientes en el trabajo. Las actividades de este tipo siguen estando generalizadas, a pesar de los continuos cambios en el entorno de trabajo en la Unión.”³

A largo plazo el efecto es más sutil pero tan grave como los accidentes. Así, así la incidencia y prevalencia de lesiones músculo-esqueléticas asociadas a problemas ergonómicos en el trabajo (malas posturas, movimientos repetitivos, manejo de cargas) no ha parado de crecer en los últimos años.

¹ “Introducción a la ergonomía” José Antonio Diego Más. Ergonomía. Universidad Politécnica de Valencia Octubre 2011

² “Investigación de las diferencias en función del sexo” L. Karlqvist revista de la agencia Europea para la seguridad y salud en el trabajo n3 Prevención de los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral p. 16-18 ISSN 1608-4152 ISSN 1608-4152 2001

³ “Aplicación del Reglamento alemán sobre manipulación de cargas” Gustaf Caffier, U.Steinberg, F. Liebers y S. Beherendt. Revista de la agencia para la seguridad y salud en el trabajo n10 “Aligera la carga” ISSN 1608-152 2007 pág. 8-10

2. Antecedentes

Este tipo de problemas es de tipo acumulativo y provocan lesiones crónicas que no sólo impiden trabajar, sino que pueden tener consecuencias todavía no valoradas sobre la capacidad funcional y calidad de vida de estos trabajadores al alcanzar edades avanzadas. Como indica el artículo

“El impacto derivado de las lesiones músculo esqueléticas (LME) es un fenómeno negativo en el mundo del trabajo porque las mismas están consideradas como una causa mayor de ausencia laboral y discapacidad y suelen producir enormes gastos en las empresas y en las instituciones de salud.

Diversos investigadores han encontrado una elevada prevalencia de lesiones en un amplio rango de actividades laborales donde se han detectado un grupo específico de factores que determinan el nivel de riesgo favorable a la aparición de estos trastornos.

Muchas investigaciones se han desarrollado sobre el tema, abarcando desde la etiología hasta los programas de prevención, sin dejar de incluir por supuesto, aquellos estudios que se ocupan de la identificación y calificación de los factores de riesgo.

En este último aspecto se han elaborado métodos y modelos de evaluación que hacen hincapié, con buen tino, en aquellos elementos que tienen que ver principalmente con la demanda biomecánica de la tarea (Fuerza, Postura, Repetitividad).

No obstante, se ha demostrado la presencia de otros factores relacionados con el trabajador y su trabajo que pueden favorecer el desencadenamiento de alteraciones en los sistemas óseo, muscular y articular⁴

De todo este desarrollo podemos concluir que la principal causa de los trastornos músculo esqueléticos tiene un trasfondo físico⁵.

⁴“Un Modelo Simple Para La Evaluacion Integral Del Riesgo A Lesiones Músculo Esqueléticas (Modsi)” R. Manero; L. Soto;

“T. Rodríguez http://www.prevencionintegral.com/Articulos/@Datos/_ORP2006/0100.pdf Consultado el 01/02/2013

⁵“Prevención de los trastornos músculo esqueléticos: hacia un planteamiento global” P. Douillet y M. Aptel. R

2.3 Métodos de evaluación postural

Se considera necesario explicar los métodos de evaluación postural ya que este análisis es el que sirve para elegir el método idóneo para nuestra aplicación. Además la aplicación esta realizada de tal modo que nos dé los datos necesario para implementar la mayoría de los métodos aquí descritos, no solo el que finalmente hemos utilizado.

En la actualidad existen multitud de métodos de evaluación postural. La mayoría de estos métodos se basan en el análisis de posturas estáticas. A las que luego pueden añadir o no modificadores para tener en cuenta los elementos dinámicos de las mismas.

Pasaremos a analizar los más utilizados con sus rasgos más característicos así como sus ventajas e inconvenientes.

“OWAS (Ovako Working Posture Analysis System)

INSTITUTE OF OCCUPATIONAL HEALTH. FINLAND
CENTRE FOR OCCUPATIONAL SAFETY. FINLAND

El método OWAS es el método de carga postural por excelencia, está basado en una simple y sistemática clasificación de las posturas de trabajo y en observaciones de la tarea. Para la elaboración de este método se seleccionaron posturas de las que se conoce la carga musculoesquelética que causan, dando lugar a una clasificación de posturas excluyentes.

Ha sido aplicado en varios países como Finlandia, Alemania, India, Australia, España, etc.; en todo tipo de sectores como limpieza, mantenimiento de maquinaria, construcción, forestal, enfermería, trabajo industrial, etc., y en el rediseño de las medidas ergonómicas en una gran variedad de tareas manuales. Para la aplicación del método en primer lugar se observa la tarea, se delimitan las posturas de cada fase de trabajo, se codifican y se analizan junto con el registro del tiempo.

Aunque es un método útil para la identificación de posturas inadecuadas, no se puede utilizar si queremos estudiar grados o niveles de gravedad de la misma postura básica. Es decir, se identifica si una persona está inclinada o no, pero no si su grado de inclinación es grande o pequeño.

POSTURE TARGETTING: A technique for recording working postures

UNIVERSITY OF BIRMINGHAM. UK.

Una característica específica del método Posture Targetting, que lo diferencia a todos los demás, es el tipo de representación gráfica que utiliza para describir las posturas, se trata de un diagrama en el que cada parte del cuerpo se representa con un gráfico de líneas y círculos. Los gráficos están compuestos de tres círculos concéntricos que representan desde el centro hacia fuera los 45°, 90° y 135° en el plano vertical, y unas líneas radiales que representan la desviación en el plano horizontal. Los segmentos en los que el movimiento no sea posible no aparecen en la representación.

En principio, si la persona se encuentra en posición estándar no hace falta marcar nada, pero se debe señalar la postura que adoptan todos los segmentos que se desvían de esta posición. Además, al lado de la postura se puede identificar qué tipo de actividad está realizando.

Para la aplicación del método, en primer lugar se observa a la persona, se seleccionan las posturas más representativas o extremas, o se hace una muestra de las actividades. Después de esta selección en cada postura se marca las posiciones de cada zona del cuerpo en el gráfico.

Se puede incorporar el factor tiempo en el análisis mediante dos estrategias: después de identificar las posturas realizadas, observar de nuevo la secuencia y analizar el tiempo mediante un cronómetro. En situaciones donde el período de tiempo es más largo, se puede realizar un muestreo de las actividades y así ver la proporción de tiempo que está en cada una de ellas.

En el Posture Targetting se considera cada extremidad, el torso y la cabeza como partes de un todo relacionadas entre sí y a su vez con el tronco. Puede ser utilizado para el análisis puntual, en un momento dado, donde se selecciona y analiza solo una postura predominante o las más extremas. Y también se puede analizar una secuencia de posturas utilizando diversas estrategias: varios diagramas en una única hoja, en distintas hojas de registro bien en papel o en transparencia, o en trabajos repetitivos se puede marcar todas las posturas en el mismo diagrama, representando así en una pequeña “mancha” la amplitud de los movimientos realizados.

“NTP 452: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural” INSHT. S. Nogareda; I. Dalmau

2. Antecedentes

ARBAN

RESEARCH FOUNDATION FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. SWEDEN

Este es un método para el análisis ergonómico del trabajo que incluye situaciones de trabajo con diferentes cargas posturales. Puede ser adaptado a un amplio rango de situaciones de acuerdo con la naturaleza del problema estudiado.

Se analiza el “estrés ergonómico” de todo el cuerpo, o por segmentos y se obtienen curvas de tiempo/estrés ergonómico donde se identifican las situaciones importantes de la carga dentro del ciclo. El ciclo de trabajo puede ser dividido en tareas, que a su vez pueden ser comparadas entre sí o con otros trabajos. Cuando son estudiados procesos no cíclicos, la cuantificación del esfuerzo es analizado mediante un muestreo representativo del trabajo. En este caso el valor medio de esfuerzo nos da una base para la evaluación de la situación global.

En la aplicación del método se realiza un registro en video del lugar de trabajo, se identifican seis partes del cuerpo y se cuantifica mediante la escala de Borg el nivel de estrés medio de todas ellas, esta operación se realiza en un número de imágenes determinado a intervalos regulares, habitualmente es suficiente dividir el ciclo en unos 100 o 200 intervalos de pocos segundos. Por otro lado se analiza mediante la escala de Borg el estrés dinámico, la vibración y el nivel de choque, se procesan los datos y se evalúan los resultados.

A partir de estas medidas cuantitativas se pueden comparar procesos de producción alternativos, donde se analiza cada fase de trabajo para asegurar que ningún valor de estrés sea demasiado alto. También se tiene en cuenta el nivel de estrés medio, que en relación con la duración, puede ser un indicativo importante de comparación. Por otro lado en los estudios de rotación de trabajo, se calcula la carga postural en todas los puestos de trabajo, primero individualmente y después con distintas secuencias, de este modo se puede seleccionar la secuencia de rotación óptima en cada caso.

Los resultados son fácilmente interpretables, incluso por no especialistas y pueden servir como herramienta para identificar áreas problemáticas. Aunque debemos tener en cuenta que esta característica es común a la mayoría de métodos.

VIRA

NATIONAL BOARD OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. SWEDEN

El objetivo del método VIRA es fundamentalmente la evaluación de los problemas en cuello y parte superior de brazos. Fue diseñado para el estudio de trabajos de ciclo corto y repetitivo, bajo control visual, donde la actividad con las manos no es relevante, se mantienen en el plano sagital y no se manipulan objetos pesados, de no ser así se requeriría un análisis complementario de posturas manuales y fuerzas.

Para la evaluación del puesto se realizan dos registros desde dos ángulos distintos, la proyección posterior es usada en estudios de abducción del hombro, y la proyección lateral en estudios de flexión y elevación del hombro, y flexión del cuello.

En la aplicación del método previamente se seleccionan los ángulos (puntos) que serán analizados. Posteriormente se colocan en la persona unos puntos que son de referencia para estos ángulos y se registra en video de forma continua, desde dos planos distintos. Estos puntos han de ser claramente visibles, ni muy grandes ni muy pequeños, sujetos a los distintos puntos del cuerpo evitando que puedan moverse o desplazarse. Cada punto de referencia indica un ángulo que se corresponde con una tecla del ordenador. Para analizar las posturas se pulsan las teclas correspondientes cada vez que cambia de posición cada ángulo, para ello se observa la secuencia las veces que sea necesario y el propio reloj del ordenador registra la duración. Habitualmente se realiza un promedio de cuatro veces, aunque esto depende de la cantidad de puntos a analizar y de la frecuencia de cambios.

En una aplicación típica del método se obtiene:

- Tiempo de ciclo de trabajo y nº de ciclos por hora.
- Tiempo de reposo de cuello y hombro: nº total de períodos de descanso, promedio y duración total por ciclo y por hora.
- Frecuencia de cambios de postura en sectores de ángulos determinados, número total de cambios por segmentos en un ciclo o por hora.
- Duración total de cada postura o porcentaje del tiempo dentro del ciclo de trabajo.

Mediante este método se analiza bien la relación entre los problemas de cabeza y hombro, y la carga postural a la que se ven sometidos, pero no se realiza una valoración de la gravedad.

Al utilizar el método VIRA para el análisis postural se ha constatado una importante variación en técnicas o estilos de trabajo entre los trabajadores, incluso entre los que desempeñan el mismo puesto de trabajo. La precisión de las medidas de este método revelan diferencias interpersonales que pueden no ser detectadas por otros métodos.

RULA (Rapid Upper Limb Assessment)
INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL ERGONOMICS. UK.

El método RULA fue diseñado para detectar los trabajadores que están expuestos a cargas musculoesqueléticas importantes y que pueden ocasionar trastornos en las extremidades superiores. Fue desarrollado en tres fases: la primera fase consistió en determinar cómo registrar las posturas de trabajo, la segunda determinar el sistema de puntuación y la última, establecer la escala de niveles de intervención, lo que nos da una idea del nivel de riesgo de la situación y de la necesidad de intervención.

En la aplicación del método se observan varios ciclos de trabajo para seleccionar las posturas más representativas o más extremas, también por observación se registran y codifican las posturas (ver Tabla 2) junto con los tiempos, se consideran las cargas y finalmente, se valora de forma global el puesto.

El método Rula permite:

- Evaluar rápidamente los riesgos de trastornos en miembros superiores producidos en el trabajo en una población laboral concreta.
- Identificar el esfuerzo muscular asociado a la postura del trabajo en tareas repetitivas (> 4 veces por minuto), manteniendo una postura, o ejerciendo fuerza, que pueden contribuir a la fatiga muscular.
- Incorporar sus resultados en una guía de evaluación ergonómica más amplia, relacionada con factores epidemiológicos, físicos, mentales, ambientales y organizacionales

PEO (Portable Ergonomic Observation)
SWEDISH NATIONAL INSTITUTE OF OCCUPATIONAL
HEALTH. SWEDEN

El método PEO es un método de carga musculoesquelética, basado en observaciones hechas directamente o filmadas en el lugar de trabajo a tiempo real. Sus categorías han sido seleccionadas a partir de los factores de riesgo descritos en la literatura.

Este método requiere pocos recursos humanos para recoger los datos y analizarlos. Los datos que proporciona son accesibles, tienen una presentación y análisis inmediatos, y dan información sobre la secuencia, duración y frecuencia de las categorías que previamente han sido seleccionadas como factores de riesgo importantes. En general los datos de duración tienen una mayor validez interna que los de frecuencia.

En la aplicación del método, en primer lugar se debe entrevistar a la persona para seleccionar una lista de categorías y posturas a tener en cuenta y planificar la observación diaria. Posteriormente se registran las medidas PEO, este registro se realiza en función de los objetivos, pueden ser todas las categorías a la vez, o solo algunas, se pueden dividir entre varios observadores, o incluso se pueden analizar varias veces. Después se deben medir las fuerzas ejercidas, si se usa ordenador portátil se transfieren los datos; se revisan los datos recogidos después de cada tarea observada y si es necesario se corrigen errores, se reúnen todos los archivos y por último, se describen los datos obtenidos”¹

¹“NTP 452: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural” INSHT. S. Nogareda; I. Dalmau

2. Antecedentes

NIOSH equation for desing

The National Institute for Occupational Safety and Health

El método NIOSH evalúa tres aspectos para determinar si la postura es aceptable. El biomecánico, el fisiológico y el psicofísico.

El criterio biomecánico consiste en averiguar la presión que se esta ejerciendo sobre la junta de las vértebras L5 y S1 y establecer un máximo de 3 - 4 kN. Se establece este criterio debido a que estudios han demostrado que bajo ciertas condiciones esta limitación es más desfavorable que las limitaciones de fuerza.

Cuando se realizan actividades en las que intervienen muchos músculos aumenta la demanda de energía aeróbica por lo que una actividad de estas características no puede ser realizada durante mucho tiempo aunque no exista riesgo si se realiza de manera aislada. Además la fatiga aumenta el riesgo de lesión músculo esquelética. Por estos motivos se estable un criterio fisiológico en la evaluación ergonómica de este método. El criterio de para la evaluación será que tenga un máximo de 9 - 5 kcal/min. Este criterio se reducirá en el caso de que la actividad se realice por más de una hora, que el trabajador se mayor de 55 años o sea una mujer.

El criterio psicofísico esta definido directamente en las medidas del peso máximo aceptable que se puede levantar e indirectamente en estudios que miden la fuerza isométrica.

Después con todos los datos se debe utilizar esta ecuación:

$$RWL=LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

Donde los terminos son constantes o multiplicadores que se hallan mediante mediciones y tablas.²

²“Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks, Ergonomics” T. R. Waters ,V. Putz-Anderson, A. Garg & L. J. Fine (1993). 36:7, 749-776

³ “Evaluación ergonómica de puestos de trabajo” S. Asensio; M.J. Bastante; J.A. Diego 2012 Paraninfo

REBA (Rapid Entire Body Assessment)

Sue Hignett y Lynn McAtamney

El método REBA fue propuesto por Sue Hignett y Lynn McAtamney y publicado por la revista Applied Ergonomics en el año 2000. El método permite la evaluación postural de todo el cuerpo. Tanto los miembros superiores como inferiores.

Define como factores para la valoración de la postura, la carga, el tipo de agarre o el tipo de actividad muscular desarrollada por el trabajador entre otros.

También permite evaluar posturas estáticas y dinámicas. Un de las novedades del método es que permite valorar si el esfuerzo se está realizando a favor o en contra de la gravedad. Circunstancia que atenúa o acentúa el riesgo que conlleva la postura.

El método se basa en la aplicación y estudio de otros métodos como el NIOSH, la escala de percepción de Esfuerzo, el método OWAS, la técnica BPD y principalmente el método RULA.

El método REBA es una herramienta de análisis postural especialmente sensible a tareas con cambios inesperados de la postura. Es un método que principalmente valora los riesgos de tipo músculo-esqueléticos. Los resultados determinan el nivel de riesgo de padecer lesiones, estableciendo el nivel de acción requerido y la urgencia de la intervención.

Algunas consideraciones importantes del método REBA son que separa el lado izquierdo del derecho por lo que debemos realizar dos mediciones en cada postura o para la más desfavorable según el criterio del evaluador.

También es importante tener en cuenta que el evaluador debe elegir las posturas más representativas o las que a priori considere más desfavorables.³

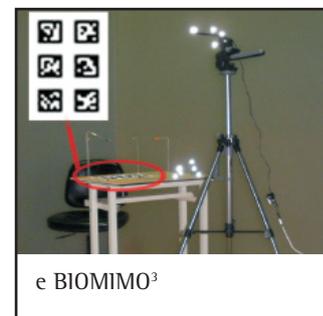
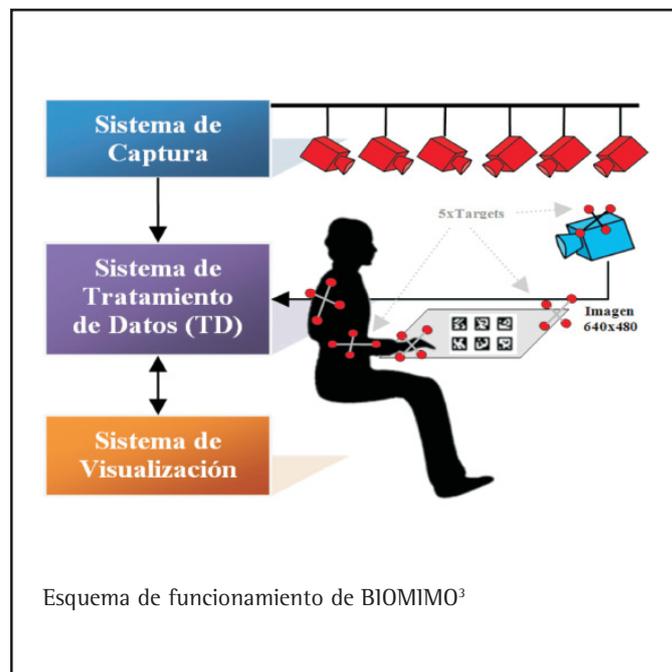
2.3 Herramientas informáticas en la ergonomía

La informática se ha utilizado para ayudar en el desempeño de trabajos en múltiples ámbitos, ingeniería, administración... También puede ser muy útil a la hora de realizar evaluaciones ergonómicas. Ahora expondremos en que punto se encuentra la informática respecto a estas.

Existen herramientas informáticas que simplifican bastante la tarea al evaluador. Consisten en realizar las medidas necesarias para la aplicación de determinado método e introduciendo los datos nos ofrecen los resultados. Por ejemplo una herramienta de este tipo que trabaje con el método RULA el evaluador tendría que realizar las fotografías en verdadera magnitud, medir los ángulos (con un programa de CAD) e introducir los mismos en el programa. El programa daría los resultados, evitando tener que pasar por todas las tablas que van evaluando los puntos y luego las tablas de unificación de resultados.

También existen programas que completan los métodos aplicando varios; de manera que queden evaluados todos los aspectos del puesto de trabajo con por ejemplo aplicando el método RULA para la evaluación de riesgos posturales; el método NIOSH para el riesgo de levantamiento vertical y el LEST para aspectos como el entorno físico, vibraciones, carga física, carga mental, aspectos psicosociales de relación con el mando y organización del tiempo de trabajo.¹

Este tipo de programas ayudan al evaluador y con el ahorro de tiempo le permiten realizar un análisis más completo. Estos programas no suponen una mejora cualitativa del trabajo sino tan solo cuantitativa. Los programas que utilizan captura de movimientos pueden ser más útiles ya que pueden llegar a detectar riesgos en posiciones que el evaluador no había considerado. Además tienen más precisión en las mediciones que los métodos habituales.



Las investigaciones sobre los programas de captura de movimientos realizados necesitan un sistema complejo de cámaras situadas alrededor del individuo y calibradas y marcadores para poder ubicar en el espacio las coordenadas de los puntos a evaluar. Esto los hace inviables para una evaluación ergonómica completa por lo que se utilizan para la evaluación de algún miembro con objeto de poder realizar un estudio en profundidad y poder diseñar por ejemplo una prótesis.^{1 2}

¹ "Aplicación informática, de uso educativo, para evaluación de riesgos ergonómicos" M. Chiner; J.A. Diego. Dept proyectos de ingeniería UPV

² "BIOMIMO Desing & Test: motion capture and AR techniques to design and test an orthosis prototype" J. Gimeno; A. Pujana-Arrese; M. Fernández; J. Landaluze. ARTEC Group, Valencia University; IKERLAN Research Centre.

³ "BIOMIMO, Estudio ergonómico aumentado utilizando un sistema de captura de movimiento infrarrojo de alta precisión y realidad aumentada" J. Gimeno; A. Pujana-Arrese; M. Fernández; J. Landaluze. ARTEC Group, Valencia University; IKERLAN Research Centre.

2.4 Uso de sensores de profundidad

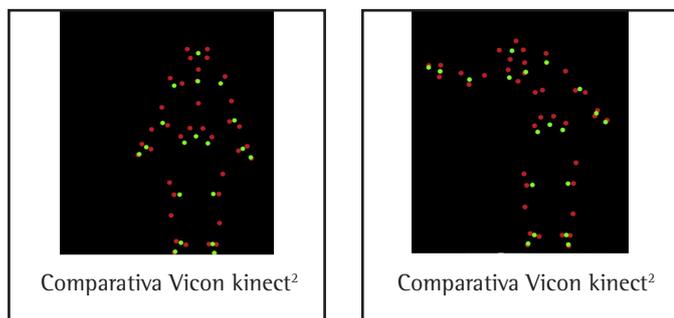
Se opta por el uso de sensores de profundidad, en este caso Kinect de Microsoft, debido a su capacidad para ubicar al individuo así como su colocación en tres dimensiones en el espacio. También es muy interesante la facilidad de uso del mismo una vez está desarrollado el software; así como su reducido coste.

La facilidad de uso es evidente ya que nos da las coordenadas de distintos nudos del cuerpo, solo queda operar con los mismos.

En lo relativo a la precisión existían algunas dudas ya que es una herramienta relativamente nueva. Los primeros estudios realizados sobre marcadores y con un software demo instalado en el ordenador indicaban que el método era al menos un orden de magnitud más impreciso que el método Vicon (con marcadores en el sujeto y varias cámaras)¹.

Pero estudios más recientes realizados con el software estable de Microsoft comparandolo con el método Vicon en la captura de movimientos en personas sin patologías clínicas arroja un rango de precisión similar ².

Esto se puede deber a dos aspectos, la mejora del software del ordenador o a los algoritmos que incorpora la propia Kinect a la hora de detectar personas. Pero nos es indiferente ya que estas dos variables participan en el software del que este trabajo es objeto.



También se está usando Kinect en otros ámbitos con buenos resultados. Por ejemplo se está utilizando para localizar objetos y generar mapas tridimensionales para la navegación de vehículos ligeros y robots móviles. Mediante el sensor Kinect el robot reconoce el terreno para saber por dónde moverse y además mientras se va moviendo genera un modelo 3D del entorno.³

También se están desarrollando aplicaciones en medicina. Para disminuir el riesgo de infección en las intervenciones quirúrgicas manipulando los equipos a través de Kinect. Esta aplicación se llama TedCas. También en la recuperación de pacientes con daño cerebral mediante interfaces naturales y técnicas de realidad virtual. La tele rehabilitación para los pacientes con esclerosis múltiple. Terapias para niños con autismo ya que puede presentar una manera divertida y eficaz de que aprendan a relacionarse con el entorno. La telepresencia, la empresa Nebutek ha presentado una aplicación que permitirá crear el modelo físico del cuerpo de una persona que copia todos sus movimientos y se desplaza manteniendo la imagen facial.⁴

También ha adquirido una importancia destacable por parte de los desarrolladores y los usuarios la facilidad de uso de los distintos dispositivos; así como que este sea más natural y con una curva de aprendizaje más suave para hacerlos atractivos a todo tipo de público no solo al segmento que está más familiarizado con la tecnología.

En este aspecto se están realizando investigaciones de interfaz de usuario mediante Kinect ya que no es necesario que el usuario interactúe con ninguna parte del dispositivo, sino que puede manejar el mismo con su propio cuerpo. Con eso mediante gestos naturales como arrastrar o mover la mano como si realizáramos determinada acción la misma puede reproducirse en el dispositivo; consiguiendo así la buscada naturalidad en la interfaz de uso.⁵

¹ "Evaluation of the Kinect sensor for 3-D kinematic measurement in the workplace" T. Dutta. Toronto Rehabilitation Institute. Toronto Canada. Elsevier 23 Marzo 2011

² "Validity of the Microsoft Kinect for assessment of postural control" R. A. Clark, Y. Pua, K. Fortin, C. Ritchie, K.E. Webster, L. Denehy, A. L. Bryant; University of Melbourne, General Hospital of Singapore, La Trobe University of Melbourne. Elsevier 12 Marzo 2012

³ "Identificación de Parámetros Dinámicos en Vehículos Ligeros y Robots Móviles. Aplicación al Control y la Navegación Automática (IDECONA. DPI2010-20814-C02-01/02

⁴ "Aplicaciones de Kinect para neurorehabilitación" D. De la Fuente. Universitat Politècnica de Catalunya 31 de Mayo de 2012

⁵ "Desarrollo de interfaces de usuario naturales con Kinect" E. Trilles. Universidad Politécnica de Valencia Diciembre 2012

3. Metodología

3.1 Kinect

El sensor Kinect mediante el software que incluye nos proporciona datos precisos de la posición de determinados puntos del cuerpo humano mediante grabación. Estos puntos son los mismos que se utilizan en casi la mayoría de los métodos de evaluación ergonómica. Esto unido al hecho de que nos proporciona la información en tiempo real para que podamos trabajar con ellas lo convierte en una herramienta muy útil para la evaluación ergonómica.

Kinect es un sensor de profundidad con un software de reconocimiento de personas muy optimizado. Ya que esta desarrollado específicamente para ello.

Se ha escogido Kinect para el desarrollo del software por varios motivos. Los principales son precio y disponibilidad. Además también es muy preciso como se muestra en el punto “2.4 Uso de sensores de profundidad”. En cuanto a precio y disponibilidad se encuentra por unos 200€ o 100€ según versión (ambas funcionales para este programa) en cualquier tienda de informática.

Otra ventaja importante del uso de Kinect respecto a otros métodos de medida es que no es nada invasivo. Basta con disponer el aparato a una cierta distancia del trabajador para empezar a recoger datos.

Además el Kinect nos proporciona una densidad de información muy alta que con un método que la utilice de forma adecuada es una herramienta muy potente.

El sensor de Kinect es un equipo rectangular alargado apoyado en la superficie mediante un pivote, esta diseñado para estar en posición horizontal.. El dispositivo cuenta con una cámara RGB, un sensor de profundidad y un micrófono multi-array bidireccional. con lo que consigue capturar imágenes y movimientos de los cuerpos en 3D, además de ofrecer reconocimiento facial y aceptar comandos de voz.

El sensor de kinect adquiere imágenes de video con un sensor CMOS de colores a una frecuencia de 30 Hz, en colores RGB de 32-bits y resolución VGA de 640x480 pixeles. el canal de video monocromo CMOS es de 16 bits, resolución QVGA de 320x240 pixeles con hasta 65,536 niveles de sensibilidad.

Para calcular las distancias entre un cuerpo y el sensor, el sensor emite un haz láser infrarrojo que proyecta un patrón de puntos sobre los cuerpos cuya distancia se determina. Una cámara infrarroja capta este patrón y por hardware calcula la profundidad de cada punto.

La cámara tiene dos funciones, generar un mapa 3D de la imagen que tiene en su campo visual y reconocer humanos en movimiento entre los objetos de la imagen.

El sensor de Kinect puede llegar a distinguir la profundidad de cada objeto con una resolución de 1 centímetro y las estimaciones de altura y anchura con una exactitud de 3 milímetros.

3. Metodología

El rango de acción del kinect es:

Horizontal: 57.5°

Vertical 43.5° (pudiendo girar sobre su base desde -27° a +27° para adaptarse automáticamente a las distintas situaciones)

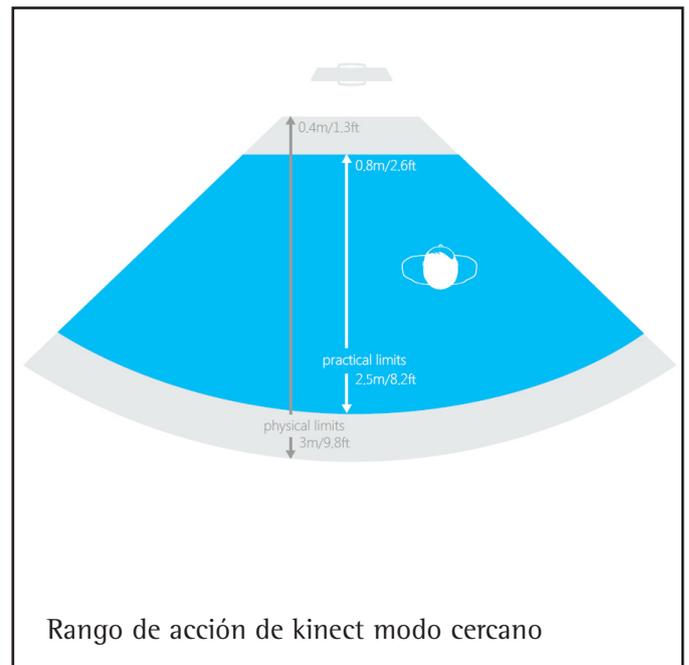
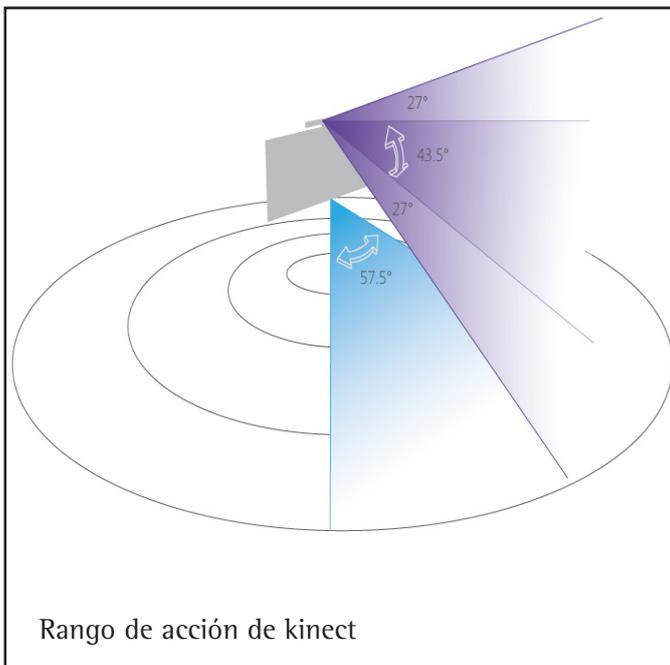
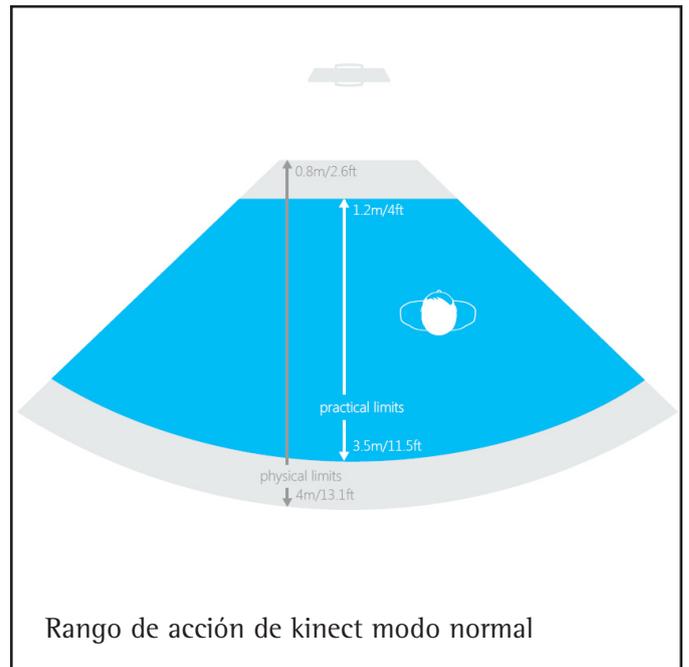
Para la profundidad tiene dos modos dependiendo de lo cercano que coloquemos el sensor al usuario:

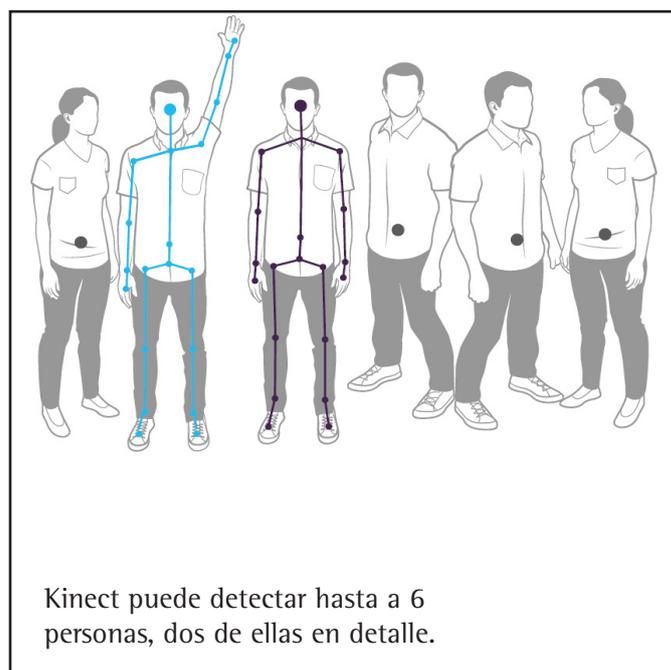
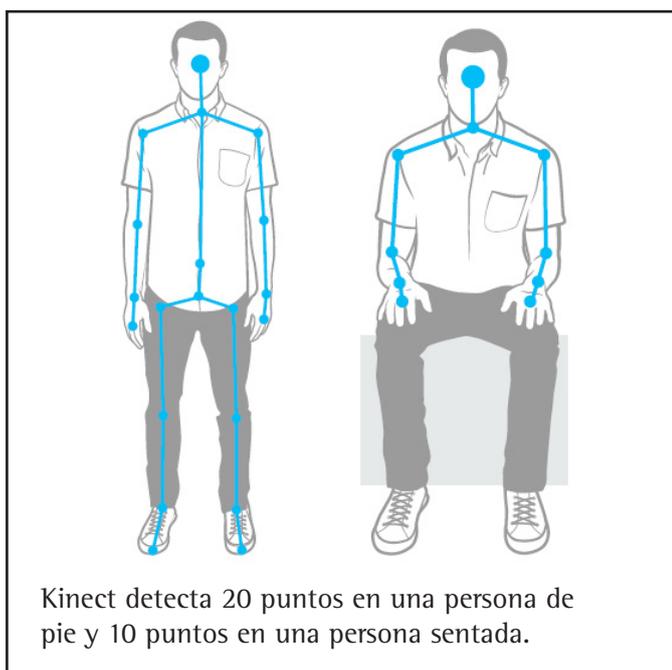
Modo normal

Límite: 0.8 - 4 m
Recomendable 1,2 - 3.5 m

Modo cercano

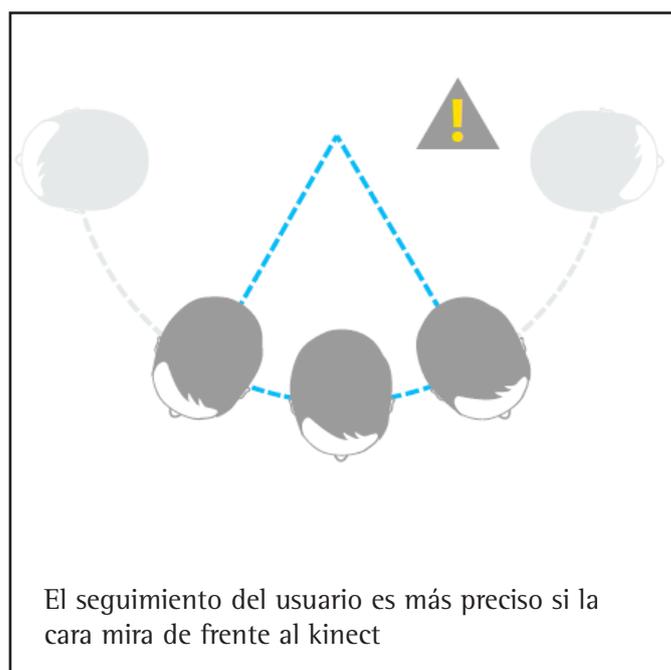
Límite: 0.4 - 3 m
Recomendable: 0.8 - 2.5 m





Algunos puntos de interés para el correcto uso del kinect son los siguientes:

- Detecta 20 puntos en una persona de pie y 10 si esta sentada.
- Es capaz de distinguir 6 personas y 2 de ellas detalladamente.
- No deben pasar personas entre el kinect y el usuario.
- Con luz natural (sobretudo si es directa) no funciona bien el medidor de profundidad.
- Hay que tener cuidado con la ropa que cambia de forma y la ropa reflectante.
- El sensor necesita captar el suelo.
- Conocer la distancia entre usuario y kinect le ayuda.
- Hay que tener cuidado con gestos que tapen el cuerpo
- Es preferible que la cara mire al kinect
- Para enseñar un movimiento es recomendable utilizar un avatar.



“Human interface Guidelines. Kinect for Windows v1.5.0” 2012 Microsoft Corporation

3.2 El método OWAS

Se ha elegido el método OWAS para su aplicación mediante sensores de profundidad de bajo coste debido principalmente a que es un método en el que además de evaluar las posturas en estático también analiza las posturas en relación al tiempo que la está ejecutando el sujeto. Esto implica que puede existir una postura que no sea del todo correcta pero si es escaso el tiempo que se está realizando puede no ser crítica en la evaluación postural completa. Para esta medición se utiliza el reparto equitativo del tiempo entre el número de posiciones. Al realizar un número de mediciones elevado (varias veces por segundo) y a intervalos regulares el error cometido por esta consideración se reduce notablemente.

También se ha optado por el método OWAS debido a que todas las mediciones que tiene las realiza de forma automática la Kinect. Ya que no utiliza el giro de las articulaciones que el Kinect no puede medir con el software existente.

El método OWAS (Ovako Working Analysis System) fue propuesto por los autores finlandeses Osmo Karhu, Pekka Kansi y Likka Kuorinka en 1977 bajo el título "Correcting working postures in industry: A practical method for analysis." ("Corrección de las posturas de trabajo en la industria: un método práctico para el análisis") y publicado en la revista especializada "Applied Ergonomics".

La colaboración de ingenieros dedicados al estudio del trabajo en el sector del acero finlandés, de trabajadores de dicha industria y de un grupo de ergónomos, permitió a los autores obtener conclusiones válidas y extrapolables del análisis realizado, quedando dichas conclusiones reflejadas en la propuesta del método OWAS .

El método OWAS, es un método sencillo y útil destinado al análisis ergonómico de la carga postural. Su aplicación, proporciona buenos resultados, tanto en la mejora de la comodidad de los puestos, como en el aumento de la calidad de la producción, consecuencia ésta última de las mejoras aplicadas.

En la actualidad, un gran número de estudios avalan los resultados proporcionados por el método, siendo dichos estudios, de ámbitos laborales tan dispares como la medicina, la industria petrolífera o la agricultura entre otros, y sus autores, de perfiles tan variados como ergónomos, médicos o ingenieros de producción.

El método OWAS basa sus resultados en la observación de las diferentes posturas adoptadas por el trabajador durante el desarrollo de la tarea, permitiendo identificar hasta 252 posiciones diferentes como resultado de las posibles combinaciones de la posición de la espalda (4 posiciones), brazos (3 posiciones), piernas (7 posiciones) y carga levantada (3 intervalos).

La primera parte del método, de toma de datos o registro de posiciones, puede realizarse mediante la observación "in situ" del trabajador, el análisis de fotografías, o la visualización de videos de la actividad tomados con anterioridad son los métodos que se utilizan actualmente. Nosotros utilizaremos el sensor de profundidad que nos dará más precisión y mayor número de mediciones.

Una vez realizada la observación el método codifica las posturas recopiladas. A cada postura le asigna un código identificativo, es decir, establece una relación unívoca entre la postura y su código. El término "Código de postura" será utilizado en adelante para designar dicha relación. Este código también se realizará de manera automática por el programa.

En función del riesgo o incomodidad que representa una postura para el trabajador, el método OWAS distingue cuatro Niveles o "Categorías de riesgo" que enumera en orden ascendente, siendo, por tanto, la de valor 1 la de menor riesgo y la de valor 4 la de mayor riesgo. Para cada Categoría de riesgo el método establecerá una propuesta de acción, indicando en cada caso la necesidad o no de rediseño de la postura y su urgencia. También evalúa el tiempo que mantiene la postura consiguiendo con ello una evaluación global de la tarea y no solamente de la postura.

"Evaluación ergonómica de puestos de trabajo" S. Asensio; M.J. Bastante; J.A. Diego 2012 Paraninfo
<http://www.ergonautas.upv.es/métodos/owas/owas-ayuda.php>

3. Metodología

Así pues, realizada la codificación, el método determina la Categoría de riesgo de cada postura, reflejo de la incomodidad que supone para el trabajador. Posteriormente, evalúa el riesgo o incomodidad para cada parte del cuerpo (espalda, brazos y piernas) asignando, en función de la frecuencia relativa de cada posición, una Categoría de riesgo de cada parte del cuerpo.

Finalmente, el análisis de las Categorías de riesgo calculadas para las posturas observadas y para las distintas partes del cuerpo, permitirá identificar las posturas y posiciones más críticas, así como las acciones correctivas necesarias para mejorar el puesto, definiendo, de esta forma, una guía de actuaciones para el rediseño de la tarea evaluada.

El método OWAS presenta una limitación a señalar. El método permite la identificación de una serie de posiciones básicas de espalda, brazos y piernas, que codifica en cada "Código de postura", si embargo, no permite el estudio detallado de la gravedad de cada posición.

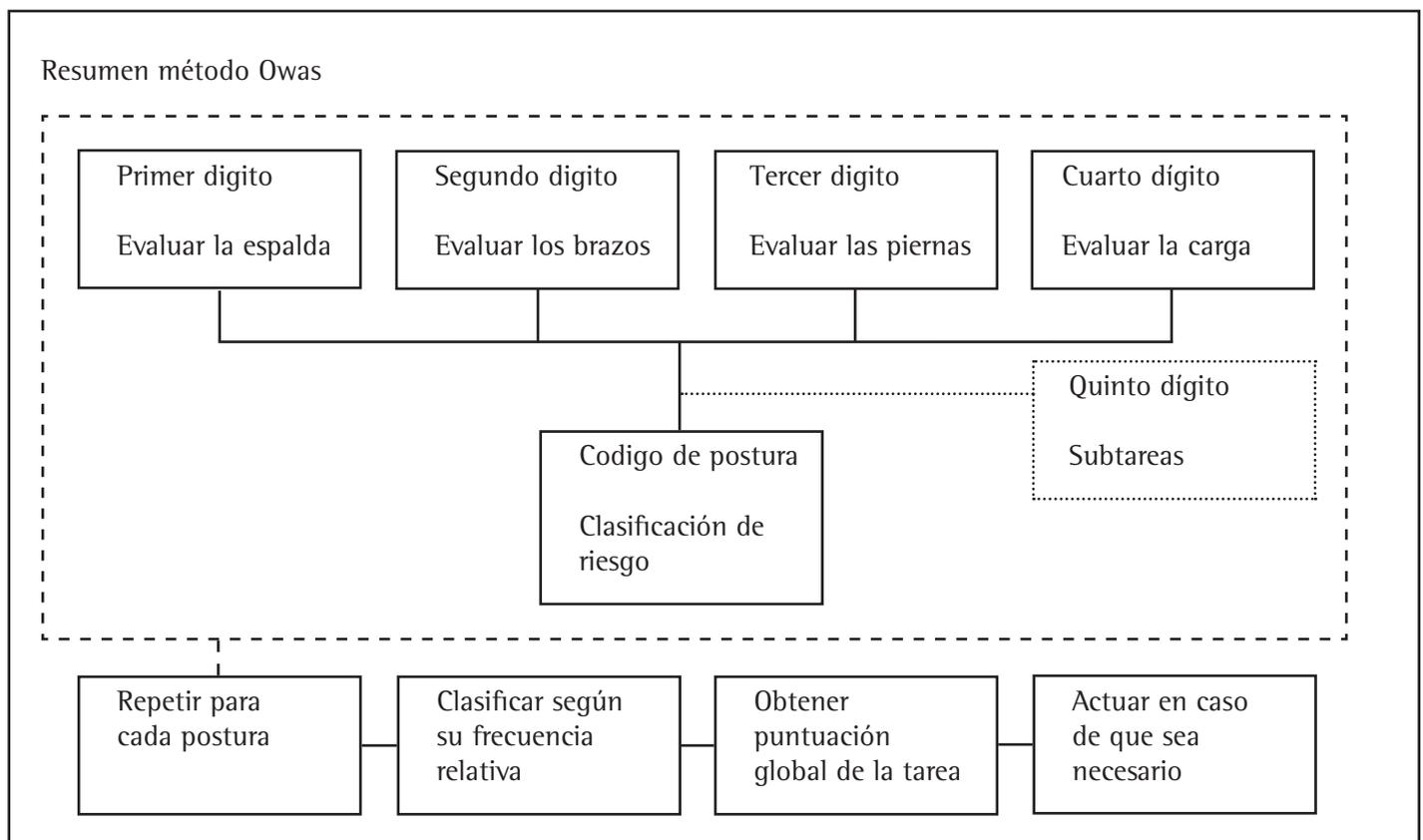
Por ejemplo, el método identifica si el trabajador realiza su tarea con las rodillas flexionadas o no, pero no permite diferenciar entre varios grados de flexión.

Por tanto, una vez identificadas las posturas críticas mediante el método OWAS, la aplicación complementaria de métodos de mayor concreción, en cuanto a la clasificación de la gravedad de las diferentes posiciones, podría ayudar al evaluador a profundizar sobre los resultados obtenidos.

El método comienza con la recopilación, previa observación, de las diferentes posturas adoptadas por el trabajador durante la realización de la tarea. Cabe destacar que cuanto mayor sea el número de posturas observadas menor será el posible error introducido por el observador (se estima que con 100 observaciones se introduce un error del 10%, mientras que para 400 el posible error queda reducido aproximadamente a la mitad 5%).

El método asigna cuatro dígitos a cada postura observada en función de la posición de la espalda, los brazos, las piernas y de la carga soportada, configurando de este modo su código identificativo o "Código de postura".

Para aquellas observaciones divididas en fases, el método añade un quinto dígito al "Código de postura", dicho dígito determina la fase en la que ha sido observada la postura codificada.



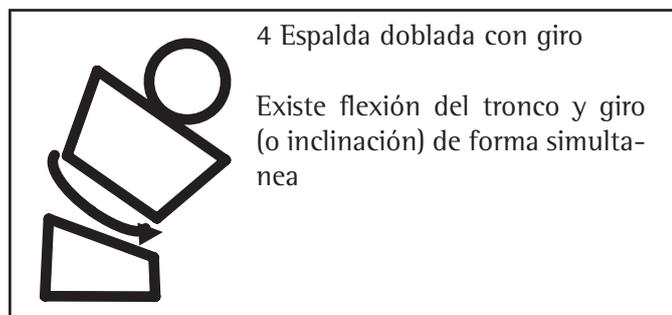
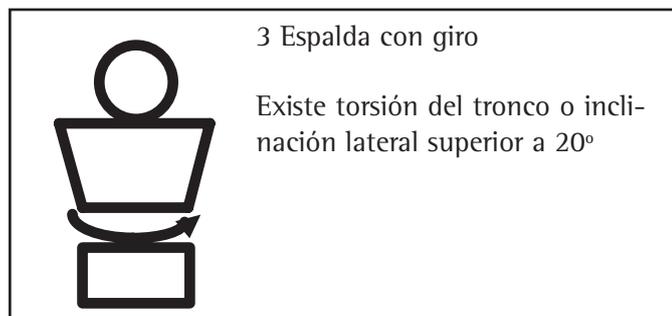
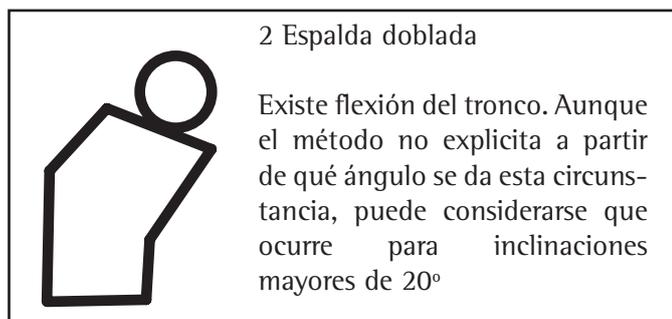
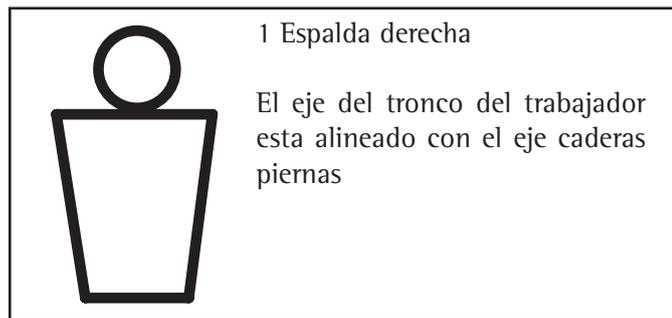
"Evaluación ergonómica de puestos de trabajo" S. Asensio; M.J. Bastante; J.A. Diego 2012 Paraninfo

<http://www.ergonautas.upv.es/métodos/owas/owas-ayuda.php>

"Método Ovako Working Posture Analysis System" G. M. Martínez <http://dc126.4shared.com/doc/Pk3x-h0-/preview.html>

Posiciones de la espalda. Primer dígito del “código de postura”.

El primer miembro a codificar será la espalda. Para establecer el valor del dígito que lo representa se deberá determinar si la posición adoptada por la espalda es derecha, doblada, con giro o doblada con giro. El valor del primer dígito del “Código de postura” se obtendrá consultado la tabla que se muestra a continuación

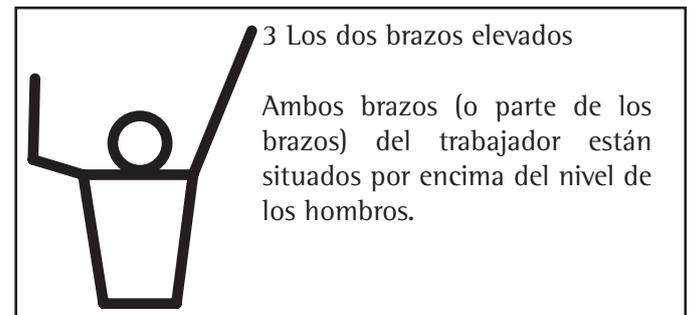
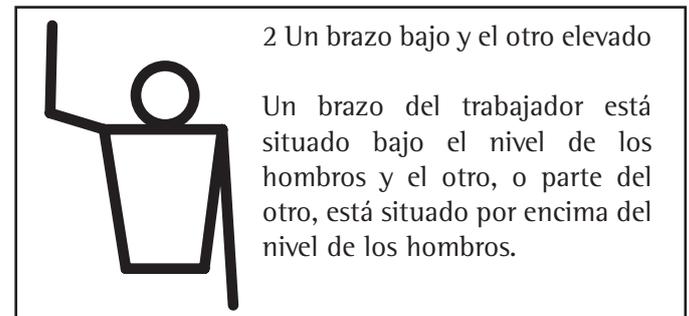
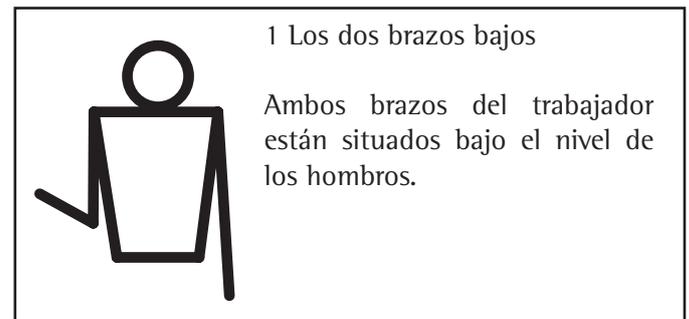


Posiciones de los brazos. Segundo dígito del “código de postura”

El valor del segundo dígito del “Código de postura” será 1 si los dos brazos están bajos, 2 si uno está bajo y el otro elevado y, finalmente, 3 si ambos brazos están elevados.

Para implementar esto se podría haber generado un plano perpendicular a la columna vertebral y que pasara por los hombros y saber si las muñecas se encuentran situadas en la parte superior de dicho plano o por el contrario en la inferior. Pero si ha optado por hacerlo mediante la medición de ángulos entre cuerpo y brazo y brazo y antebrazo ya que estas medidas pueden ser útiles luego en la aplicación de otros métodos de evaluación postural.

Por lo tanto el segundo dígito del “Código de postura” queda representado en la siguiente tabla.



“Evaluación ergonómica de puestos de trabajo” S. Asensio; M.J. Bastante; J.A. Diego 2012 Paraninfo

<http://www.ergonautas.upv.es/métodos/owas/owas-ayuda.php>

“Método Ovako Working Posture Analysis System” G. M. Martínez <http://dc126.4shared.com/doc/Pk3x-h0-/preview.html>

3. Metodología

Posiciones de las piernas. Tercer dígito del “Código de postura”

Con la codificación de la posición de las piernas, se completarán los tres primeros dígitos del “Código de postura” que identifican las partes del cuerpo analizadas por el método. La siguiente tabla proporciona el valor del dígito asociado a las piernas, considerando como relevantes 7 posiciones diferentes.

1 Sentado



Esta posición es la única que el programa no podrá valorar por si mismo.

2 De pie recto



De pie con las dos piernas rectas con el peso equilibrado entre ambas

3 De pie asimétrico



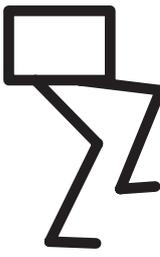
De pie con una pierna recta y la otra flexionada con el peso desequilibrado entre ambas

4 En cuclillas



Puede considerarse que ocurre para ángulos muslo-pantorrilla inferiores o iguales a 150° . Ángulos mayores serán considerados piernas rectas. El peso estará equilibrado.

5 En cuclillas desequilibrado



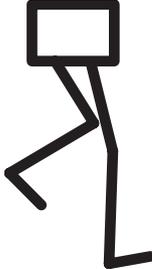
Puede considerarse que ocurre para ángulos muslo-pantorrilla inferiores o iguales a 150° . Ángulos mayores serán considerados piernas rectas. El peso estará desequilibrado.

6 Arrodillado



El trabajador apoya una o las dos rodillas en el suelo. El programa considerara arrodillado cuando el tramo rodilla tobillo sea horizontal con un margen de error.

7 Andando



Para evaluar esta postura el programa tomará como valor que la posición de la cadera se desplace en el plano horizontal

“Evaluación ergonómica de puestos de trabajo” S. Asensio; M.J. Bastante; J.A. Diego 2012 Paraninfo

<http://www.ergonautas.upv.es/métodos/owas/owas-ayuda.php>

“Método Ovako Working Posture Analysis System” G. M. Martínez <http://dc126.4shared.com/doc/Pk3x-h0-/preview.html>

Cargas y fuerzas soportadas. Cuarto dígito del “Código de postura”

Finalmente, se deberá determinar a qué rango de cargas, de entre los tres propuestos por el método, pertenece la que el trabajador levanta cuando adopta la postura. La consulta de la tabla inferior permitirá al evaluador asignar el cuarto dígito del código en configuración, finalizando en este punto la codificación de la postura para estudios de una sola tarea (evaluación simple).

El hardware utilizado aún no es muy preciso en el reconocimiento de objetos. Por lo que no sabemos cuanta carga llevará el usuario. Para solventar este contratiempo la interfaz del usuario tiene una pestaña que permite al evaluador elegir el peso que lleva el sujeto.

Aunque es una solución aceptable no es la idónea ya que al ser el análisis en tiempo real si el operario trabaja con cargas no sería extraño que transportara la carga de un punto a otro y volviera sin carga de manera que al ser en tiempo real o el evaluador lo va cambiando en el momento o tendríamos que contar con ese error. También se podría corregir a posteriori en caso de que consideráramos que el error es demasiado significativo para los resultados.

El valor del cuarto dígito queda definido por la siguiente tabla.

Cargas y fuerzas soportadas	Cuarto dígito
Menos de 10 Kilogramos	1
Entre 10 y 20 Kilogramos	2
Más de 20 Kilogramos	3

Codificación de fase. Quinto dígito del “Código de postura”

El quinto dígito del “Código de postura”, identifica la fase en la que se ha observado la postura, por lo tanto, este valor sólo tendrá sentido para aquellas observaciones en la que el evaluador, normalmente por motivos de claridad y simplificación, decide dividir la tarea objeto de estudio en más de una fase, es decir, para evaluaciones de tipo “Multi-fase”.

El método original, no establece valores concretos para el dígito de la fase, así pues, será el criterio del evaluador el que determine dichos valores.

Esta explicación esta introducida por explicar el método completo ya que no se utilizará en el programa debido a que al realizarse toda la operación de forma automática el evaluador no necesita dividirla en subtareas para simplificar la evaluación de la misma.

En caso de que el evaluador considere que es interesante dividir la tarea en varias subtareas por ser estas muy distintas entre si podrá realizar dos evaluaciones distintas con el software sin ningún problema.

A continuación exponemos una tabla de ejemplo sobre el funcionamiento del quinto dígito del “Código de postura”.

Fase	Quinto dígito
Colocación de azulejos en horizontal	1
Colocación de azulejos en vertical	2
Colocación de baldosas en horizontal	3

“Evaluación ergonómica de puestos de trabajo” S. Asensio; M.J. Bastante; J.A. Diego 2012 Paraninfo

<http://www.ergonautas.upv.es/métodos/owas/owas-ayuda.php>

“Método Ovako Working Posture Analysis System” G. M. Martínez <http://dc126.4shared.com/doc/Pk3x-h0-/preview.html>

3. Metodología

Categorías de riesgo

El método clasifica los diferentes códigos en cuatro niveles o Categorías de riesgo. Cada Categoría de riesgo, a su vez, determina cuál es el posible efecto sobre el sistema músculo-esquelético del trabajador de cada postura recopilada, así como la acción correctiva a considerar en cada caso.

Finalizada la fase de codificación de las posturas y conocidas las posibles categorías de riesgo propuestas por el método, se procederá a la asignación de la Categoría del riesgo correspondiente a cada “Código de postura”.

La tabla inferior muestra la Categoría de riesgo para cada posible combinación de la posición de la espalda, de los brazos, de las piernas y de la carga levantada.

Categoría de Riesgo	Efectos sobre el sistema músculo-esquelético	Acción correctiva
1	Postura normal sin efectos dañinos en el sistema músculo-esquelético.	No requiere acción
2	Postura con posibilidad de causar daño al sistema músculo-esquelético.	Se requieren acciones correctivas en un futuro cercano.
3	Postura con efectos dañinos sobre el sistema músculo-esquelético.	Se requieren acciones correctivas lo antes posible.
4	La carga causada por esta postura tiene efectos sumamente dañinos sobre el sistema músculo-esquelético.	Se requiere tomar acciones correctivas inmediatamente.

		Piernas																				
		1			2			3			4			5			6			7		
		Carga			Carga			Carga			Carga			Carga			Carga			Carga		
Espalda	Brazos	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
		1	1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	2 2 2	2 2 2	1 1 1	1 1 1	1 1 1	2 2 2	2 2 2	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1
	2	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	2 2 2	2 2 2	2 2 2	2 2 2	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	
	3	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	2 2 3	2 2 3	2 2 3	2 2 3	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 2	
2	1	2 2 3	2 2 3	2 2 3	2 2 3	2 2 3	2 2 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	2 2 2	2 2 2	2 2 2	2 2 2	2 2 2	2 2 2	2 2 2	2 2 2	2 2 2	3 3 3	
	2	2 2 3	2 2 3	2 2 3	2 2 3	2 2 3	2 2 3	3 4 4	3 4 4	3 4 4	3 4 4	3 4 4	3 4 4	3 4 4	3 4 4	3 4 4	3 4 4	3 4 4	3 4 4	3 4 4	2 3 4	
	3	3 3 4	3 3 4	3 3 4	2 2 3	2 2 3	2 2 3	3 4 4	3 4 4	3 4 4	3 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	2 3 4	
3	1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 2	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	
	2	2 2 3	2 2 3	2 2 3	1 1 1	1 1 1	1 1 2	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	3 3 3	3 3 3	3 3 3	3 3 3	1 1 1	
	3	2 2 3	2 2 3	2 2 3	1 1 1	1 1 1	2 3 3	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	1 1 1	
4	1	2 3 3	2 3 3	2 3 3	2 2 3	2 2 3	2 2 3	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	2 3 4	
	2	3 3 4	3 3 4	3 3 4	2 3 4	2 3 4	2 3 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	2 3 4	
	3	4 4 4	4 4 4	4 4 4	2 3 4	2 3 4	2 3 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	4 4 4	2 3 4	

Una vez calculada la categoría del riesgo para cada postura es posible un primer análisis. El tratamiento estadístico de los resultados obtenidos hasta el momento permitirá la interpretación de los valores del riesgo. Sin embargo, el método no se limita a la clasificación de las posturas según el riesgo que representan sobre el sistema músculo-esquelético, también contempla el análisis de las frecuencias relativas de las diferentes posiciones de la espalda, brazos y piernas que han sido observadas y registradas en cada “Código de postura”.

Por tanto, se deberá calcular el número de veces que se repite cada posición de espalda, brazos y piernas en relación a las demás durante el tiempo total de la observación, es decir, su frecuencia relativa.

Una vez realizado dicho cálculo y como último paso de la aplicación del método, la consulta de la tabla inferior determinará la Categoría de riesgo en la que se engloba cada posición.

Esta característica principalmente es por la que se ha elegido este método ya que al realizar muchas mediciones y realizarlas a intervalos de tiempo pequeños esta aproximación es muy real.

Los valores del riesgo calculados para cada posición permitirán al evaluador identificar aquellas partes del cuerpo que soportan una mayor incomodidad y proponer las acciones correctivas necesarias para el rediseño, en caso de ser necesario, de la tarea evaluada.

Tal y como se ha indicado con anterioridad, el método no contempla el cálculo del riesgo para la carga soportada, sin embargo, puesto que el manejo de cargas queda reflejado en los “Códigos de postura” obtenidos, un análisis porcentual de los rangos de cargas que maneja el trabajador puede alertar al evaluador sobre la necesidad de profundizar en el estudio de cargas aplicando métodos específicos para tal fin.

Por último obtendremos un valor para evaluar la tarea completa. Para ello se contará el número de posiciones que tienen categoría de riesgo 1 (lo llamaremos R1), con riesgo 2 (R2), el con riesgo 3 (R3), riesgo 4 (R4) y N será el número de observaciones totales y aplicamos la siguiente fórmula:

$$IO = (100 \times R1 + 200 \times R2 + 300 \times R3 + 400 \times R4) / N$$

Donde IO es el índice de OWAs, siendo 100 una tarea en sin riesgo y 400 una tarea muy peligrosa.

	ESPALDA										
Espalda derecha	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Espalda doblada	2	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
Espalda con giro	3	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
Espalda doblada con giro	4	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	BRAZOS										
Los dos brazos bajos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Un brazo bajo y otro elevado	2	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
Los dos brazos elevados	3	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
	PIERNAS										
Sentado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
De pie	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Sobre pierna recta	3	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
Sobre rodillas flexionadas	4	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
Sobre rodilla flexionada	5	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
Arrodillado	6	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
Andando	7	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
FRECUENCIA RELATIVA (%)		≤10%	≤20%	≤30%	≤40%	≤50%	≤60%	≤70%	≤80%	≤90%	≤100%

3.3 Desarrollo del software

Con lo explicado hasta ahora se conoce como se aplica actualmente el método OWAS y el funcionamiento del sensor de profundidad Kinect. En este punto se explica como se automatiza el proceso de evaluación mediante el método OWAS con los datos de Kinect.

Mediante Kinect y el software facilitado por Microsoft para la utilización del mismo se consigue una representación virtual de los puntos más representativos del modelo del cuerpo humano. Estos puntos mediante un programa puente son volcados en una hoja excel. El formato en el que se vuelcan es con tres coordenadas para cada punto de manera que se tienen ubicados en un espacio euclidiano de ejes coordenadas.

Una vez en excel los datos son utilizados para conseguir los ángulos formados por determinadas partes del cuerpo, la distancia entre las mismas, si determinados puntos se encuentran por encima o debajo de determinado plano. Estos cálculos están explicados al final del capítulo.

En la hoja de excel se han calculado datos que no son necesarios para la aplicación del OWAS con la intención de facilitar luego la implementación de otros métodos de evaluación ergonómica.

Una vez calculados estos datos mediante uso de condicionales y según los valores establecidos por el método de evaluación ergonómica OWAS se obtienen los resultados. Mediante el mismo programa puente que leía los datos de kinect y los referenciaba a la hoja de excel. Este programa los muestra los resultados en gráficos en tiempo real a la vez que puedes ver las imágenes captadas por el sensor de profundidad.

Es decir que el evaluador solo necesita abrir un programa para utilizar todo el software. Este mismo programa se encarga de comunicar los datos del sensor de profundidad al archivo excel que realiza todas las cuentas y también es la interfaz para leer los datos de una manera cómoda y sencilla. En esta interfaz se visualizan los resultados y las imágenes que se están evaluando.

3. Metodología

A continuación pasamos a detallar las operaciones matemáticas que se han realizado para el cálculo de los distintos planos, rectas, etc. que han sido utilizados en el desarrollo del programa.

DEFINICIÓN DE UN PLANO MEDIANTE TRES PUNTOS

Calculamos la ecuación del plano. Para ello sean los puntos $A(a_1, a_2, a_3)$, $B(b_1, b_2, b_3)$, $C(c_1, c_2, c_3)$, Calculamos los vectores AB y AC e imponemos la condición de que AB , AC y AP , con $P(x, y, z)$ un punto arbitrario del plano, sean coplanarios : $\det(AB, AC, AP) = 0$ es decir:

$$\begin{vmatrix} b_1 - a_1 & c_1 - a_1 & x - a_1 \\ b_2 - a_2 & c_2 - a_2 & y - a_2 \\ b_3 - a_3 & c_3 - a_3 & z - a_3 \end{vmatrix} = 0$$

$$x \cdot ((b_2 - a_2) \cdot (c_3 - a_3) - (b_3 - a_3) \cdot (c_2 - a_2)) + y \cdot ((b_3 - a_3) \cdot (c_1 - a_1) - (b_1 - a_1) \cdot (c_3 - a_3)) + z \cdot ((b_1 - a_1) \cdot (c_2 - a_2) - (b_2 - a_2) \cdot (c_1 - a_1)) + (- (b_1 - a_1) \cdot (c_2 - a_2) \cdot (a_3) - (c_1 - a_1) \cdot (b_3 - a_3) \cdot (a_2) - (b_2 - a_2) \cdot (c_3 - a_3) \cdot (a_1) + (b_3 - a_3) \cdot (c_2 - a_2) \cdot (a_1) + (c_1 - a_1) \cdot (b_2 - a_2) \cdot (a_3) + (c_3 - a_3) \cdot (b_1 - a_1) \cdot (a_2)) = 0$$

Que es la ecuación de un plano genérico:

$$a \cdot x + b \cdot y + c \cdot z + d = 0$$

Aunque en algunos casos sabemos concretos sabemos que hay términos que van a ser 0 los dejamos para comprobar que no se ha cometido ningún error.

Por ejemplo cuando estamos calculando el plano frontal o sagital, sabemos que al ser verticales los multiplicadores de a serán igual a 0.

Aunque con esto tenemos el plano definido, para hacerlos más manejables a la hora de verificar resultados se decide dividir todos los términos por el máximo común divisor.

Nunca en estas operaciones se dividirá entre 0 ya que entonces los cuatro términos deberían ser 0 y no definirían un plano.

Los puntos tomados nos los darán las lecturas del programa y en algunos casos serán puntos situados a una distancia de estos en una dirección predeterminada. Por ejemplo 100 mm en su vertical.

PROYECCIÓN DE UN PUNTO SOBRE UN PLANO

El primer paso es proyectar el punto $P(p_1, p_2, p_3)$ sobre el plano π ($ax + by + cz + d = 0$).

Para ello se plantean las ecuaciones de la recta que es perpendicular al plano y pasa por el punto:

$$x = p_1 + a\lambda \quad y = p_2 + b\lambda \quad z = p_3 + c\lambda$$

Con esto tenemos definida la recta que pasa por el punto y es perpendicular al plano. Añadimos la ecuación del plano y hallamos el punto.

$$\begin{aligned} x &= p_1 + a\lambda \\ y &= p_2 + b\lambda \\ z &= p_3 + c\lambda \end{aligned}$$

$$ax + by + cz + d = 0$$

Para utilizarlo despejamos λ en la ecuación.

$$\lambda = -(ap_1 + bp_2 + cp_3) / (a^2 + b^2 + c^2)$$

No es necesario añadir excepción si divide entre cero ya que $d=0$ no define plano.

Una vez hallado λ sustituimos en la ecuación de la recta perpendicular al plano que pasa por el punto ($x = p_1 + a\lambda$; $y = p_2 + b\lambda$; $z = p_3 + c\lambda$) y obtenemos el punto P' que es el punto proyectado sobre un plano.

RECTA QUE PASA POR DOS PUNTOS

Para obtener las ecuaciones paramétricas de la recta que pasa por $P(p_1, p_2, p_3)$ y por $Q(q_1, q_2, q_3)$

$$\begin{aligned} x &= p_1 + \lambda(q_1 - p_1) \\ y &= p_2 + \lambda(q_2 - p_2) \\ z &= p_3 + \lambda(q_3 - p_3) \end{aligned}$$

DISTANCIA ENTRE DOS PUNTOS

Para hallar la distancia entre dos puntos $A(a_1, a_2, a_3)$ y $B(b_1, b_2, b_3)$ necesitamos calcular el módulo del vector AB . Se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$\sqrt{(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2}$$

ÁNGULO DE UNA RECTA CON UN PLANO

Llamamos ángulo α de un plano con una recta al ángulo formado por la recta con su proyección ortogonal sobre el plano que estamos considerando. Es decir al menor ángulo posible formado entre la recta y el plano.

Para calcular el ángulo entre un plano y una recta se utilizan el vector normal del plano n y el vector director de la recta u .

Obteniendo:

$$\sin \alpha = (|n \cdot u|) / (|n| \cdot |u|)$$

Siendo:

Π : $ax+by+cz+d=0$ de donde $n(a,b,c)$

Vector director de r : $u(u_1, u_2, u_3)$ $\sin \alpha = (|au_1+bu_2+cu_3|) / (\sqrt{a^2+b^2+c^2} \cdot \sqrt{u_1^2+u_2^2+u_3^2})$

Como no nos interesa el ángulo menor sino siempre medido desde el mismo punto:

$$\sin \alpha = (au_1+bu_2+cu_3) / (\sqrt{a^2+b^2+c^2} \cdot \sqrt{u_1^2+u_2^2+u_3^2})$$

No es posible que dividamos entre 0 debido a que esto implicaría que no existe el plano sobre el que estamos proyectando o la recta que estamos midiendo.

PLANO PERPENDICULAR A UN VECTOR QUE PASA POR UN PUNTO

Para determinar la ecuación de un plano perpendicular a un vector que pasa por un punto es muy sencilla ya que tenemos el vector director del plano. Que es el vector que tenemos.. Solo tenemos que hacer que el plano pase por el punto.

r : $u(u_1, u_2, u_3)$
 $P(p_1, p_2, p_3)$
 $a \cdot x + b \cdot y + c \cdot z + d = 0$

$$u_1 \cdot x + u_2 \cdot y + u_3 \cdot z + d = 0$$

$u_1 \cdot p_2 + u_2 \cdot p_2 + u_3 \cdot p_3 + d = 0$ obtenemos d y ya tenemos la ecuación del plano.

“Matemáticas. Bachillerato 2” N.C. Bobillo; M.A. García; ed Órbita 2002

DISTANCIA DE UN PUNTO A UN PLANO

Para calcular la distancia de un punto a un $P(p_1, p_2, p_3)$ a un plano Π : $ax+by+cz+d=0$ de donde $n(a,b,c)$. Siendo $A(a_1, a_2, a_3)$ un punto cualquiera del plano. La distancia del punto al plano es el módulo de la proyección del vector PA en la dirección de n :

$$d(p, \Pi) = (|PA \cdot n|) / |n|$$

Si obviamos el valor absoluto del numerador nos dará la parte del plano según el signo.

$$d(p, \Pi) = (PA \cdot n) / |n|$$

EL ÁNGULO ENTRE DOS RECTAS

Para hallar el ángulo α que existe entre las dos rectas se utiliza la siguiente formula:

$$\cos \alpha = (|u \cdot v|) / (|u| \cdot |v|)$$

Siendo α en menor ángulo entre las mismas. u y v los vectores directores de las rectas.

Como no nos interesa el menor ángulo sino que queremos el ángulo de 0° a 180° utilizamos la siguiente expresión:

$$\cos \alpha = (u \cdot v) / (|u| \cdot |v|)$$

Para calcular el ángulo que es lo que nos interesa utilizamos el arcoseno. También hay que tener la precaución de pasarlo a grados sexagesimales ya que el resultado nos viene dado en radianes.

No hay riesgo de que dividamos entre 0 ya que eso implicaría un vector $0(0,0,0)$ lo que significaría que coinciden los puntos tomados para generar los vectores.

Como en todos los casos que se nos plantean tiene obtenemos los puntos de la lectura de distintas partes del cuerpo no pueden ser coincidentes.

En las ocasiones en las que no tomamos los puntos de las partes del cuerpo van determinados referenciados al otro punto. Siempre sumando x a una de las coordenadas. Por lo que el vector será $(0,0,x)$; no nulo.

3.4 Interfaz de usuario

Se ha buscado una interfaz de usuario que permita el control de todas las variables del programa y la lectura de todos los datos de una manera rápida y directa. Además al estar configurado en ventanas es totalmente configurable.

La interfaz esta programada en Delphi por el director de la tesis José Antonio Diego Mas.

Tiene tres ventanas que aparecen por defecto. Estas son de una ventana para selección de kinect, por si tienes varias y solo quieres utilizar una o varias.

Otra ventana en la que puedes abrir distintas ventanas para visualizar unos elementos o otros. También tiene otra ventana para elegir el método de evaluación que vas a utilizar en caso de que desarrolles más.

Interfaz de usuario

The screenshot shows the 'ergonautas-NUI' application window. It features a 'Devices Control' table with columns for Device ID, Detected status, Main device, Friendly Name, Name, Status, and Angle. Below this are several panels: 'Skeleton tracker - Device 1' showing joint center coordinates and a 3D skeletal model; 'Depth Map - Device 1' showing a depth sensor image; 'RGB Map - Device 1' showing a video feed; and a large 'OWAS Postural Assessment - Device 1' window. This assessment window includes controls for frequency, thresholds, and print, along with 'Instantaneous Risk' and 'Global Risk' sections. The 'Global Risk' section contains bar charts for Trunk, Arms, and Legs, and a 'Members Global Risk' section with a 'GLOBAL RISK' display showing a score of 100. The interface is annotated with red boxes and lines pointing to specific features: 'Selección de kinect' (Devices Control), 'Selección de ventanas' (Windows menu), 'Selección de método de evaluación' (Applications menu), 'Modelo del esqueleto' (Skeleton tracker), 'Imagen de video RGB' (RGB Map), 'Imagen del sensor de profundidad' (Depth Map), and 'Ventana del método OWAS' (OWAS Postural Assessment).

3. Metodología

Selección de kinect

Device Id	Detected	Main device	Friendly Name	Name	Status	Angle
Device 1	Yes	<input checked="" type="radio"/>	Device 1	USB\VID_045E&PID...	S_OK	<input type="range"/>
Device 2	No	<input type="radio"/>	Device 2		NUI_DEVICE_NOT_CONNECTED	<input type="range"/>
Device 3	No	<input type="radio"/>	Device 3		NUI_DEVICE_NOT_CONNECTED	<input type="range"/>
Device 4	No	<input type="radio"/>	Device 4		NUI_DEVICE_NOT_CONNECTED	<input type="range"/>

Connected devices:

Selección de ventanas

- RGB Map → Video RGB
- Depth Map → Visor de profundidad
- Skeleton Tracker → Esqueleto en 3d
- All → Todas las ventanas
- Kinect Studio → Kinect Studio

Selección de método de evaluación

- OWAS → Método OWAS
- REBA → Otros métodos que implementemos

Selección de Kinect

En esta ventana se encuentran todos los controles relacionados con las kinect. Los podemos resumir en nombres del controlador, en este apartado tenemos el nombre asignado por el programa y el de la propia kinect que son invariables. Luego para que si tenemos varias kinect nos sea más fácil identificarlas existe un nombre editable para diferenciarlas (por ejemplo poniendo kinect lateral y frontal).

También disponemos de dos indicadores sobre el estado de las kinect. El primero tan solo nos indica si la kinect ha sido detectada o no. El segundo nos indica más parámetros de la misma.

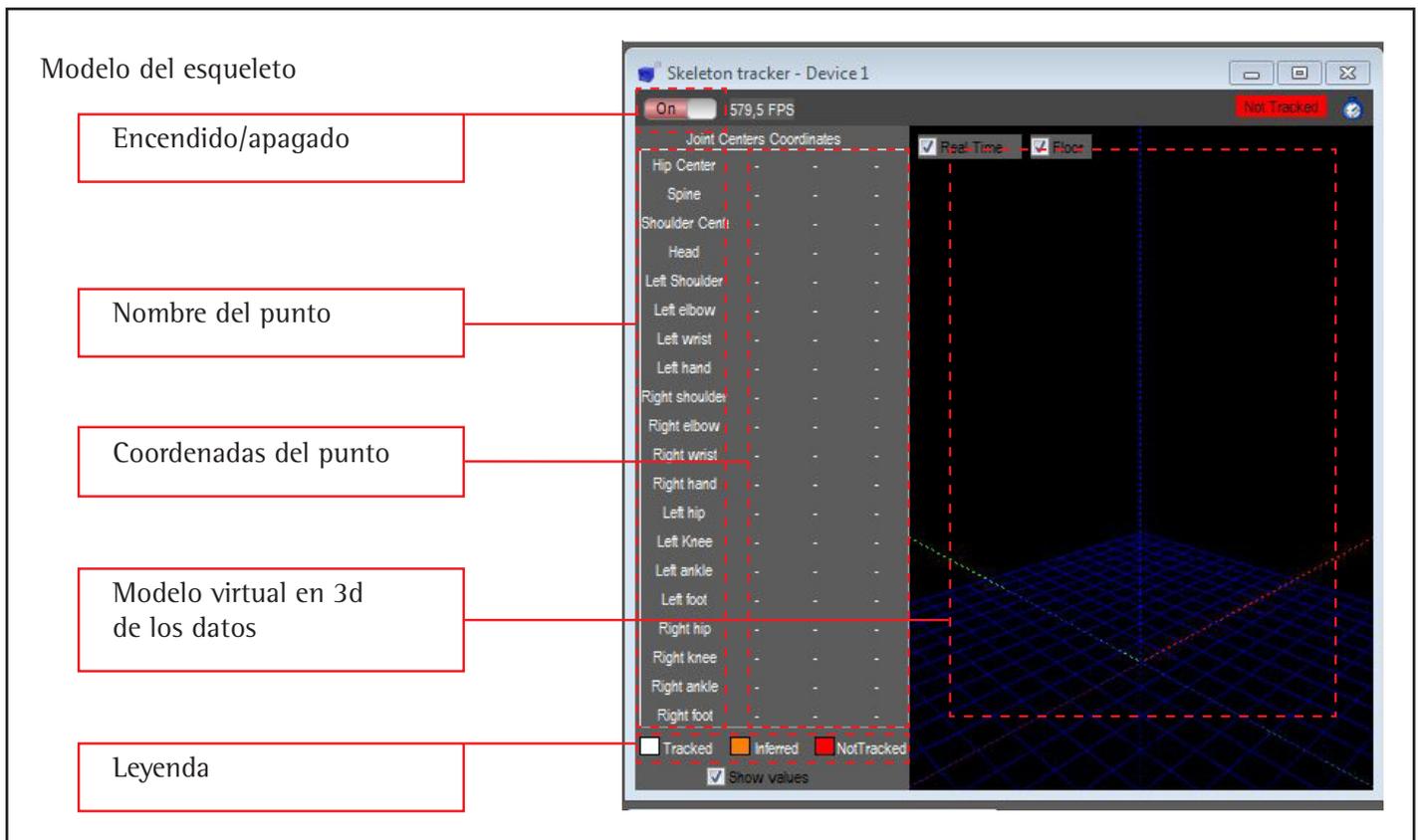
También disponemos de otros dos indicadores interactivos para las kinect. El primero nos permite elegir que kinect vamos a utilizar. El segundo nos permite girar la kinect mediante el motor que incluye el propio dispositivo.

Selección de ventanas

En este apartado podemos decidir que ventanas para el control abrir.

Selección de método de evaluación

Mediante este controlador elegimos el método a utilizar. Aunque en esta versión solo está implementado el método OWAS.



Modelo del esqueleto

En esta ventana van apareciendo los datos de los que se sirve el excel para realizar los calculos en tiempo real. Además aparece un modelo en 3d generado mediante estos cálculos de manera que es sencillo comprobar si esta captando el movimiento de manera correcta.

También posee un código de colores para indicarnos la manera de la que ha obtenido las coordenadas de cada punto. Blanco significa que esta detectando esa coordenada. Mientras rojo significa que no esta detectando esa coordenada.

Naranja significa que no la esta detectando pero mediante las otras coordenadas, las coordenadas anteriores de ese punto y conociendo el comportamiento biomecánico usual del cuerpo humano la estima.

Esta estimación es bastante acertada en la mayoría de los casos. En caso de que no lo sea, se detecta rápidamente en el modelo virtual.

Imagen del sensor de profundidad y de video

Estas pantallas sencillamente nos muestran en tiempo real lo que captan los sensores de la kinect. En la imagen de profundidad cuanto más cálidos son los colores más cercanos al dispositivo se encuentran.

Imagen del sensor de profundidad

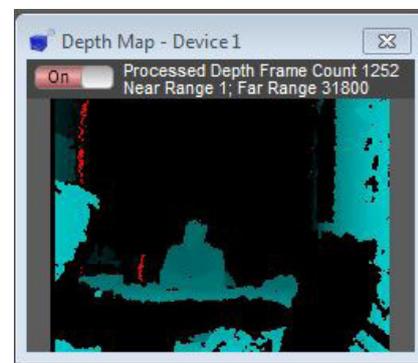


Imagen de video RGB



3. Metodología

Método OWAS

Posiciones y dígitos del código de posturas instantáneo

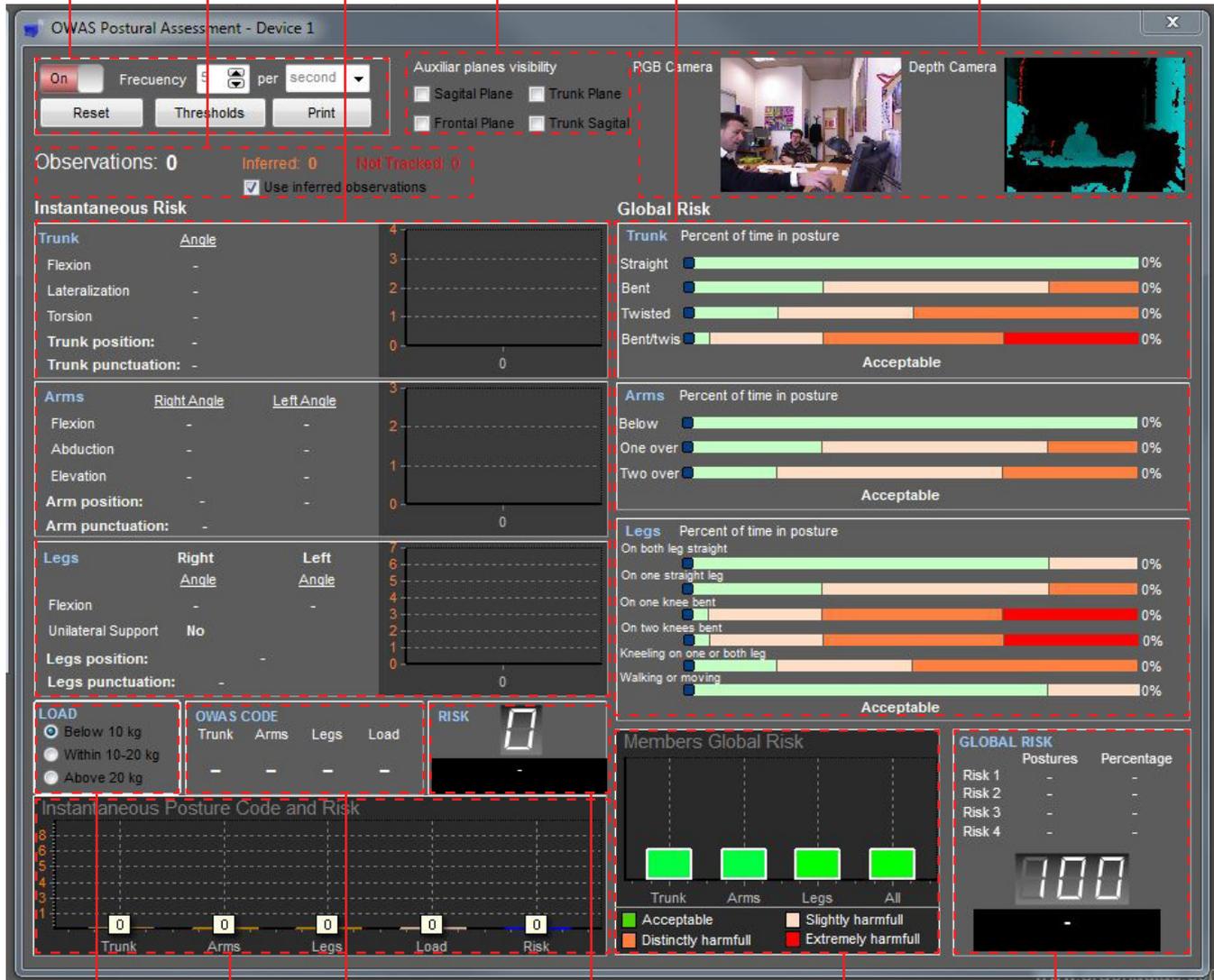
Configuración

Planos auxiliares

Cámaras

Observaciones

Gráfico de riesgo global



Selección de carga

Código de riesgo instantáneo

Categoría de riesgo instantáneo

Gáfico histórico de riesgo

Gráfico riesgo por miembros

Riesgo global

Método OWAS

En la parte superior izquierda aparece el panel de configuración. En este podemos encender o apagar el funcionamiento de todo el método OWAS. También podemos elegir la frecuencia con la que se toman las mediciones.

También dispone de tres botones. El botón Reset sirve para que comience de nuevo la medición. El botón Thresholds (umbrales) sirve para variar los umbrales según los cuales el método considera si esta erguido o doblado. Aunque por defecto aparecen los que tiene el método pero los podremos variar. Por último el botón Print con el que se genera un archivo de texto con todas las mediciones.

Junto a este panel encontramos el panel de Planos auxiliares. En este panel tenemos cuatro casillas que podemos marcar. Al marcarlas se dibujaran estos planos auxiliares sobre el modelo en 3d que aparece en la ventana de modelo de esqueleto. Estos planos son el frontal y el sagital. El frontal queda definido por ser vertical y pasar por los dos puntos laterales de la cadera. El plano sagital se define por ser perpendicular al frontal, vertical y pasar por el punto medio de la cadera. Los otros dos planos también son perpendiculares entre ellos solo que giran con la línea cadera - hombros del sujeto.

Para terminar con la parte superior tenemos el panel de cámaras. En este panel podemos observar las imágenes proporcionadas por la cámara de video RGB y por el sensor de profundidad.

Junto a estos paneles tenemos el de observaciones. Este es principalmente informativo indicando el número de observaciones, las que han sido inferidas por la kinect y las malas. También nos permite elegir si queremos que las inferidas sean utilizadas por el método o no. Se recomienda que si ya que se consideran inferidas en cuanto una coordenada lo sea. Por otro lado esta aproximación suele ser buena. Este panel es importante ya que tendremos que comprobar que no exista una relación muy alta entre medidas erróneas y medidas totales. Ya que esto supondría que los porcentajes de medidas peligrosas pueden diferir de los porcentajes de tiempo.

Después de estos paneles de configuración e información pasamos a las mediciones del método propiamente dichas. Comenzamos con el panel de posiciones y dígitos del código instantáneo. En este panel se muestra en tiempo real toda la información para la obtención del código de postura. Esta dividido en tres subpaneles, tronco, brazos y piernas. Que funcionan de una manera similar entre ellos.

En la parte izquierda aparecen las mediciones propiamente dichas, los ángulos necesarios para obtener el dígito. En la parte inferior la posición final y abajo del todo el código de dígito para esa parte. En el caso de los brazos y las piernas aparecen separadas la parte derecha de la parte izquierda. En la parte derecha de los subpaneles se muestra una gráfica con la evolución del dígito del código para esa parte del cuerpo. El principal uso de este panel es compararlo con el panel de las cámaras para comprobar que se está haciendo una evaluación correcta.

A la derecha de este panel se encuentra el panel de gráfico de riesgo global. Este también se separa en tres subpaneles para las partes del cuerpo medidas. Estos subpaneles muestran las distintas posiciones en las que es posible que se encuentren estas partes del cuerpo respecto a la puntuación y mediante unos gráficos de barras podemos ver el porcentaje de veces que se ha producido cada uno de ellos así como si estamos en zona de riesgo. Siendo verde sin riesgo y rojo con riesgo elevado.

Bajo estos paneles tenemos el panel de selección de carga donde el evaluador elegirá la carga que manipula el operario. El de código instantáneo donde aparecerá el código de ese preciso instante así como el de categoría de riesgo instantáneo que nos indicará el dígito de riesgo. Siendo 1 sin riesgo y 4 inaceptable.

En la parte inferior de la ventana tenemos el panel de gráfico histórico de riesgo. Este mostrará las gráficas del riesgo de las partes del cuerpo así como el histórico del riesgo instantáneo.

A la derecha de este nos encontramos con un gráfico de riesgo por miembros. Este nos muestra la misma información que gráfico de riesgo global pero con una lectura más sencilla aunque con menos precisión mediante gráficos de barras anidadas.

Por último abajo a la derecha tenemos el panel de riesgo global. Este nos muestra en un solo número una aproximación al riesgo global. Este número se obtiene de contar el número de posiciones que tienen categoría de riesgo 1 (lo llamaremos R1), con riesgo 2 (R2), el con riesgo 3 (R3), riesgo 4 (R4) y N será el número de observaciones totales y aplicamos la siguiente fórmula:

$$IO = (100 \times R1 + 200 \times R2 + 300 \times R3 + 400 \times R4) / N$$

Donde IO es el índice de OWAs, siendo 100 una tarea sin riesgo y 400 una tarea inaceptable.

3.5 Pruebas realizadas

Para comprobar el funcionamiento del programa, así como su precisión frente al método habitual de evaluadores humanos mediante fotografía se realiza una prueba. Los resultados de la misma nos dan que la fiabilidad del programa desarrollado es mayor que la obtenida por los evaluadores. Siendo la obtenida por el programa de un 91,67% frente a un 84,72% de los evaluadores.

La prueba se realizó con las siguientes premisas. Se parte de un sujeto que será grabado en todas las posiciones posibles que puede evaluar el método OWAS. Excepto la posición de sentado, ya que el programa no la evalúa. De tal manera que se tienen una serie de imágenes para los evaluadores y datos para la Kinect de los cuales conocemos el valor real de la puntuación obtenida de aplicar OWAS.

En total la combinación de las posiciones es de 72 posibles combinaciones. Una vez grabadas las 72 posiciones se procede de la siguiente manera. Son evaluadas por la Kinect y tres evaluadores independientes. Los resultados obtenidos son 6 fallos por parte del programa y 10, 12 y 11 por cada uno de los evaluadores. Con lo que los fallos cometidos por los evaluadores llegan en un caso a ser el doble que los cometidos por el programa y este ha cometido menos que los evaluadores en los tres casos.

El porcentaje de aciertos del programa durante la prueba ha sido de 91,67% para el programa y 86,11%, 83,33% y 84,72% para los evaluadores. Además de un porcentaje de aciertos mayor hemos de sumar a la precisión del método implementado por nosotros que la gran cantidad de mediciones tomadas hace que la importancia de los errores sea menos crítica.

3. Metodología

Código de postura				Riesgo Correcto	Riesgo Kinect	Lectura Correcta	Evaluador 1	Lectura Correcta
Espalda	Brazos	Piernas	Carga					
1	1	2	1	1	1	Sí	1	Sí
1	2	2	1	1	1	Sí	1	Sí
1	3	2	1	1	1	Sí	1	Sí
1	1	3	1	1	1	Sí	1	Sí
1	2	3	1	1	1	Sí	1	Sí
1	3	3	1	1	1	Sí	1	Sí
1	1	4	1	2	2	Sí	2	Sí
1	2	4	1	2	2	Sí	2	Sí
1	3	4	1	2	2	Sí	2	Sí
1	1	5	1	2	2	Sí	2	Sí
1	2	5	1	2	2	Sí	2	Sí
1	3	5	1	2	2	Sí	2	Sí
1	1	6	1	1	1	Sí	1	Sí
1	2	6	1	1	2	No	1	Sí
1	3	6	1	1	2	No	1	Sí
1	1	7	1	1	1	Sí	1	Sí
1	2	7	1	1	1	Sí	1	Sí
1	3	7	1	1	1	Sí	1	Sí
2	1	2	1	2	2	Sí	2	Sí
2	2	2	1	2	2	Sí	2	Sí
2	3	2	1	2	2	Sí	2	Sí
2	1	3	1	2	2	Sí	2	Sí
2	2	3	1	2	2	Sí	2	Sí
2	3	3	1	3	3	Sí	2	No
2	1	4	1	3	3	Sí	3	Sí
2	2	4	1	3	3	Sí	3	Sí
2	3	4	1	3	3	Sí	4	No
2	1	5	1	3	3	Sí	3	Sí
2	2	5	1	3	3	Sí	3	Sí
2	3	5	1	4	4	Sí	4	Sí
2	1	6	1	2	3	No	2	Sí
2	2	6	1	3	3	Sí	3	Sí
2	3	6	1	4	4	Sí	4	Sí
2	1	7	1	3	3	Sí	2	No
2	2	7	1	2	2	Sí	2	Sí
2	3	7	1	2	2	Sí	2	Sí
3	1	2	1	1	1	Sí	1	Sí
3	2	2	1	1	1	Sí	1	Sí
3	3	2	1	1	1	Sí	1	Sí
3	1	3	1	1	1	Sí	1	Sí
3	2	3	1	1	1	Sí	1	Sí
3	3	3	1	2	2	Sí	1	No
3	1	4	1	3	3	Sí	3	Sí
3	2	4	1	4	4	Sí	4	Sí
3	3	4	1	4	4	Sí	4	Sí
3	1	5	1	4	4	Sí	3	No
3	2	5	1	4	4	Sí	4	Sí
3	3	5	1	4	4	Sí	4	Sí
3	1	6	1	1	4	No	1	Sí
3	2	6	1	3	3	Sí	3	Sí
3	3	6	1	4	4	Sí	4	Sí

Código de postura				Riesgo Correcto	Evaluador 2	Lectura Correcta	Evaluador 3	Lectura Correcta
Espalda	Brazos	Piernas	Carga					
1	1	2	1	1	1	Sí	1	Sí
1	2	2	1	1	1	Sí	1	Sí
1	3	2	1	1	1	Sí	1	Sí
1	1	3	1	1	1	Sí	1	Sí
1	2	3	1	1	1	Sí	1	Sí
1	3	3	1	1	1	Sí	1	Sí
1	1	4	1	2	2	Sí	2	Sí
1	2	4	1	2	2	Sí	2	Sí
1	3	4	1	2	2	Sí	2	Sí
1	1	5	1	2	2	Sí	2	Sí
1	2	5	1	2	2	Sí	2	Sí
1	3	5	1	2	2	Sí	2	Sí
1	1	6	1	1	1	Sí	1	Sí
1	2	6	1	1	1	Sí	1	Sí
1	3	6	1	1	1	Sí	1	Sí
1	1	7	1	1	1	Sí	1	Sí
1	2	7	1	1	1	Sí	1	Sí
1	3	7	1	1	1	Sí	1	Sí
2	1	2	1	2	2	Sí	2	Sí
2	2	2	1	2	2	Sí	2	Sí
2	3	2	1	2	2	Sí	2	Sí
2	1	3	1	2	2	Sí	2	Sí
2	2	3	1	2	2	Sí	2	Sí
2	3	3	1	3	3	Sí	2	No
2	1	4	1	3	3	Sí	3	Sí
2	2	4	1	3	4	No	3	Sí
2	3	4	1	3	3	Sí	3	Sí
2	1	5	1	3	3	Sí	3	Sí
2	2	5	1	3	3	Sí	3	Sí
2	3	5	1	4	3	No	4	Sí
2	1	6	1	2	4	No	4	No
2	2	6	1	3	4	No	3	Sí
2	3	6	1	4	4	Sí	4	Sí
2	1	7	1	3	3	Sí	3	Sí
2	2	7	1	2	2	Sí	2	Sí
2	3	7	1	2	2	Sí	2	Sí
3	1	2	1	1	1	Sí	1	Sí
3	2	2	1	1	1	Sí	1	Sí
3	3	2	1	1	1	Sí	1	Sí
3	1	3	1	1	1	Sí	1	Sí
3	2	3	1	1	2	No	1	Sí
3	3	3	1	2	2	Sí	2	Sí
3	1	4	1	3	3	Sí	3	Sí
3	2	4	1	4	4	Sí	4	Sí
3	3	4	1	4	4	Sí	4	Sí
3	1	5	1	4	4	Sí	3	No
3	2	5	1	4	4	Sí	3	No
3	3	5	1	4	4	Sí	4	Sí
3	1	6	1	1	1	Sí	1	Sí
3	2	6	1	3	4	No	3	Sí
3	3	6	1	4	4	Sí	4	Sí

3. Metodología

Código de postura				Riesgo Correcto	Riesgo Kinect	Lectura Correcta	Evaluador 1	Lectura Correcta
Espalda	Brazos	Piernas	Carga					
3	1	7	1	1	1	Sí	1	Sí
3	2	7	1	1	1	Sí	1	Sí
3	3	7	1	1	1	Sí	1	Sí
4	1	2	1	2	2	Sí	2	Sí
4	2	2	1	2	2	Sí	2	Sí
4	3	2	1	2	2	Sí	2	Sí
4	1	3	1	2	2	Sí	2	Sí
4	2	3	1	3	3	Sí	2	No
4	3	3	1	3	3	Sí	2	No
4	1	4	1	4	4	Sí	4	Sí
4	2	4	1	4	4	Sí	4	Sí
4	3	4	1	4	4	Sí	4	Sí
4	1	5	1	4	4	Sí	4	Sí
4	2	5	1	4	4	Sí	3	No
4	3	5	1	4	3	No	4	Sí
4	1	6	1	4	4	Sí	4	Sí
4	2	6	1	4	2	No	3	No
4	3	6	1	4	4	Sí	4	Sí
4	1	7	1	2	2	Sí	2	Sí
4	2	7	1	2	2	Sí	1	No
4	3	7	1	2	2	Sí	2	Sí
						Aciertos	66	62
						Fallos	6	10
						Porcentaje de aciertos	91,67%	86,11%

Código de postura				Riesgo Correcto	Evaluador 2	Lectura Correcta	Evaluador 3	Lectura Correcta
Espalda	Brazos	Piernas	Carga					
3	1	7	1	1	1	Sí	1	Sí
3	2	7	1	1	1	Sí	1	Sí
3	3	7	1	1	1	Sí	2	No
4	1	2	1	2	1	No	1	No
4	2	2	1	2	2	Sí	2	Sí
4	3	2	1	2	2	Sí	2	Sí
4	1	3	1	2	2	Sí	2	Sí
4	2	3	1	3	3	Sí	3	Sí
4	3	3	1	3	3	Sí	3	Sí
4	1	4	1	4	3	No	3	No
4	2	4	1	4	4	Sí	3	No
4	3	4	1	4	4	Sí	3	No
4	1	5	1	4	4	Sí	4	Sí
4	2	5	1	4	3	No	4	Sí
4	3	5	1	4	3	No	3	No
4	1	6	1	4	3	No	4	Sí
4	2	6	1	4	4	Sí	4	Sí
4	3	6	1	4	4	Sí	4	Sí
4	1	7	1	2	2	Sí	1	No
4	2	7	1	2	2	Sí	2	Sí
4	3	7	1	2	1	No	2	Sí
Aciertos						60	61	
Fallos						12	11	
Porcentaje de aciertos						83,33%	84,72%	

4. Conclusiones

4.1 Valoración personal

Considero que el desarrollo del proyecto ha sido un éxito debido a que se han cumplido el objetivo que se planteaba con el mismo. Esto es obtener una valoración de la ergonomía de un puesto de trabajo de manera automática y fiable.

Además de esto se ha conseguido una revalorización del método OWAS ya que se ha corregido el principal defecto que le achacaban sus detractores que es la estimación que relaciona el número de mediciones con el porcentaje de tiempo que el operario las mantiene. Esto distaba bastante de la realidad cuando se valoraban las posiciones de manera manual ya que usualmente se toman las más representativas y en número insuficiente ya que sino sería inviable.

También resulta muy interesante que la frecuencia entre medidas se de varias por segundo (con un ordenador potente el kinect admite hasta 30 mediciones por segundo) y con un ordenador personal actual se puede llegar perfectamente hasta 15 mediciones por segundo.

Con el programa se ha conseguido una precisión en las mediciones superior a la que se estaba logrando con los métodos tradicionales de fotografías o video y luego mediciones sobre estos.

En el lado negativo podemos encontrar que debido a la falta de algunos datos puede ser complicado implementar otros métodos. Por ejemplo al no ser posible con la actual configuración de software y hardware el reconocimiento de giro en los puntos que identifica.

Otro handicap que se encuentra en el estado actual del software sería la falta de reconocimiento de objetos mediante la cual se podría inferir si el sujeto esta llevando o no la carga y de que carga se trata.

Considerando que se trata de una primera aproximación a la evaluación ergonómica en puestos de trabajo utilizando sensores de bajo coste creo que el resultado es satisfactorio ya que además de ser más preciso que el manual, realiza más mediciones y es menos costoso.

4.2 Lineas futuras

La investigación de este tema no acaba aquí ya que aunque se ha conseguido lo que se proponía con el trabajo. La implementación de un método de evaluación ergonómica mediante sensores de bajo coste. Aún se pueden realizar más innovaciones en este ámbito.

Para comenzar se podría mejorar la captura del movimiento con los sensores ya que no contempla el giro de los puntos que considera. Esto en algunos puntos como la cadera no es problema ya que se puede inferir mediante los otros puntos; pero en algunas articulaciones que tienen más grados de libertad esto no resulta posible, como son las muñecas o el cuello.

También sería interesante implementar el reconocimiento de objetos mediante marcadores. En este aspecto quizás no sería necesaria la mejora del software y el hardware del propio kinect y se podría realizar con el video de rgb con objetos que fueran suficientemente diferentes o no fuera muy trabajoso que llevaran marcadores.

Otra implementación sería la inclusión de más métodos de evaluación ergonómica y así poder comparar los resultados en tiempo real. Además una vez demostrada la capacidad del método se considera bastante factible realizar una evaluación biomecánica.

También es posible la aplicación de este sistema a otros ámbitos distintos al laboral, como pueden ser el de deportistas de alto rendimiento para mejorar la técnica ya que actualmente se están realizando las medidas mediante mediciones en video o con complejos sistemas en los que tienen que llevar marcadores. Sin embargo aplicando este método podrían obtener mediciones de sus entrenamientos habituales.

También se podría aplicar con modificaciones a la evaluación ergonómica de productos. Sobretudo de productos de tamaño grande, como sillas, mesas; ya que para productos más pequeños (destornillador, cuchillos, etc) se necesitarían más cambios en el software, pero también sería posible.

5. Bibliografía

5.1 Bibliografía por orden de aparición

Real Academia Española © www.rae.es

“Introducción a la ergonomía” José Antonio Diego Más. Ergonomía. Universidad Politécnica de Valencia Octubre 2011

Instituto nacional de ergonomía de Argentina <http://inea-argentina.com.ar/inea.htm> consultado 07/02/2013

“Una cuestión de organización”. F. Bourgeois Revista de la agencia Europea para la seguridad y salud en el trabajo n3 Prevención de los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral p. 24-25 ISSN 1608-4152 ISSN 1608-4152 2001

“Los trastornos musculoesqueléticos- el panorama europeo” Agencia europea para la seguridad y salud en el trabajo. Revista de la agencia Europea para la seguridad y salud en el trabajo n3 Prevención de los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral p. 7-10 ISSN 1608-4152 ISSN 1608-4152 2001

“Formación superior en prevención de riesgos laborales” F. Menéndez; F. Fernández; F.J. Javier; I. Vázquez; J.A. Rodríguez; M. Espeso. ed. Lex Nova. pág. 439-445 2009 ISBN 978-84-9898-073-8

“Investigación de las diferencias en función del sexo” L. Karlqvist revista de la agencia Europea para la seguridad y salud en el trabajo n3 Prevención de los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral p. 16-18 ISSN 1608-4152 ISSN 1608-4152 2001

“Aplicación del Reglamento alemán sobre manipulación de cargas” Gustaf Caffier, U.Steinberg, F. Liebers y S. Behrendt. Revista de la agencia para la seguridad y salud en el trabajo n10 “Aligera la carga” ISSN 1608-152 2007 pág. 8-10

“Un Modelo Simple Para La Evaluacion Integral Del Riesgo A Lesiones Músculo Esqueléticas (Modsi)” R. Manero; L. Soto;

“T. Rodríguez http://www.prevencionintegral.com/Articulos/@Datos/_ORP2006/0100.pdf Consultado el 01/02/2013

“Prevención de los trastornos músculo esqueléticos: hacia un planteamiento global” P. Douillet y M. Aptel. R “NTP 452: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural” INSHT. S. Nogareda; I. Dalmau

“Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks, Ergonomics” T. R. Waters ,V. Putz-Anderson, A. Garg & L. J. Fine (1993). 36:7, 749-776

“Evaluación ergonómica de puestos de trabajo” S. Asensio; M.J. Bastante; J.A. Diego 2012 Paraninfo

“Aplicación informática, de uso educativo, para evaluación de riesgos ergonómicos” M. Chiner; J.A. Diego. Dept proyectos de ingeniería UPV

“BIOMIMO Desing & Test: motion capture and AR techniques to design and test an orthosis prototype” J. Gimeno; A. Pujana-Arrese; M. Fernández; J. Landaluze. ARTEC Group, Valencia University; IKERLAN Research Centre.

“BIOMIMO, Estudio ergonómico aumentado utilizando un sistema de captura de movimiento infrarrojo de alta precisión y realidad aumentada” J. Gimeno; A. Pujana-Arrese; M. Fernández; J. Landaluze. ARTEC Group, Valencia University; IKERLAN Research Centre

5. Bibliografía

“Evaluation of the Kinect sensor for 3-D kinematic measurement in the workplace” T. Dutta. Toronto Rehabilitation Institute. Toronto CANada. Elsevier 23 Marzo 2011

“Validity of the Microsoft Kinect for assessment of postural control” R. A. Clark, Y. Pua, K. Fortin, C. Ritchie, K.E. Webster, L. Denehy, A. L. Bryant; University of Melbourne, General Hospital of Singapore, La Trobe University of Melbourne.. Elsevier 12 Marzo 2012

“Identificación de Parámetros Dinámicos en Vehículos Ligeros y Robots Móviles. Aplicación al Control y la Navegación Automática (IDECONA. DPI2010-20814-C02-01/02

“Aplicaciones de Kinect para neurohabilitación” D. De la Fuente. Universitat Politècnica de Catalunya 31 de Mayo de 2012

“Desarrollo de interfaces de usuario naturales con Kinect” E. Trilles. Universidad Politècnica de Valencia Diciembre 2012

“Evaluación ergonómica de puestos de trabajo” S. Asensio; M.J. Bastante; J.A. Diego 2012 Paraninfo

<http://www.ergonautas.upv.es/métodos/owas/owas-ayuda.php>

“Método Ovako Working Posture Analysis System” G. M. Martínez <http://dc126.4shared.com/doc/Pk3x-hO-/preview.html>

“Estudio del funcionamiento del sensor Kinect y aplicaciones para bioingeniería” L.Mathe, D.Samban, G. Gómez

“Human interface Guidelines. Kinect for Windows v1.5.0” 2012 Microsoft Corporation

“Matemáticas. Bachillerato2” N.C. Bobillo; M.A. García; ed Órbita 2002

Tesina realizada para el master de ingeniería del diseño impartido en la Universidad Politécnica de Valencia

Realizado por Moisés Herreros Pinilla tutorizado por José Antonio Diego Mas

Evaluación ergonómica en tiempo real mediante sensores de bajo coste (Kinect)

Esta tesina desarrolla el tema de conseguir una evaluación ergonómica de puestos de trabajo en tiempo real ayudando así a una mejor evaluación de los mismos y un ahorro en tiempo del evaluador al realizarse de manera automática. Para ello se ha creado un programa completamente funcional que aplica el método OWAS de evaluación ergonómica. Obteniendo resultados más precisos que con los métodos habituales además de la evaluación de hasta 32 posiciones por segundo.