

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 692 391**

51 Int. Cl.:

**G06T 17/00** (2006.01)

**G06T 19/00** (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.03.2012 PCT/EP2012/054069**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.09.2012 WO12123346**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.03.2012 E 12709059 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 2686834**

54 Título: **Servicio mejorado de simulación de prueba virtual**

30 Prioridad:

**14.03.2011 GB 201104312**

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

**03.12.2018**

73 Titular/es:

**BELCURVES LTD (100.0%)  
118 Pall Mall  
London SW1Y 5ED , GB**

72 Inventor/es:

**BELL, ALEXANDRA;  
PERNOD, ERIK y  
RECHE MARTINEZ, ALEX**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 692 391 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Servicio mejorado de simulación de prueba virtual

5 La invención comprende un servicio mejorado de simulación y visualización de prueba virtual 3D de prendas de vestir. En particular, proporciona una selección de tamaño y estilo basada en un modelo corporal creado a partir de medidas y proporciones de un cliente individual, que se obtienen de imágenes domésticas/de cliente; y un modelo de prenda de vestir creado a partir de datos de diseño de prendas de vestir.

Antecedentes

10 Existe una industria masiva en todo el mundo de venta al por menor de ropa y prendas de vestir. Un modelo tradicional de venta al por menor consiste en vender prendas de vestir de una tienda o almacén donde particulares pueden ir a la tienda, probarse varias prendas y después comprar la prenda o prendas seleccionadas. Con el aumento del ritmo de la vida moderna y la demanda de una mayor selección al por menor por parte de los clientes, independientemente de su propia ubicación geográfica o disponibilidad, la compra de ropa en línea se ha hecho popular.

15 Existen muchos comerciantes al por menor en línea que permiten al usuario ver prendas en línea antes de comprarlas. A menudo se proporcionan imágenes de modelos que llevan puestas las prendas para dar una idea de cómo van a quedar en la práctica. Sin embargo, esto puede tener un valor limitado ya que los modelos utilizados en tales imágenes suelen tener un tipo de cuerpo determinado o puede haber una breve lista de "tipos de cuerpo" donde elegir que se parezcan más al del cliente, pero las opciones ofrecidas serán limitadas y, por tanto, diferentes a los cuerpos reales de los clientes que utilizan el servicio de venta al por menor en línea.

20 La oferta de servicios en línea es una opción atractiva para el comerciante al por menor ya que puede introducirse en nuevos sectores sin la necesidad de abrir una tienda física. Sin embargo, un problema para los comerciantes al por menor es que se les devuelve hasta el 50 % de todas las prendas compradas en línea. Por ejemplo, las mujeres piden a menudo el mismo vestido en dos tallas, se prueban las dos tallas en casa y devuelven la que no les va bien, y se las prueban en casa para ver cómo les sienta y la caída que tiene. Esta tasa de devolución del 50 % puede suponer hasta alrededor de entre 10 y 25 % de los ingresos del comerciante al por menor en línea, lo que equivale a un gasto de miles de millones de dólares en todo el mundo, ya que a los comerciantes al por menor se les devuelve la mercancía no deseada y ellos la reenvasan y reponen para su reventa. Por tanto, además de la venta original perdida, el comerciante al por menor sufre debido a los recursos, tiempo y gastos adicionales involucrados en el proceso de devolución. Este es un problema importante para los comerciantes al por menor en línea.

30 Enfrentarse a los problemas de la venta al por menor de ropa en línea de manera adecuada ayudaría a mejorar la eficiencia del negocio del comerciante al por menor, aumentaría la satisfacción y la experiencia del cliente y tendría un impacto positivo en las emisiones de carbono si se devolvieran menos artículos. Se conocen varias propuestas para mejorar la fiabilidad de la venta al por menor en línea para los clientes. La solicitud de patente internacional WO 2009/090391, que se incorpora aquí como referencia, describe un sistema y un método de generación de filtro de prendas de vestir. El método incluye introducir datos corporales que representan una pluralidad de puntos sobre o debajo de la superficie de un cuerpo, derivar al menos una proporción corporal a partir de los mismos y comparar esos datos de la proporción corporal con datos de la prenda para filtrar prendas que no sean adecuadas para que las lleve puestas una persona con esas proporciones. Aunque es útil, el método descrito se basa en el uso de un escáner corporal tridimensional para obtener información de medidas para un cuerpo. Otros comerciantes al por menor en línea también cuentan con escáneres corporales para el ajuste de prendas de vestir en línea o se basan en unas pocas medidas estándar introducidas por el usuario para su cuerpo (por ejemplo, solo altura/cintura/caderas/busto) lo que resulta restrictivo. El pequeño número de medidas utilizadas deriva en una falta de precisión y, como se utiliza intervención humana, esta propuesta está abierta a errores del usuario. Algunos sistemas en línea ofrecen solo visualización, para una "prueba". Esto no es análogo a probarse la ropa, sino que proporciona una imagen de la ropa mapeada en un cuerpo en 3D. Los gráficos por ordenador para la industria de los efectos especiales de película han visualizado personajes en 3D con ropa 3D durante muchos años. No existe un sistema o método conocido que pueda simular fielmente la prueba de una prenda por parte de un usuario de una manera directa y rentable que permita a un público normal su uso en el hogar. En WONSOOK LEE ET AL: Generating animatable 3D virtual humans from photographs", XP002257872, se describe una metodología de clonación corporal completa fácil, práctica y eficiente. Este sistema utiliza fotos tomadas desde la parte frontal, lateral y posterior de una persona en cualquier entorno de imagen dado sin requerir un fondo especial o una condición de iluminación controlada. Se utiliza un cuerpo genérico sin costuras determinado en el formato VRML H-Anim 1.1 para generar un ser humano virtual individualizado. La solución según la invención se basa en las características de las reivindicaciones independientes. De acuerdo con una realización, se proporciona un método para crear un modelo tridimensional de un cuerpo único; comprendiendo dicho método obtener un modelo tridimensional de un cuerpo estándar, obtener una imagen bidimensional del cuerpo único que se va a modelar, determinar una ubicación del cuerpo único en dicha imagen y usar los datos de ubicación determinados para obtener una silueta dimensional del cuerpo único a partir de una imagen bidimensional. El método comprende además seleccionar una medida para la que se va a calcular un valor para el cuerpo único, calcular un valor de dicha medida seleccionada a partir de la silueta bidimensional obtenida, usar dicho valor calculado de la medida predeterminada

para actualizar una medida correspondiente en el modelo tridimensional de un cuerpo estándar y producir el modelo tridimensional actualizado de un cuerpo estándar como un modelo tridimensional del cuerpo único.

5 Se describe un método, que no forma parte de la invención, para crear un modelo de una prenda, comprendiendo dicho método definir una pluralidad de partes componentes de la prenda, obtener datos geométricos para la prenda, siendo dichos datos geométricos suficientes para que la prenda sea fabricada a partir de sus partes componentes, obtener datos de referencia para la prenda, comprendiendo dichos datos de referencia al menos un indicador para determinar la posición de una conexión para realizar entre las partes primera y segunda de la prenda y utilizar dichos datos geométricos y datos de referencia para generar un modelo de partes componentes de la prenda.

10 Se describe un método, que no forma parte de la invención, para modelar una prenda para simular el ajuste de esa prenda en un cuerpo, comprendiendo dicho método obtener un modelo tridimensional del cuerpo y definir una cuadrícula que rodea dicho cuerpo tridimensional, en donde las celdas individuales de la cuadrícula incluyen diferentes partes respectivas del cuerpo modelado. El método comprende además obtener un modelo de la prenda que va a ajustarse, incluyendo dicho modelo partes primera y segunda de la prenda separadas entre sí, colocar dichas partes primera y segunda de la prenda en celdas seleccionadas de la cuadrícula, en donde dichas celdas se seleccionan según una relación entre las partes incluidas del cuerpo modelado y las partes primera y segunda de la prenda de vestir; y alinear dichas partes primera y segunda de la prenda para prepararlas para unir las alrededor del cuerpo modelado.

15 También se describe un método, que no forma parte de la invención, para simular el ajuste de una prenda en un cuerpo único, que comprende obtener un modelo tridimensional del cuerpo único, obtener un modelo tridimensional de la prenda que se va a ajustar, implementar una colisión entre dicho modelo tridimensional del cuerpo único y dicho modelo tridimensional de la prenda; y producir una visualización del ajuste como resultado de dicha colisión.

#### Figuras

A continuación, se describen realizaciones y ejemplos con respecto a las figuras, en las que:

La figura 1 muestra una visión general de gran calidad de un proceso de ajuste de prendas en línea;

25 La figura 2a muestra un organigrama para crear modelos tridimensionales a partir de imágenes obtenidas del usuario;

La figura 2b muestra un organigrama para generar archivos de prendas de vestir;

La figura 2c muestra un organigrama para una prueba virtual;

Las figuras 3 y 4 muestran los resultados de la detección de contorno de una imagen con el fondo eliminado;

30 Las figuras 5 y 6 muestran la obtención de un contorno detectado a partir de la imagen de la figura 3;

La figura 7 muestra la comparación de un contorno detectado con una pluralidad de formas de una base de datos;

La figura 8 muestra la proyección de una imagen corporal y un patrón sobre un plano para la detección de la altura del cuerpo;

La figura 9 muestra una posible clasificación de región para un cuerpo;

35 La figura 10 muestra el cambio de una longitud en un esqueleto 3D estándar basado en datos medidos del usuario;

La figura 11 muestra un cambio en un contorno de un esqueleto tridimensional estándar basado en datos medidos del usuario;

La figura 12 muestra un archivo de prenda con la prenda desmontada y con referencias indicadas en ella;

La figura 13 muestra un archivo de prenda que incluye datos de referencia;

40 La figura 14 muestra un modelo corporal 3D agrupado por una cuadrícula dispersa;

Las figuras 15a a 15c muestran la colocación automática de las partes de la prenda en la cuadrícula dispersa que se muestra en la figura 14;

La figura 16 muestra un vestido colocado alrededor del cuerpo que se muestra en la figura 14, en donde el vestido se ha mallado usando una triangulación de Delaunay;

45 La figura 17 muestra un mapeo aproximado de un modelo corporal 3D en partes cilíndricas;

Las figuras 18a y 18b muestran el mapeo de mallas triangulares de un vestido en el cuerpo que se muestra en la figura 17;

La figura 19 muestra un proceso de unión de piezas y de piezas que forman los bordes del vestido que se muestra en las figuras 18a y 18b;

Las figuras 20a y 20b muestran los resultados de las piezas que se unen para el vestido que se muestra en la figura 19;

- 5 La figura 21 muestra un mapa de distancias de un modelo corporal al que se ha unido una prenda como se muestra en las figuras 20a y 20b; y

La figura 22 muestra la malla de un vestido después de que sus piezas se hayan unido.

#### Visión general

- 10 En una visión general, se proporciona un método y un sistema que permiten a los clientes “probarse” prendas de vestir en un entorno virtual, por ejemplo, en línea, para obtener una simulación realista de cómo una prenda encajaría, parecería y caería en el cuerpo de ese cliente antes de tomar una decisión de si pedir o comprar dicha prenda.

- 15 Para lograr esto, se crea una réplica fiel del cuerpo del cliente utilizando un software de procesamiento adecuado. El cuerpo se replica en forma de modelo digital tridimensional (3D). Como se describe en detalle a continuación, para formar el modelo 3D, se utilizan las medidas reales del ser humano, en lugar de medidas estándar, tales como el tamaño del pecho, la cintura y la cadera, como utilizan otros sistemas.

- 20 Una vez creado el modelo tridimensional del ser humano, las prendas pueden probarse virtualmente en una simulación efectiva. Para que esto sea así, los modelos de prendas se crean en 3D utilizando la geometría real de las piezas que conforman el diseño de la prenda según lo creado por el diseñador. La prenda 3D se prueba en el cuerpo 3D, es decir, se drapea sobre el cuerpo del modelo para mostrar cómo encajaría en la práctica, durante la simulación. El modelo de prenda que se usa es una versión de drapeado tridimensional de la prenda. Se prueba utilizando la física real, incluida la dinámica física del comportamiento de la tela con la gravedad y las colisiones de tela contra la forma del cuerpo. En lugar de proporcionar una visualización simplemente superponiendo la imagen de una prenda sobre el modelo corporal en 3D, por ejemplo, usando deformación 2D o transformación, la prueba simulada utiliza cálculos dinámicos para simular completamente la física real del usuario probándose la prenda. Por tanto, el sistema no se basa simplemente en mapas bidimensionales o imágenes de prendas, sino que realmente puede proporcionar una simulación tridimensional completa de cómo la prenda se va a ajustar y va a caer sobre el cuerpo en la vida real.

- 30 Para hacer que el servicio de ajuste de prenda sea accesible, las medidas del cuerpo humano para la creación del modelo 3D digital se pueden capturar utilizando equipos disponibles nacionalmente tales como una cámara digital, un grabador de video o una cámara web. Como se describe en detalle a continuación, las medidas a partir de las cuales se va a crear el modelo tridimensional se obtienen de las imágenes reales capturadas en esa cámara, grabadora, cámara web o cualquier otro dispositivo de adquisición de imágenes. Por tanto, se obtiene y utiliza un conjunto realista de datos, incluidas las medidas y proporciones corporales que realmente colaboran con la simulación de cómo encajan o caen las prendas en ese individuo.

- 35 A diferencia de los métodos de la técnica anterior, los presentes método y sistema pueden capturar un número suficiente de medidas que reproducirán una copia fiel de un cuerpo humano en un modelo 3D digital. El modelo incluirá la forma única del cuerpo de la persona en cuestión, incluidas sus curvas particulares que pueden afectar a las opciones de ajuste y estilo, no solo a las medidas que se requieren convencionalmente para el tamaño de la prenda, tales como el tamaño del busto, la cintura y la cadera. El método no requiere el uso de un escáner corporal o de cualquier otro equipo costoso o inaccesible. En su lugar, puede utilizar equipos que se encuentran en muchas casas y que están disponibles para una gran parte del público para producir un modelo tridimensional reconocible para el cliente.

- 40 Las imágenes obtenidas a partir de un dispositivo de adquisición de imágenes de cliente se analizan para obtener de ellas medidas precisas que forman la base de la construcción del modelo tridimensional, recreando en primer lugar la forma del cuerpo y curvas convexas y cóncavas del ser humano. Las medidas también se tienen en cuenta para dar sentido a las curvas virtuales durante el proceso de drapeado, como se describe con más detalle a continuación. El proceso de drapeado tiene en cuenta factores del mundo real tales como la gravedad en las curvas corporales, peso de la tela, textura y elasticidad, para que el usuario pueda obtener una simulación altamente precisa y útil de cómo una prenda particular le quedaría antes de comprar o incluso de ver la prenda en la vida real.

#### Descripción detallada

La figura 1 proporciona una visión general de gran calidad de un proceso de ajuste de prendas virtual;

- 55 Desde la perspectiva de un usuario, cuando el usuario está comprando en línea 100 y quiere simular la prueba de la prenda, la primera etapa del proceso es obtener una copia de la creación del modelo 3D a partir de un software de imagen de cliente 110. La aplicación se puede descargar de una tienda en línea, a través de un enlace al sitio web, de una memoria de almacenamiento de hardware extraíble, tal como un CD o una memoria USB o a través de

cualquier otro medio adecuado. Aunque a continuación se hace referencia al uso de un “ordenador”, la aplicación puede ejecutarse en cualquier medio de procesamiento adecuado, tal como un ordenador, un teléfono inteligente u otro dispositivo de procesamiento portátil. Una vez que la aplicación se ha descargado en el ordenador del usuario, este puede comenzar a usar el software para crear un modelo 3D de sí mismo. Para hacerlo, debe capturar una imagen 120 o preferiblemente un conjunto de imágenes de sí mismo. Como se menciona anteriormente, esto se puede hacer utilizando cualquier equipo adecuado, tal como una cámara digital o un grabador de video conectado a un ordenador. Alternativamente, se puede hacer utilizando una cámara web o un teléfono u otro dispositivo de adquisición de imágenes del cliente. Por ejemplo, dispositivos de captura de imágenes estéreo que utilizan cámaras para tomar una imagen estereoscópica en 3D. Algunos usuarios también pueden tener acceso a dispositivos avanzados de adquisición de imágenes tales como un dispositivo de adquisición de profundidad, un telémetro o un dispositivo de rayos X, que pueden obtener medidas corporales del usuario incluso aunque el cliente esté vestido, sin embargo, tales dispositivos avanzados no son necesarios para un funcionamiento exitoso de los presentes dispositivo y sistema.

Cuando el software de la aplicación se ejecuta en el ordenador del usuario o en otro hardware, puede proporcionar instrucciones al usuario para capturar imágenes adecuadas. Las instrucciones pueden ser interactivas y pueden comprender una demostración, tal como una demostración de video o una interacción de personaje animado. Las instrucciones incluyen, entre otras cosas, cómo debe vestirse el usuario para la captura de imágenes. Por ejemplo, se le puede indicar al usuario que se vista con ropa interior, traje de baño o leotardos y mallas con el pelo recogido retirado del cuello y de la cara, para que su cuerpo pueda verse y no encubra las imágenes. Las instrucciones también pueden incluir consejos sobre cómo usar una referencia de calibración para fines de calibrado, como se analiza más adelante.

Volviendo a la figura 1, una vez capturado el conjunto de imágenes de acuerdo con las instrucciones proporcionadas por el software, son enviadas al software para su procesamiento individual. Las imágenes pueden ser adquiridas directamente por el ordenador cargado desde el ordenador del cliente o enviadas de otra manera adecuada. Las imágenes son analizadas después. Como se describe en detalle a continuación, este análisis implica la obtención de datos de las imágenes para que puedan calcularse 140 las medidas. No es necesario cargar las imágenes en un servidor web para la etapa de cálculo 140. Esto es conveniente desde la perspectiva de la privacidad del cliente.

Las medidas calculadas se usan con dos propósitos. En primer lugar, se utilizan para generar un modelo tridimensional único representativo de las medidas reales del cliente, al que se hace referencia en este documento como “clon” 150. En segundo lugar, se usan para llevar un registro de las medidas del cuerpo del cliente 160 que pueden usarse en combinación con un modelo tridimensional convencional durante el proceso de prueba virtual. Como se analiza en la visión general anterior y de nuevo con más detalle a continuación, la simulación de prueba virtual comprende gráficos tridimensionales que representan prendas seleccionadas en el modelo tridimensional del usuario.

### Calibración

Para obtener medidas de las imágenes que debe proporcionar el sistema, se debe proporcionar información del factor de cuantificación de las imágenes. Como se muestra en la figura 2a de este documento, una propuesta para hacer esto es proporcionar una referencia de calibración. Alternativamente, se puede omitir la calibración y, en su lugar, se puede calibrar el factor de cuantificación de imagen utilizando una medida estándar, por ejemplo, una longitud de una cinta o regla de medición. Alternativamente, el tamaño del objeto, visible en la imagen, puede ser conocido por el procesador y/o puede introducirse manualmente. Sin embargo, omitir el proceso de calibración puede dar como resultado medidas de menor precisión, por lo que en este ejemplo usamos una referencia de calibración.

En la práctica, cuando un usuario descarga una aplicación para ejecutar el sistema de simulación de prueba en línea en su ordenador, puede estar provista de un gráfico que representa una cuantificación o una referencia de calibración que se debe colocar en la imagen o imágenes de sí mismo, visible para la lente de la cámara, para proporcionárselo al sistema. Al incluirse una cuantificación o referencia de calibración de esta manera, el sistema puede reconocer las distancias entre el usuario y su cámara u otro dispositivo de captura de imágenes y, por tanto, puede evaluar con precisión el tamaño real del cuerpo del usuario a partir de las imágenes.

El sistema puede incluir instrucciones de cómo debería posar el cliente para sus imágenes. Por ejemplo, puede mostrar cómo lograr varias posiciones requeridas usando un clip o video instructivo que acompaña a la aplicación. Por ejemplo, si el usuario está utilizando una cámara web para capturar su imagen, es posible que pueda alinear la imagen capturada por la cámara web con una silueta de un cuerpo en una posición determinada, como muestra el sistema en la pantalla, maximizando así la utilidad de las imágenes tomadas por el usuario.

Preferiblemente, las imágenes deben tomarse usando iluminación doméstica y con un fondo neutro. Las fotos de las diferentes posiciones de usuario requeridas para la creación del modelo tridimensional deben tomarse en una sola sesión. Si el dispositivo de adquisición de imágenes lo permite, las fotos las debe tomar, es decir, disparar, el ordenador en el que se está ejecutando el sistema. Esto mejora la interactividad del proceso, haciendo que sea más fácil de usar.

De acuerdo con una realización, en una implementación cliente/servidor del sistema, las mismas imágenes no se cargan en el servidor, sino que permanecerán en el dispositivo del cliente y, por tanto, permanecerán privadas. En lugar de obtener las imágenes reales, el sistema obtendrá datos de esas imágenes como datos de medidas, datos de proporción, datos de tonos de piel y cabello y forma de los ojos. Solo esa información obtenida se cargará después para su procesamiento a fin de crear el modelo tridimensional. En una implementación completamente en línea del sistema, las imágenes pueden cargarse en el servidor del sistema y eliminarse inmediatamente después del procesamiento y de la obtención de datos.

Como se muestra en figura 2a, el proceso incluye de preferencia una calibración interna 7 y una calibración externa. La calibración interna 7 implica calibrar la cuenta del dispositivo de adquisición de imágenes para la deformación que el mismo dispositivo genera en las imágenes adquiridas. Las técnicas conocidas de visión por ordenador pueden usarse para encontrar los parámetros internos de un dispositivo de adquisición. Normalmente, esos parámetros internos incluyen distancia focal, ángulos de visión vertical y horizontal, tamaño y resolución de sensor, distorsión de lente, corrección de color y ruido de sensor. Los parámetros internos obtenidos para el dispositivo de adquisición de imágenes pueden utilizarse para corregir cualquier deformación geométrica o colorimétrica que pueda ser añadida a las imágenes obtenidas por el propio dispositivo de adquisición. Opcionalmente, el sistema puede incluir una interfaz a través de la cual el usuario puede introducir detalles del dispositivo de adquisición de imágenes utilizado para ayudar en el proceso de calibración interna.

En figura 2a hay una etapa de "búsqueda de patrón" 5 que se muestra como parte del proceso de calibración interna. Según una realización, se puede requerir que el usuario capture una imagen de un patrón, por ejemplo, una que pueda imprimir el usuario una vez que la aplicación para el servicio de prueba simulado haya sido descargada en su ordenador o una que se imprima profesionalmente y se proporcione al usuario por correo o en la tienda o por otros medios adecuados. Al observarse una imagen capturada por el dispositivo de adquisición de imágenes del usuario con un patrón conocido, el ordenador u otro procesador puede derivar parámetros internos para el dispositivo.

De forma similar, se debe llevar a cabo una calibración externa 9 de modo que se conozca la posición y la orientación del dispositivo de adquisición de imágenes con respecto a cuerpos externos. De nuevo, pueden usarse técnicas de visión por ordenador conocidas para calcular los parámetros externos del dispositivo de adquisición de imágenes del usuario. Esos parámetros externos incluyen la posición y la rotación del dispositivo de adquisición con respecto al cuerpo que se forma como una imagen. De acuerdo con una realización, se puede instruir al usuario para que coloque un patrón en el suelo cerca de donde está colocado para el proceso de adquisición de imágenes. Si se usan los parámetros internos y externos de la cámara, el sistema puede ubicar con precisión el patrón en el espacio 3D. Por tanto, si el usuario se coloca junto o sobre el patrón en el suelo, el sistema puede saber dónde está el suelo en la imagen, ubicando así los pies del usuario y proporcionando una indicación de la distancia entre el usuario y el dispositivo de adquisición de imágenes. Esa distancia se puede usar para calcular un factor de cuantificación para la imagen. Este factor de cuantificación se puede aplicar a las medidas obtenidas de la imagen para obtener medidas 3D reales de la persona representada en esas imágenes.

Como se apreciará a partir de la siguiente descripción, la información de calibración externa 9 obtenida para el dispositivo de adquisición de imágenes del usuario se puede usar cada vez que haya una conversión de datos bidimensionales a tridimensionales y viceversa durante el funcionamiento del sistema.

De acuerdo con una realización, el patrón de calibración que se va a usar para la calibración del dispositivo de adquisición de imágenes comprende un cuadrado negro con bordes gruesos en fondo blanco. El centro del cuadrado incluye un dibujo de calibración en color con colores básicos tales como rojo, verde y azul. El tamaño del cuadrado, así como el grosor del borde y el diseño del color son conocidos por el sistema. Debido a que el sistema conoce el tamaño del cuadrado, así como el grosor de su borde y el diseño del color, puede ubicar el patrón en una imagen cuando aparece en cualquier posición aleatoria, usando técnicas estándar de procesamiento de imágenes. Por tanto, el patrón de calibración permite que el sistema ubique al usuario en el espacio desde el interior de una imagen capturada, así como obtener medidas del cuerpo del usuario a partir de tal imagen.

Dependiendo del tipo y el modelo de dispositivo de adquisición de imágenes utilizado, el sistema puede realizar una calibración interna para encontrar automáticamente parámetros internos del dispositivo de adquisición. Si se puede, el patrón de calibración mencionado anteriormente solo se usa para la calibración externa a fin de permitir que el sistema ubique al usuario en el espacio. Sin embargo, si el sistema no puede o no realiza la calibración interna automáticamente, puede usar el patrón para obtener parámetros internos del dispositivo de adquisición de imágenes ya que el sistema conoce el patrón y por tanto el sistema puede ver si el dispositivo de adquisición ha deformado el patrón y cómo lo ha deformado, en las imágenes proporcionadas por el usuario. Las etapas de calibración interna 7 y externa 9 se pueden repetir con la frecuencia necesaria para garantizar la precisión, como se muestra en la figura 2a.

Una vez que se han llevado a cabo las etapas de calibración interna y externa, el sistema puede comenzar de nuevo a procesar las imágenes del usuario como preparación para crear un modelo tridimensional.

Eliminación del fondo

Como se menciona anteriormente, de manera ideal las imágenes de un usuario deberían tomarse usando iluminación doméstica y se debería usar un fondo neutro. Sin embargo, independientemente del tipo de fondo que se utilice, el sistema no debe incluir el fondo en el modelo tridimensional del cuerpo. Conocer el fondo ayuda al sistema a reconocer el sujeto en una imagen y a detectar qué parte de la imagen son sombras.

5 Las técnicas de eliminación de fondo serán conocidas para el lector experto. El presente sistema puede utilizar cualquier técnica adecuada para la eliminación de fondo. Debido a que el usuario captura una serie de imágenes, el sistema puede determinar la diferencia entre el fondo y el usuario, es decir, el cuerpo central en la imagen, para cada una de una serie de imágenes. Si la parte de la imagen que se identifica como fondo varía demasiado entre las diferentes imágenes respectivas, el sistema puede solicitar al usuario que recapture imágenes y/o que proporcione  
10 imágenes adicionales para mejorar el proceso de eliminación de fondo. Por ejemplo, una de las imágenes solicitadas por el sistema podría ser una imagen solo del fondo, sin que el usuario esté también presente.

Una vez que el sistema ha detectado el fondo con un grado de precisión aceptado, puede comenzar el proceso de eliminación de fondo. El sistema funciona de modo que una entrada al proceso de eliminación de fondo 12 es una serie de imágenes calibradas proporcionadas por el usuario, en las que el contenido *per se* de las imágenes es desconocido y la salida es una imagen en la que solo se conserva la parte o partes de la imagen que no se han  
15 identificado como parte del fondo. El modelo de eliminación de fondo dentro del sistema funciona para eliminar el fondo de las imágenes, dejando solo el objeto (es decir, la persona que se está formando como una imagen) sin sombras.

#### Forma

20 La siguiente etapa del proceso de creación de modelo es la detección de forma 13. La entrada a la etapa de detección de forma es una imagen en la que solo se ven objetos que no forman parte del fondo. Para el propósito del servicio de prueba virtual simulado descrito en este documento, será una imagen de la persona sin sombras y sin el fondo procedente de sus imágenes originales. La salida del modelo de detección de forma es el contorno del objeto central principal de la imagen procesada. Nuevamente, para el propósito del servicio simulado de prueba, ese  
25 sujeto es la persona para la cual se va a crear el modelo tridimensional.

Debido a que la etapa de detección de forma 13 es una etapa preparatoria para la creación de un modelo tridimensional, el contorno detectado debe ser lo suficientemente preciso como para que la forma de la persona pueda ser reconocida con precisión.

30 Para mejorar el proceso de detección de forma, el presente sistema preferiblemente no lleva a cabo una mera clasificación de píxeles. En su lugar, realiza la detección de contorno en la imagen eliminada que ha sido una salida al final de la etapa del proceso de eliminación de fondo 12. Dado que la eliminación de fondo ha eliminado casi todos los detalles del fondo de la imagen original, dicho proceso de detección de contorno puede concentrarse alrededor del sujeto deseado, es decir, la persona que se está formando como una imagen, y puede proporcionar una buena representación de su forma. Si falta algún píxel en la imagen de la persona que pueda producir espacios vacíos en  
35 el contorno del sujeto, se puede realizar una serie de ampliaciones y reducciones. Para garantizar que solo se utilicen los contornos de la persona, no los contornos del fondo, el sistema puede seleccionar contornos particulares para su posterior procesamiento. Preferiblemente, el sistema enfocará los contornos que están cerrados, que tienen un parámetro establecido con relación al tamaño total de la imagen y que están situados alrededor del centro de la imagen. La aplicación de tales criterios permite que se eliminen de la imagen todos los contornos detectados,  
40 excepto los contornos del cuerpo de la persona.

El proceso de detección de contorno realizado de esta manera es lo suficientemente preciso como para permitir que el sistema decida si la persona que se muestra en la imagen está colocada en una postura o posición particular. Por ejemplo, la figura 5 muestra la imagen del cuerpo que se muestra en figura 3, aquí después de que el procesamiento de contorno se haya aplicado a la misma. La imagen en la figura 5 es lo suficientemente detallada y precisa como  
45 para que el sistema determine que los brazos del sujeto se extienden hacia fuera, en lugar de caer hacia los lados. Por tanto, el sistema puede usar esta información para clasificar la postura que se muestra en la imagen. Como se menciona anteriormente, las instrucciones para el sistema pueden incluir instrucciones para que el usuario capture imágenes en diferentes poses. El sistema puede usar las poses predeterminadas a partir de sus instrucciones para ayudar a determinar la posición o la postura del usuario en las imágenes a las que se ha aplicado la detección de  
50 contorno. Como se analiza con más detalle a continuación, el sistema puede decidir en cualquiera de una serie de etapas del proceso si va a usar una imagen particular para la creación de un modelo 3D a partir de las mismas. Si el sistema decide que usará una imagen particular, puede perfeccionar aún más el contorno en la misma con el fin de obtener las mejores medidas posibles a partir de la misma.

Después de la detección de forma, la siguiente etapa del proceso que se muestra en figura 2a es la etapa de reconocimiento de forma 14. El sistema incluye preferiblemente una base de datos de posibles poses humanas como formas. Por ejemplo, estas formas pueden ser codificadas en el programa. La forma del sujeto detectado, por ejemplo, como se muestra en figura 6 en este documento, se compara con las formas de la base de datos. Se ejecuta un algoritmo de comparación adecuado y devuelve un valor para mostrar la similitud de la forma de la imagen con varias formas de la base de datos. En los ejemplos que se muestran en figura 7, la salida del algoritmo  
55 es un valor en el rango de 0 a 1 en donde, cuanto más cerca de 0 esté ese valor, más similares serán las dos formas  
60

entre sí. Si la comparación devuelve 0, las formas son idénticas. Con el fin de evitar posibles falsos negativos debido a problemas de cuantificación, la generación de forma de la etapa de detección de forma 13 se cuantifica para que tenga el mismo tamaño que las formas de la base de datos antes de realizar la comparación. La forma en la base de datos con el mejor resultado de comparación se asigna a la imagen asociada como posible candidato para una clasificación de imagen, que se analizará más adelante.

#### Características

Además de reconocer la forma de la persona que se forma como una imagen, es importante que el sistema pueda detectar sus características humanas para asegurarse de que haya una persona frente a la cámara y reconocer mejor sus poses y posiciones corporales. El sistema puede usar técnicas de detección de características conocidas 15 para encontrar características tales como la cara, las manos o los pies de una persona, etc. En el ejemplo de las caras, se pueden detectar diferentes tipos de caras, tales como la cara de frente y el perfil. Detectar una de esas características no solo informa al sistema de que un humano está frente a la cámara, sino que también especifica en qué dirección está orientado el cuerpo. Se podría hacer un procesamiento similar detectando las manos para poder definir mejor la posición de los brazos.

En esta etapa del proceso, este sistema conoce al menos aproximadamente dónde está colocado el sujeto en la imagen y, por tanto, puede crear una región de interés en la que se puede estar seguro de que se encuentra la característica que se está buscando, en este ejemplo la cara.

#### Clasificación

Antes de generar el clon para representar al usuario para la prueba virtual de una prenda, el sistema tiene que tomar una decisión dependiendo de dos preguntas: ¿hay una persona frente a la cámara? y ¿la persona que posa está en una posición aceptable? siendo una posición aceptable una de las posiciones que el sistema necesita para un procesamiento posterior. Para responder a esas preguntas, el sistema utilizará los diferentes datos recopilados durante el reconocimiento de forma 14 y la detección de características 15, etapas descritas anteriormente.

Es importante que el sistema pueda obtener una cantidad suficiente de datos y pueda tener suficiente confianza en la precisión de esos datos antes de usarlos para la creación de un modelo tridimensional. Por tanto, se requiere una clasificación determinada de las imágenes procesadas. En 16, mostrado en figura 2a, se aplica lógica de clasificación a la imagen procesada. A modo de ejemplo, el sistema puede aplicar una etiqueta a una o más imágenes con respecto a cada una de las etapas anteriores del proceso para indicar un valor de confianza correspondiente. Por tanto, una etiqueta puede indicar confianza con respecto a la detección de forma 13 y otra puede indicar confianza con respecto a la detección de características 15. Una etiqueta única con un único valor de confianza global para una imagen como un todo puede generarse a partir de una pluralidad de etiquetas de etapa de proceso. Si la confianza global con respecto a una imagen es escasa, en lugar de producir una etiqueta, se puede producir una salida que indique que no hay suficiente información disponible para tomar una buena decisión para el modelado tridimensional a partir de esa imagen. Si la aplicación tiene suficiente confianza con respecto a una pose particular que se muestra en una imagen, esa imagen puede etiquetarse y procesarse para crear después el modelo tridimensional.

En 17, figura 2a, se plantea una pregunta sobre si se han establecido etiquetas. Si es así, esto indica que el usuario ha proporcionado al menos una imagen a partir de la cual el sistema puede generar un modelo tridimensional. Si no se han establecido etiquetas, entonces no hay imágenes que se hayan procesado en un grado adecuado para que se cree el modelo tridimensional en ese momento. En tal caso, se puede pedir al cliente que envíe imágenes nuevas para su procesamiento de acuerdo con las etapas 13 a 17. Preferiblemente, las imágenes que no están "bien" para procesarse se rechazan y nunca se vuelven a usar. Cada imagen proporcionada por un usuario se procesará por separado de acuerdo con las etapas 5 a 17 que se muestran en la figura 2a. Cuando una imagen es aceptada o rechazada, las etapas pueden repetirse para otra imagen.

#### 45 Creación del modelo tridimensional (humano)

Aunque la detección de forma y contorno 13/14 analizada anteriormente es útil para clasificar la pose en la que se coloca una persona en una imagen particular, no puede usarse como una silueta real de la persona para el cálculo o la obtención de medidas. De manera ventajosa, el presente sistema está dispuesto para realizar etapas adicionales con el fin de crear una silueta de alta precisión de la persona, que puede tener una precisión de hasta una décima de píxel, a partir de la cual pueden obtenerse y calcularse medidas de manera fiable.

De acuerdo con una realización, se usan dos propuestas para obtener una mejor estimación de la silueta de la persona. La primera comprende calcular las derivadas de contorno y mover cada vértice de la silueta aproximada al punto de cruce por 0 más cercano. Se sabe que las derivadas de contorno otorgan una precisión mucho mayor al estimar un contorno que un contorno en sí mismo. Un contorno puede estimarse a partir de derivadas de contorno con al menos una precisión de una décima de píxel.

Para perfeccionar aún más el contorno y para tener en cuenta cualquier imperfección que quede debido a detalles de fondo o a detalles de la prenda usada en la imagen, ocultando la silueta real, se lleva a cabo una etapa de

perfeccionamiento adicional. La etapa de perfeccionamiento adicional comprende corregir cualquiera de tales imperfecciones calculando un histograma de curvatura para una silueta y comparando y corrigiendo anomalías del histograma al suprimir y añadir puntos a la silueta donde se detecten anomalías. Se puede usar un algoritmo de estimación de curvatura que tenga en cuenta el posible ruido que podría tener la silueta, lo que permite calcular la curvatura en cada punto de la silueta. El proceso de detección de anomalías empleado por el sistema puede usar conocimientos generales comunes sobre la pose adoptada por la persona en la imagen que se analiza. Por ejemplo, si la pose actual consiste en que la persona mire hacia la cámara con los brazos extendidos y las piernas ligeramente abiertas, los únicos lugares donde debería producirse una curvatura cóncava pronunciada son en la entepierna y debajo de ambos brazos. En una persona con sobrepeso, las curvaturas cóncavas pronunciadas también se pueden encontrar en las rodillas y alrededor de las caderas y la cintura. Mientras que los puntos de curvatura convexa pronunciada solo se pueden encontrar en la punta de los dedos. Durante el funcionamiento del presente sistema, cuando se detecta un punto de la silueta como una anomalía o irregularidad, se elimina. Una vez que se han eliminado todas las anomalías, el sistema puede rellenar cualquier espacio restante estimando nuevos puntos utilizando la curvatura a cada lado del espacio vacío.

Por tanto, el sistema emplea un proceso de perfeccionamiento inteligente. Como se describe anteriormente, el proceso preferiblemente implica hacer uso de derivadas de contorno para reposicionar puntos o vértices en la silueta aproximada para mejorar su precisión. Además, comprende preferiblemente la detección de anomalías, en particular la detección de anomalías que hace uso del conocimiento general común de formas corporales en poses particulares. Por tanto, el sistema hace uso de características conocidas de formas y poses del cuerpo en una etapa adecuada del proceso de creación del modelo sin perjudicar la precisión del procesamiento de la imagen. De hecho, se ha reconocido aquí que el uso del conocimiento común en esta etapa del proceso mejora realmente el procesamiento de la imagen y mejora la precisión de la silueta del cuerpo. De forma similar, se ha identificado en este documento que la estimación de nuevos puntos utilizando la curvatura en ambos lados de un espacio vacío hace que el contorno general sea más preciso que usar una anomalía resultante de las etapas anteriores en el método de procesamiento de imágenes. Como resultado de ello, se puede generar una silueta de alta definición del usuario.

Una vez que la silueta de alta definición se ha generado 18, la forma del cliente se puede capturar como etapa 19. Esta salida se puede usar para alinear un modelo tridimensional estándar con la forma del cliente, como se muestra en 29 en la figura 2a y como se analiza más adelante.

### Clasificación de región

La silueta de alta definición generada por el sistema también se puede usar para la clasificación de región, por lo que el sistema separa la imagen en regiones probabilísticas.

Como etapa inicial, en el proceso de clasificación de región, el sistema puede determinar la altura de la persona que se muestra en la imagen. Para ayudar con esto, la aplicación (que se ejecuta en el hardware del usuario para implementar el sistema como se describe en este documento) puede incluir una interfaz a través de la cual el usuario puede introducir sus detalles de altura. Independientemente de si se han introducido o no esos detalles de altura, el sistema puede encontrar la altura de la persona que se forma como una imagen. Esto se puede hacer primero colocando los pies buscando la parte más baja del contorno en la imagen. Debido a que las imágenes se calibran, el punto más bajo del contorno se puede encontrar fácilmente con referencia al suelo, por ejemplo, usando un patrón conocido colocado en el suelo durante la etapa de calibración externa analizada anteriormente. El punto más bajo del contorno de un cuerpo podrían ser los dedos del pie derecho o del pie izquierdo si la imagen en procesamiento incluye una persona que mire hacia la cámara. Alternativamente, la parte más baja del contorno puede ser el talón derecho o el izquierdo si la persona está de espaldas a la cámara. O el punto más bajo del contorno podrían ser los dedos de los pies o el talón del pie derecho o el pie izquierdo si la persona se muestra de perfil a la cámara.

La figura 8 muestra un ejemplo de cómo se pueden proyectar los puntos más bajos y más altos del contorno sobre un plano y comparar con la proyección del patrón conocido que se usa para la calibración externa analizada anteriormente. Como la distancia entre el punto más alto en el contorno y el punto más bajo en el contorno define la altura de la persona, siempre que el patrón esté en el suelo, la parte más baja del contorno se proyectará sobre el mismo plano que el patrón. El punto más alto en el contorno se puede proyectar entonces sobre un plano perpendicular al suelo, orientado hacia la cámara y situado en la proyección 3d del punto más bajo.

Una vez que la altura de la persona se ha calculado a partir de la imagen o imágenes del usuario, la imagen o imágenes pueden dividirse además en las regiones 20 en las que la probabilidad de encontrar medidas particulares es la más alta. Por ejemplo, se puede definir o clasificar una región en la que es probable que se encuentre la medida de la cintura. Preferiblemente, el sistema usa imágenes de dos poses diferentes para el mismo usuario con el fin de definir regiones de máxima confianza para localizar tipos de medidas particulares.

Una vez que se ha creado la silueta de alta definición y se han definido las regiones probabilísticas, el sistema puede calcular medidas 21 a partir de la imagen procesada del usuario. Aunque la imagen se ha procesado hasta cierto punto antes de que se calculen las medidas, las medidas se obtienen de la misma imagen en lugar de obtenerse de un modelo genérico. Las medidas no se basan en las entradas numéricas del usuario, aunque el

sistema puede incluir una interfaz para que el usuario introduzca tales medidas. Tampoco el sistema se basa en la estimación de las medidas basadas en modelos genéricos u otra información de bases de datos.

Como se apreciará a partir de la descripción anterior, en el punto en el que comienza el cálculo de medidas, el sistema debería conocer la pose de la persona en la imagen que se analiza y debería haber definido un conjunto de regiones en las que pueden establecerse medidas particulares. También puede haber incluido una base de datos con cualquier medida que ya se haya detectado, tal como la altura de la persona analizada anteriormente.

Se apreciará que cada imagen de un individuo será diferente y cada pose requiere diferentes etapas de procesamiento respectivas para obtener información de medidas de esta. Sin embargo, el principio de obtención de medidas a partir de las imágenes, como se describe en el presente documento, se aplica a diferentes tipos de imágenes y de poses. Al comienzo de la obtención de medidas, puede aplicarse una de dos situaciones a un valor de medidas particular. En primer lugar, la colocación de las medidas puede ser completamente desconocida para el sistema. Alternativamente, la colocación de las medidas puede ya conocerse a partir de otra imagen o a partir de una etapa de procesamiento previa. En el primer caso, las regiones de probabilidad definidas en 20 del proceso mostrado en figura 2a se pueden usar para encontrar la posición de las medidas en cuestión. En esta última situación, las medidas se pueden encontrar de forma más precisa a partir de la información ya disponible para el sistema. En la situación en la que ya se conoce la ubicación precisa de las medidas, los datos de medidas se pueden obtener a partir de la silueta de alta definición, por ejemplo, midiendo una anchura bidimensional en la misma. Se puede utilizar un modelo 3D estándar en combinación con la silueta de alta definición del individuo para ayudar en la obtención de medidas. Esto se analiza más adelante.

En la situación en la que aún no se conoce la posición precisa de unas medidas en particular, el sistema puede analizar la región probabilística donde se supone que debe tener lugar la medición rasterizando una línea a través de la región. La rasterización es una técnica de escaneo que será conocida por el lector experto. En el presente sistema, en cada etapa de la rasterización, se registra la intersección de la línea de rasterización horizontal con ambos lados del contorno del cuerpo del cliente y las distancias entre esas intersecciones se identifican como la anchura de una parte del cuerpo. La variación de esa anchura a través del proceso de rasterización define un área donde las concavidades y/o convexidades de la silueta de alta definición dan lugar a una anchura con un valor mínimo o máximo. El sistema puede seleccionar una anchura máxima o mínima dependiendo de las medidas que busca, por ejemplo, la medida de la cadera requiere una anchura máxima mientras que la medida de la cintura requiere una anchura mínima. Los dos puntos de intersección asociados al valor de anchura máximo o mínimo seleccionado se proyectan luego en el espacio 3D para calcular la anchura 3D de la medida. Este valor 3D calculado se registra como una de las anchuras 3D para esa medida en cuestión. La posición 3D de la medida se calcula en función de la colocación de las dos intersecciones proyectadas.

En caso de que el sistema no pueda encontrar una anchura con un valor máximo o mínimo en la región probabilística identificada para una medida particular, puede decidir ignorar esa imagen y usar en su lugar otra imagen para obtener los datos de medidas. Esto puede implicar evaluar imágenes introducidas previamente por el usuario y/o solicitar al usuario que introduzca imágenes adicionales.

Después de que se hayan procesado todas las imágenes y se hayan calculado las medidas a partir de esas imágenes, el sistema tendrá un conjunto de valores 3D para representar una serie de contornos y longitudes del modelo que se va a crear. Ejemplos de contornos y longitudes para los que el sistema puede obtener valores 3D incluyen de talón a dedos de los pies, de tobillo a rodilla, de rodilla a muslo, de muslo a cadera y de cadera a cintura. El valor final para cada medida particular (contorno o longitud) que se debe usar en el modelo tridimensional creado es una combinación de dos o más de esas anchuras 3D obtenidas a partir de los datos de imagen para esa medida. Por ejemplo, si se calculan diferentes longitudes de talón a dedos de los pies a partir de diferentes imágenes para el mismo individuo, el valor medio puede calcularse para su uso en el modelo tridimensional y la desviación estándar de las medidas puede mantenerse como una medida de error posible. Para contornos, el sistema debe tener en cuenta valores de forma, así como de longitud. El sistema puede adaptarse a esto al equiparar formas corporales con formas geométricas. Por ejemplo, la forma de una cintura se puede asemejar a una elipse. Se ha encontrado que tal semejanza es suficientemente precisa como para crear el modelo tridimensional. La semejanza de la elipse se puede implementar separando todas las longitudes medidas para el individuo en dos módulos o grupos, para cada uno de los cuales se calcula la desviación media y la desviación estándar. Las dos medias se usan como las longitudes de un eje de dos elipses y la desviación estándar se usa para controlar la forma de la elipse, como resultado de lo cual se puede crear una representación precisa del individuo. La desviación estándar proporciona información referente a la forma. Por ejemplo, una desviación estándar de 0 indica que la forma es un óvalo perfecto, mientras que una gran desviación indica que la forma es más rectangular que la elíptica.

Al final de este proceso, que se muestra como etapa 21 en figura 2a, el sistema puede generar un conjunto de medidas corporales para utilizar más adelante en el proceso para crear el modelo tridimensional único o "clon". Los datos de medidas proceden de las propias imágenes del usuario y, por tanto, van a ser útiles para crear un modelo tridimensional realista de ese usuario y para mostrar cómo se van a adaptar las prendas a ese usuario durante el proceso de simulación de prueba.

Preparación de modelo base

El sistema usa un modelo base especialmente preparado para crear el "clon" de usuario. Preferiblemente, el modelo base comprende un esqueleto tridimensional que se puede adaptar a los datos de medidas obtenidos directamente de las imágenes del usuario para la creación del clon. Para preparar el esqueleto, se ajusta un esqueleto genérico en la malla que representa un modelo corporal 3D estándar. El sistema puede usar cualquier técnica adecuada de ajuste de esqueleto de modelo tridimensional estándar que será conocida para el lector experto para ajustar el esqueleto en la malla.

El proceso de creación de malla para el modelo corporal 3D estándar puede funcionar de acuerdo con una serie de limitaciones. Por ejemplo, puede requerirse que la malla esté completamente cerrada, que no contenga ningún borde duplicado o triángulos muy deformados o que cualquier vértice del modelo pueda llegar a cualquier otro vértice. La reconstrucción de malla puede implementarse usando cualquier software conocido adecuado. También se debe poder controlar la complejidad de generación del modelo, manteniendo el volumen coherente y haciendo que el modelo corporal sea independiente de la complejidad de la importación. Una vez que se crea la malla, el esqueleto se coloca en el modelo 3D estándar.

Una vez que se ha creado una malla 3D estándar y el esqueleto correspondiente, el esqueleto se puede modificar o restringir manualmente. Esto se hace antes de que el software sea suministrado al usuario final ya que el esqueleto no es específico del usuario. El esqueleto se usará más adelante para introducir en el modelo estándar las medidas obtenidas previamente de las imágenes del usuario. Por esa razón, es importante que el esqueleto del modelo estándar use la misma interpretación que hacen los procesos de análisis de imágenes durante la obtención de los datos de las imágenes.

## Transformación de Modelo 3D

El esqueleto 3D que se creó originalmente a partir de un modelo 3D estándar se adapta a las medidas tomadas de imágenes de un usuario individual como se muestra en la etapa 25 en la figura 2a. A continuación, ese esqueleto se puede usar para crear un nuevo modelo tridimensional o "clon", que se deforma en comparación con el modelo 3D estándar, donde esas deformaciones reflejan las medidas reales obtenidas de las imágenes del usuario. Como se muestra en figura 9 en este documento, se pueden usar definiciones de referencia para adaptar las medidas obtenidas a partir de los datos de imagen del usuario a partes del esqueleto para crear el modelo corporal deformado.

Debido a que el esqueleto y el modelo que se va a crear a partir del mismo son tridimensionales, la adaptación la debe realizar un sistema de adaptación en dos etapas, en el que se adapta una longitud o anchura y también se adapta un contorno.

La figura 10 muestra un ejemplo de un proceso de adaptación de longitud o anchura. Como se muestra en este documento, la longitud original del esqueleto tridimensional tal como se formó a partir del modelo estándar desde el pie a la cabeza se puede cambiar en función de los datos de medidas reales para el usuario tal como se obtienen a partir de sus imágenes.

La figura 11 muestra un proceso de adaptación de contorno. Durante ese proceso, los vértices corporales para una parte determinada del cuerpo se mueven en una dirección no lineal. El esqueleto que se muestra en la figura 11 no define un centro de contorno, sino que define un "punto bloqueado" de contorno y todos los vértices se mueven de atrás hacia adelante o viceversa, con respecto al punto fijo de bloqueo. Este movimiento de los vértices funciona en el supuesto de que los músculos y la grasa del cuerpo siempre se extiendan principalmente en una dirección y no en una dirección circular uniforme.

El ejemplo particular que se muestra en figura 11 es un corte transversal de una parte del cuerpo, por ejemplo, la cintura o la parte inferior de una pierna. El sistema puede incluir información preprogramada con respecto a la dirección principal para deformar la longitud en una dirección particular que depende de la parte del cuerpo que se está tratando. Por ejemplo, para la cintura, la dirección principal es hacia delante, mientras que para la parte inferior de la pierna es hacia atrás. Por tanto, el sistema puede hacer una selección inteligente para deformar el esqueleto tridimensional estándar a fin de que se parezca más al usuario real en cuestión en función de las limitaciones reales del cuerpo y el esqueleto.

Como se puede entender a partir de la figura 2a, si todas las medidas requeridas son obtenidas a partir de los datos de imagen por el sistema, esas medidas pueden ser suficientes para deformar el esqueleto lo suficiente como para que el modelo resultante sea un modelo preciso del usuario y, por tanto, para que el modelo tridimensional o "clon" pueda ser generado como se muestra en la etapa 27 en figura 2a. Además de generarse el clon a partir del esqueleto deformado, las medidas exactas del cuerpo se pueden obtener del esqueleto deformado para el cuerpo del usuario. Como se aprecia a partir de la descripción anterior, esas medidas exactas obtenidas del modelo deformado serán muy precisas para el usuario dado que los datos de medidas reales del usuario, tal como se obtienen de sus imágenes, se han utilizado para deformar un modelo estándar con el fin de producir el modelo deformado a partir del cual se obtienen esas medidas. Del mismo modo, el modelo tridimensional generado como una imagen visual en la etapa 27 de figura 2a será muy preciso.

Otro método para crear un modelo con medidas

En caso de que no se puedan obtener todas las medidas requeridas a partir de las imágenes del usuario, como se muestra en la etapa 23 en figura 2a, el sistema puede usar la información de calibración externa obtenida previamente para obtener cualquier información adicional requerida.

5 Para hacerlo, y tal como se muestra en la etapa 28 en figura 2a de este documento, el sistema hace uso de la información de calibración externa obtenida previamente para el dispositivo de adquisición de imágenes del usuario con el fin de alinear las imágenes del usuario con un modelo tridimensional estándar. Para hacerlo, el sistema coloca en primer lugar cámaras virtuales en las mismas posiciones que el dispositivo de adquisición de imágenes del usuario con respecto al suelo en cada una de las imágenes proporcionadas por el usuario. Una vez que se han establecido las posiciones de la cámara virtual, se coloca un modelo 3D estándar frente a cada cámara virtual, a la misma distancia a la que el usuario se colocó del dispositivo de adquisición de imágenes reales en la imagen correspondiente y en la misma pose de usuario. Por tanto, la posición del modelo 3D estándar se alinea con el usuario que posa en cada una de sus imágenes, como se muestra en la etapa 29 en figura 2a de este documento.

15 Una vez que se ha completado la alineación 29 del modelo estándar y las imágenes del usuario, con las cámaras virtuales y reales alineadas entre sí, el modelo tridimensional estándar se puede transformar 30 en la forma del cuerpo del usuario.

20 El proceso de transformación del modelo tridimensional a la forma del cliente se puede ejecutar utilizando un algoritmo iterativo. El sistema puede seleccionar un parámetro particular o un conjunto de parámetros para ser modificados. Después de cada modificación de parámetro, o después de un número predeterminado de modificaciones de parámetro, el contorno del modelo 3D en cada cámara virtual se compara con la silueta de la persona en las imágenes reales. Los parámetros pueden variarse hasta que la diferencia entre la silueta virtual y la silueta real descienda por debajo de un umbral mínimo predeterminado. El sistema puede seleccionar qué parámetros variar y en qué proporción, para transformar el modelo tridimensional estándar de la manera que mejor represente al usuario.

25 Para mejorar aún más el proceso de transformación, la variación de parámetro se aplicará por separado al modelo tridimensional estándar en diferentes poses y posiciones respectivas con respecto a las cámaras virtuales, que corresponden a las poses y posiciones en las diferentes imágenes de usuario.

Preferiblemente, la modificación de un parámetro particular para una posición del modelo tendrá el mismo efecto para todas sus posiciones, ya que todas forman parte del mismo modelo 3D.

30 Una vez que se ha creado un modelo tridimensional transformado acordado, las medidas exactas para el usuario se pueden obtener del mismo encontrando la posición de cada medida requerida en el valor transformado y midiendo su valor a partir del mismo. También se puede generar un "clon" visual o el modelo tridimensional del usuario.

35 El conjunto de medidas del cuerpo del usuario obtenidas del modelo 3-d estándar deformado deben coincidir sustancialmente con las medidas calculadas previamente obtenidas de las imágenes del usuario en la etapa 21 de la figura 2a. El sistema puede verificar esto y puede repetir cualquiera de las etapas del proceso descritas anteriormente para alcanzar un nivel aceptable de coincidencia entre los dos conjuntos de medidas.

Una vez que el sistema está satisfecho con las medidas del cuerpo que se han obtenido, el usuario puede comenzar a usar su modelo tridimensional o "clon" para la simulación de prueba virtual de ropa.

40 Como se muestra en la etapa 34 en la figura 2, el usuario en la práctica puede tener que grabar su clon para comenzar a usarlo para el proceso de ajuste de prendas de vestir. Esta es una etapa administrativa y no es esencial para la creación del clon como se describe anteriormente.

#### Accesorios para el modelo 3D único del usuario

45 El usuario debe poder añadir detalles a su clon. Por ejemplo, debe poder elegir entre una opción de peinado para probar que se parezca mucho a su propio cabello o a un cabello que le gustaría probar tal como una peluca. Tales detalles pueden ayudar a generar un modelo tridimensional que, por ejemplo, esté vestido y complementado con ropa y accesorios en capas. El modelo debe poder girar hasta 360°. El sistema debería ser capaz de mostrar el modelo tridimensional del usuario en animación, por ejemplo, caminando y en diferentes lugares o escenas físicas. El sistema también debe poder permitir que el modelo de cada usuario se muestre interactuando con otros modelos 3D animados.

50 El usuario debe poder utilizar el modelo tridimensional exclusivo en redes sociales y en comunidades en línea como su imagen de perfil. El modelo puede comprender animación facial y animación corporal. Opcionalmente, el modelo tridimensional puede ser capaz de hablar y/o interactuar. La voz podría ser proporcionada por el cliente a través de un micrófono utilizando el protocolo de voz por Internet (VOIP). El clon puede convertirse en el representante del cliente en mundos en virtuales.

55 Opcionalmente, el sistema debe poder usar la imagen de la cara del cliente y mapearla sobre el modelo tridimensional para que se parezca al cliente. Adicional o alternativamente, el sistema debe poder analizar las

características y proporciones faciales, el color del cabello, el tono de la piel y/o el peinado para actualizar aún más el modelo y/o para proporcionar una filtración de ropa y consejos de estilo para el usuario.

#### Creación de un modelo de prenda de vestir

5 Convencionalmente en la industria textil, los diseñadores proporcionan suficiente información a partir de la cual se puede cortar la tela y se pueden confeccionar prendas en cualquier fábrica. Por lo general, esto se produce en archivos CAD, de diferentes formatos, pero se puede usar cualquier otro formato de archivo. El sistema descrito aquí permite al diseñador o a otro grupo añadir información adicional a la información estándar proporcionada por los diseñadores en su archivo de diseño para automatizar la creación de prendas tridimensionales virtuales.

10 Además de los datos de geometría para una prenda (las piezas), que se pueden obtener a partir del archivo CAD del diseñador, se requiere información sobre las especificaciones técnicas de la prenda (a las que se hace referencia aquí como metadatos). Los metadatos describen aspectos visuales y características de comportamiento de la prenda, tales como el material de la tela, la textura, el color, el patrón, la elasticidad, la transparencia, etc. Una fotografía del material también se puede usar para crear un mapa de textura de la tela.

15 Como se muestra en la etapa 36 en la figura 2b de este documento, el presente sistema puede definir metadatos para guiar a los diseñadores para introducir datos adicionales referentes a sus prendas para el servicio virtual de simulación de prueba en 3D. Los metadatos proporcionados por los diseñadores se pueden añadir al archivo CAD convencional para una prenda en particular.

20 Además de metadatos, el sistema define referencias de posición para prendas. El objetivo de las referencias es poder orientar las prendas de vestir de la manera correcta e identificar qué bordes coser entre sí para formar una prenda 3D, tal como cuando el corte real de piezas y bordes coincidentes y costuras se realiza normalmente en una fábrica. Las costuras que hay que coser pueden incluir bordes externos, trozos entre los lados posterior y frontal de una prenda, trozos en esquinas tales como hombros, costuras internas u otras de referencias que representan costuras directas en el mismo lado del cuerpo. La figura 12 muestra un ejemplo de papel creado manualmente de las piezas componentes de una prenda, en este caso, una camisa, y las referencias en la misma etiquetadas de acuerdo con diferentes costuras para unir. Por ejemplo, los tipos que comienzan con "T" indican una costura entre la parte posterior de la camisa y la parte delantera de la camisa.

30 La información de referencias para una prenda se puede crear de forma manual o semiautomáticamente en la etapa de diseño o después, e importarla al archivo de la prenda que va a utilizar el presente sistema. Una vez que se han combinado los datos estándar, los metadatos y la información de referencias, un archivo adecuado para la prueba virtual está listo y puede cargarse en la base de datos del servidor, este es el archivo de Belcurves mencionado anteriormente.

35 La información estándar disponible de un diseñador en un archivo CAD describe la geometría de la prenda. Normalmente, el archivo describirá una prenda, aunque en diferentes tamaños. Cuando se solicita una simulación, el sistema puede seleccionar un tamaño particular, por ejemplo, 12 y seleccionar las piezas relevantes de la prenda que, cuando se cosen entre sí, van a componer la prenda completa de tamaño 12 a partir de ese archivo CAD particular. Además, o alternativamente, si hay varias partes simétricas en una prenda, por ejemplo, mangas derecha e izquierda, el sistema puede almacenar una imagen solo de una de esas partes y puede duplicarla posteriormente durante el proceso de prueba virtual. El sistema puede actualizar automáticamente una imagen almacenada de una prenda o parte de una prenda basándose en metadatos y/o información de referencias introducidos. Alternativamente, el sistema puede basarse en una actualización manual de los datos de geometría de la prenda basados en datos de referencias y/o metadatos.

45 El archivo de la prenda (denominado "archivo CAD de Belcurves") generado en la etapa 40 que se muestra en la figura 2b debe incluir una representación geométrica de la prenda en formato tridimensional para cada tamaño de prenda diferente. También se debe incluir información adicional, tal como dónde están situados puntadas, bolsillos, botones, pliegues, puños u otros detalles de diseño, en el mismo archivo o en uno adicional, especialmente si tales detalles no son inmediatamente evidentes a partir de la geometría de la prenda. Además, el archivo de la prenda va a incluir información sobre el color, la textura y el patrón, el grosor y la textura del material y otras propiedades del material, tales como la rigidez y la división porcentual de los materiales utilizados en la prenda.

50 El archivo debe incluir una imagen de la prenda y preferiblemente también un conjunto de imágenes de la tela incluyendo cualquier forro que puede ser de un color o tejido diferente a la parte principal del artículo. También debe incluir una tabla de consulta que muestre las medidas para los tamaños estándar del diseñador (por ejemplo, 10, 12, 14, etc.).

#### Simulación de prueba virtual

55 Una vez que el cliente ha creado un "clon", ahora puede seleccionar una prenda para probar a partir de una lista o conjunto de imágenes de la prenda, por ejemplo, disponible en una tienda online. Antes de proporcionar una visualización de un ajuste de prenda, el presente sistema puede ayudar al usuario filtrando tipos o tamaños de prenda que a primera vista no serían adecuados. Como primera comprobación, el sistema puede comparar las

medidas corporales obtenidas del “clon” único o modelo tridimensional para un usuario con información predeterminada en la tabla de consulta. El sistema usa el “clon” para comparar las medidas reales del cliente con el sistema de tallas del fabricante por prenda. Como resultado de la comparación, cuando el usuario selecciona una prenda (por ejemplo, un vestido negro), el sistema seleccionará automáticamente el primer tamaño bueno para una simulación.

- 5
- Se pueden proporcionar diferentes tamaños de prendas sugeridos dependiendo del tipo particular de prenda que esté buscando un usuario. Por ejemplo, un tamaño puede aplicarse a prendas para la mitad inferior del cuerpo del usuario y otro tamaño puede aplicarse a prendas para la mitad superior. Además, o alternativamente, el tamaño sugerido de la prenda puede diferir entre el estilo de la prenda y/o entre diferentes marcas de prenda. El sistema puede funcionar de modo que, si unas medidas dadas para una prenda la hacen inadecuada para el usuario de acuerdo con las medidas y proporciones de su modelo tridimensional, esa prenda no se usará en una simulación. Por ejemplo, si la longitud del hombro de una prenda determinada es más corta que la medida del hombro del cuerpo del modelo tridimensional, el programa no permitirá que esta prenda se ajuste al modelo. Esto es lo mismo que pedirle a un dependiente un tamaño determinado para llevar al vestuario.
- 10
- Como se muestra en la figura 2c, una vez que el sistema ha seleccionado un tamaño de prenda sugerido para la simulación, puede procesar/buscar los archivos de prendas almacenados y obtener un subconjunto de prendas sugeridas a partir de la selección o selecciones de prendas iniciales del usuario.
- 15

#### Preparación de prendas para simulación

Para comenzar a simular la prueba de una prenda en el modelo tridimensional del usuario, primero se genera una cuadrícula como se muestra en la etapa 45 en figura 2c.

- 20
- El propósito del proceso de generación de cuadrícula es colocar piezas de una prenda alrededor del modelo tridimensional del cuerpo del usuario único. La colocación y el tamaño de las celdas de la cuadrícula reflejan la distribución natural de las regiones corporales del modelo. Para ser más exactos, las celdas de esta cuadrícula se basan en el esqueleto y en las medidas corporales adquiridas en la etapa anterior. Por tanto, el tamaño y la forma de esas celdas variarán de acuerdo con el usuario individual que se modele. Por ejemplo, los nodos correspondientes al tobillo y la rodilla del esqueleto se utilizan para delimitar la longitud de la celda que se va a vincular a la parte inferior de la pierna. La anchura y el contorno de la pantorrilla se usan para crear los tamaños (anchura y profundidad) de la celda. Se puede usar cualquier número adecuado de celdas de cuadrícula, ya que va a depender de la complejidad del esqueleto del cuerpo.
- 25

La prenda se puede colocar aproximadamente alrededor del cuerpo usando la cuadrícula, como se muestra en figura 14, en combinación con la información de referencias previamente determinadas para esa prenda. De acuerdo con una realización, la primera etapa en el proceso de colocación consiste en colocar una primera pieza de la prenda en una celda correspondiente. La celda seleccionada para esta primera pieza dependerá del tipo de prenda y de la división de las celdas de la cuadrícula con respecto al modelo. Una vez que el sistema ha colocado una primera pieza, se pueden añadir otras piezas de acuerdo con las referencias predefinidas. Por ejemplo, si una referencia define un vínculo directo entre dos piezas de una prenda, la pieza adyacente puede colocarse en una celda adyacente a la primera. De manera similar, si una referencia define un vínculo en el lado opuesto del cuerpo, se usa la cara opuesta de la misma celda. Este proceso puede continuar hasta que todas las piezas de la prenda hayan sido asignadas a una celda. Este proceso se puede entender mejor a partir de las figuras 15a a 15c.

- 30
- Para que el proceso de ajuste de ropa sea realista, las prendas deben ser más que simples formas. Por tanto, el sistema recrea mallas superficiales que pueden simular mecánicamente el drapeado y el montaje físico de tela para la prenda. También puede preparar virtualmente los bordes de las piezas de la prenda para coserlos entre sí creando el mismo número de puntos de costura en ambos. Para hacer esto, el sistema define todos los bordes de cada pieza de la prenda, lo que se puede hacer usando las referencias previamente definidas. También puede identificar bordes para coser entre sí y discretizarlos con el mismo número de intervalos.
- 35
- 40
- 45

El proceso de generación de malla para ropa puede necesitar combinar dos bordes que tengan diferentes longitudes respectivas para un intervalo o parte particular de la prenda. Se puede utilizar cualquier proceso de muestreo o interpolación adecuado para unir tales longitudes diferentes para calcular el borde de la prenda. Los nuevos puntos en la prenda, definidos por los bordes unidos, son almacenados por el sistema y se pueden usar para simulaciones futuras del comportamiento de la prenda, como se describe más adelante. De hecho, esos bordes representan las costuras de la prenda, por lo que se aplicará una especificación de material especial en esos puntos de la malla. Finalmente, el proceso para transformar piezas de prenda de mera forma a mallas superficiales utilizará el método de generación de malla conocido por el lector experto y por tanto no se describe más aquí.

- 50
- La figura 16 muestra un ejemplo de una prenda mallada alrededor de un modelo tridimensional. En este ejemplo, un vestido se ha mallado utilizando una triangulación Delaunay y se ha colocado alrededor de un cuerpo.
- 55

Al final de la etapa de mallado de la prenda, las piezas de la prenda deberían estar bien colocadas alrededor del modelo tridimensional del cuerpo del usuario, aunque las prendas todavía incluirán un conjunto de planos. Se ha reconocido aquí que, para comenzar a cerrar la tela para ajustar la prenda al modelo tridimensional, se debe realizar

una predeformación geométrica en las piezas de la prenda. La predeformación geométrica adicional se lleva a cabo antes de que se realice la combinación automática y el drapeado mecánico de la prenda en el cuerpo del clon.

Para realizar este proceso de deformación inicial, el sistema mapea aproximadamente el modelo tridimensional del usuario único como un conjunto de cilindros. Esto se muestra a modo de ejemplo en la figura 17. Tal como se muestra aquí, se puede definir un cilindro independiente para cada uno de: el tronco superior del cuerpo, el tronco inferior del cuerpo, cada pierna, cada brazo y mano y la cabeza del usuario. En la práctica, se puede usar cualquier cantidad de cilindros para este proceso de mapeo.

Una vez que el modelo tridimensional ha sido mapeado de manera aproximada como se muestra en la figura 17, el sistema identifica con qué cilindro debe coincidir cada pieza de la prenda. La información previamente identificada con respecto a la colocación de la prenda, que se muestra como la etapa 46 en figura 2c de este documento, se puede usar como parte de este proceso de identificación. El sistema mapea después las piezas de la prenda de acuerdo con coordenadas de cilindro. La información del eje y el radio de los cilindros del cuerpo se puede usar para transformar las piezas de las prendas en coordenadas cilíndricas y mapear esas coordenadas en los cilindros del cuerpo. Debido a que se realiza una transformación de coordenadas convencionales (xyz) a coordenadas cilíndricas (r, theta, z), las piezas de la prenda se pueden mapear en el cuerpo sin cambiar ninguna medida de longitud. Por tanto, el sistema mantiene la precisión y puede funcionar de manera eficiente para el proceso de ajuste de prenda.

#### Inicialización física de ajuste simulado de prenda

Como se apreciará a partir de las figuras 18a y 18b, una vez que las piezas de la prenda han sido mapeadas en los cilindros que rodean el cuerpo tridimensional, la preparación de la tela está casi completa. Lo que queda es unir las piezas de la prenda. Es importante que no se introduzcan errores en esta etapa. En particular, la prenda debe cerrarse sin introducir un error con respecto a la longitud de la tela, lo que sería de gran importancia para el cliente para la precisión del tamaño. Además, el proceso de combinación debe simular con precisión la costura completa del artículo terminado. Preferiblemente, el sistema realiza la unión de la prenda al lograr una única triangulación que se simulará mecánicamente con un método de elementos finitos triangulares. Como es sabido por el lector experto, esta es una forma común de simular tela calculando su comportamiento al nivel de cada triángulo de su malla.

El proceso de unión se realiza topológicamente. Cuando se tienen que coser piezas de prendas de vestir, se eliminan puntos previamente definidos en los bordes de la prenda y se modifica la estructura de la prenda en esas áreas. Por ejemplo, si se tienen que coser dos bordes etiquetados a y b, los puntos del borde b se pueden mover a distancias medias entre los bordes a y b. Los puntos del borde a se pueden eliminar y la estructura de la prenda se puede actualizar para que todos los triángulos u otras formas definidas dentro de la prenda que previamente incluían puntos en los bordes a estén usando puntos del borde b. Todos los otros bordes se pueden actualizar de manera similar para permitir que se muestren puntos consecutivos. La figura 19 muestra un ejemplo de este proceso para unir partes delantera y trasera de una prenda. Las figuras 20a y 20b muestran otro ejemplo con fotos del antes y el después de un vestido que se está uniendo.

Como se muestra en la etapa 52 en figura 2c, los datos triangulares deformados obtenidos durante el proceso de unión pueden ser guardados por el sistema y utilizados más adelante en el proceso.

Una vez que las piezas de una prenda se han unido como se muestra en las figuras 19 a 20b, la prenda debe interactuar con el "clon" del usuario mediante colisión de una manera precisa y realista. Para calcular mecánicamente la colisión entre dos objetos, se deben mapear en modelos de colisión. A medida que se fija el cuerpo, se puede usar un mapa de distancias o una transformación de distancias, en donde la distancia de todos los puntos del cuerpo desde el origen de la escena tridimensional se calcula y almacena en una tabla de consulta. A menudo, el almacenamiento puede optimizarse, por ejemplo, agrupando entre sí puntos de la misma región. Esto se representa en la figura 21 de este documento. Un mapa de distancias del cuerpo tridimensional como resultado de este proceso. El mapa de distancias no depende de la cantidad de elementos que contenga, ya que puede muestrearse y remuestrearse según lo requiera el sistema.

A medida que las piezas de la prenda se mueven durante la simulación del drapeado, se deben usar otros modelos de colisión para la prenda. La malla de la prenda se puede mapear en modelos de colisión triangulares y/o en puntos. Esto significa que el sistema se verifica en cada repetición de la simulación si un punto o un triángulo de la malla de la prenda se cruza con otros modelos de colisión de otros objetos en la escena. En este caso, el otro objeto es el modelo tridimensional del cuerpo del usuario. El sistema usará el mapa de distancias generado para saber dónde están los puntos del cuerpo y, por tanto, detectar la colisión con la prenda.

Una vez que se ha establecido un mapa de distancias para el "clon" de modelo tridimensional y se han establecido modelos de colisión para la prenda, el sistema puede implementar una simulación de colisión y luego simular el comportamiento real de la prenda en un cuerpo simulando la prenda, haciendo uso, por ejemplo, del método de elementos finitos triangulares. En este método, se realizan cálculos en cada uno de los triángulos de la pluralidad para simular propiedades del material de la prenda, tales como elasticidad, flexión, etc. Además, todos los triángulos tienen una forma inicial y una rigidez para que se puedan deformar, aunque también para intentar converger en su forma inicial.

- Debido a que la prenda se ha definido como un número de partes componentes, y se ha proporcionado información con respecto a la costura de esas partes entre sí, la triangulación funciona bien para la simulación de ajuste de prenda. Las formas iniciales de los triángulos deformados que corresponden a las partes componentes de la prenda que se han almacenado, se usan en el método de elementos finitos en su inicialización para informar al sistema de
- 5 que esos triángulos ya están deformados. El resultado es que esos triángulos se retraerán simulando la costura de la prenda. La figura 22 muestra un ejemplo de una malla triangular de vestido después de la unión.
- Debido a que los datos de la prenda se procesan para que la prenda intente recuperar su forma inicial durante el proceso de unión, aunque al mismo tiempo se vea forzada a encajar alrededor del modelo tridimensional del cuerpo del usuario, se realiza una simulación realista de cómo se ajusta mecánicamente la prenda al usuario.
- 10 Además, debido a que la malla del clon del cuerpo del usuario y la malla de la prenda cerrada se crean en función de medidas del mundo real para la simulación, la malla de la prenda cerrada se puede comparar con la malla del modelo corporal tridimensional. Esto proporciona un segundo método para medir el tamaño correcto de la prenda para el cliente. Por ejemplo, si el número de intersecciones entre las dos mallas es mayor que un nivel predeterminado, esto indica que la prenda es demasiado pequeña. Si la prenda es demasiado pequeña, el sistema
- 15 puede repetir el proceso de ajuste para otro tamaño.
- El cliente no hace nada durante la simulación de ajuste de prenda. En cambio, el sistema puede encontrar el tamaño de prenda correcto con su proceso de comprobación de múltiples niveles. Preferiblemente, cada simulación solo dura unos segundos, por lo que el proceso es eficiente para el cliente. Por ejemplo, el cliente puede buscar colecciones de ropa para encontrar prendas que le gustaría probarse a continuación al mismo tiempo.
- 20 Como siguiente etapa, el sistema puede verificar que la prenda no queda demasiado apretada en ninguna parte del cuerpo. La verificación de “demasiado apretada” es diferente de “demasiado pequeña”. En este caso, el usuario en realidad podría ponerse la prenda, pero quedaría demasiado apretada. El nivel de malla de prenda se puede analizar para evaluar hasta qué punto presiona el cuerpo. Si el sistema calcula una cantidad de presión por encima de un nivel predeterminado, significará que la prenda es demasiado estrecha para el cuerpo. Una vez más, el sistema obtendrá las piezas de una prenda de mayor tamaño.
- 25 Una vez que las mallas de prenda y cuerpo se han comparado entre sí y se ha abordado cualquier problema obvio tal como un tamaño incorrecto, un ajuste incorrecto o un estilo incorrecto teniendo en cuenta otra talla de prenda u otra prenda e ignorando esa prenda para el usuario, el modelo tridimensional del usuario único puede mostrarse visualmente llevando puesta la prenda. Se puede visualizar en cualquier formato, tal como 3D, para WebGL o 2D. Se puede mostrar visualmente en cualquier interfaz adecuada, tal como un teléfono o un ordenador y en cualquier plataforma o entorno que pueda soportar 3D.
- 30 Después de todos los cálculos de simulación, se pueden visualizar múltiples prendas usadas como capas con compresión y montaje realistas. Por ejemplo, una camisa puede mostrarse metida en los pantalones vaqueros, una con un cinturón y así sucesivamente.
- 35 En la práctica, el funcionamiento del sistema descrito en este documento se puede ejecutar y controlar utilizando cualquier hardware o software adecuado. Las instrucciones para controlar el funcionamiento se pueden grabar en un soporte de grabación digital o analógico o en un medio legible por ordenador. El soporte de grabación puede comprender medios de almacenamiento ópticos tales como un disco legible o tal vez en forma de una señal tal como un haz de láser enfocado. También se puede usar un soporte de grabación magnético tal como un disco duro de ordenador para el almacenamiento de instrucciones a fin de controlar el sistema descrito aquí. Alternativamente, puede emplearse almacenamiento en estado sólido o cualquier grabación de señal adecuada.
- 40 Se puede programar un ordenador u otro medio de procesamiento adecuado, por ejemplo, una CPU, para ejecutar instrucciones para poner en marcha el sistema. Los medios de procesamiento también se pueden usar para grabar y/o almacenar datos relacionados con el sistema y su método de funcionamiento.
- 45 Aunque la descripción anterior se refiere a formatos de archivo específicos, se puede usar cualquier formato de archivo adecuado. El sistema puede ejecutarse en línea o fuera de línea. Se puede usar en combinación con cualquier comercio minorista en línea o página web adecuado.
- Aunque aquí se describe el ajuste de prendas en un cuerpo humano, los principios descritos se pueden aplicar a otros tipos de cuerpos, incluidos los animales.
- 50 Aunque la creación de un modelo tridimensional de un cuerpo único, la creación de un modelo tridimensional de una prenda de vestir y la simulación de una prenda que se ajusta a un cuerpo se han descrito aquí en combinación, uno o más de estos procesos se pueden ejecutar de forma independiente de otro u otros, en combinación con cualquier otro proceso adecuado.
- 55 Las medidas del cuerpo y las regiones que se van a utilizar para la simulación de modelado y ajuste de prenda no están limitadas a los ejemplos particulares dados aquí. Se puede crear un modelo tridimensional del cuerpo de un individuo en función de cualquier medida seleccionada de ese cuerpo, tal como se obtiene a partir de imágenes bidimensionales del cuerpo. Las imágenes bidimensionales se pueden capturar utilizando cualquiera de una amplia

gama de equipos de adquisición de imágenes. No es necesario utilizar equipos profesionales de formación de imágenes o escaneo.

5 Por tanto, se proporciona un servicio de creación de modelo y de ajuste virtual fácil de usar. Permite al usuario ver un modelo realista de sí mismo y ajustar prendas en el mismo con el fin de mostrar cómo quedaría la prenda cuando el usuario la llevara en persona. El modelo de prenda usado puede mostrar propiedades físicas reales, tales como caída, textura, ajuste y movimiento del material de la prenda. Por tanto, el usuario puede ajustar con precisión su selección de prendas cuando utiliza un servicio de venta al por menor en línea. Como resultado de ello, el minorista en línea podrá operar de manera más eficiente, experimentar una mayor satisfacción del cliente y requerir menos tiempo y menos recursos para hacer frente a la devolución de productos no satisfactorios.

10

**REIVINDICACIONES**

1. Método para crear un modelo tridimensional de un cuerpo único; comprendiendo dicho método:
  - obtener un modelo tridimensional de un cuerpo estándar;
  - obtener una imagen bidimensional del cuerpo único que se va a modelar;
- 5     determinar una ubicación del cuerpo único en dicha imagen (12);
  - usar los datos de ubicación determinados para obtener una silueta bidimensional del cuerpo único a partir de la imagen bidimensional (13);
  - en el que la etapa de obtener una silueta bidimensional del cuerpo único comprende:
    - detectar un contorno del cuerpo único en la imagen bidimensional;
- 10    calcular las derivadas del contorno; y
  - perfeccionar el contorno detectado usando dichas derivadas de contorno moviendo cada vértice de la silueta aproximada al punto de cruce por cero más cercano; y
  - seleccionar una medida para la cual se debe calcular un valor para el cuerpo único;
  - calcular un valor de dicha medida seleccionada a partir de la silueta bidimensional obtenida;
- 15    usar dicho valor calculado de la medida seleccionada para actualizar una medida correspondiente en el modelo tridimensional de un cuerpo estándar; y
  - generar el modelo tridimensional actualizado de un cuerpo estándar como un modelo tridimensional del cuerpo único.
- 20    2. Método según la reivindicación 1, que comprende repetir dicha etapa de cálculo de valor para una pluralidad de medidas seleccionadas, actualizar además las medidas correspondientes en el modelo tridimensional de un cuerpo estándar; y producir el modelo actualizado adicional como un modelo tridimensional del cuerpo único.
3. Método según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la etapa de obtener una silueta bidimensional del cuerpo único comprende al menos uno de: detectar un fondo en la imagen bidimensional y eliminar una parte de un fondo de la imagen bidimensional.
- 25    4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de obtener una silueta bidimensional del cuerpo único a partir de la imagen bidimensional incluye identificar una anomalía en la silueta obtenida y eliminar dicha anomalía.
5. Método según la reivindicación 4, que comprende además reemplazar la anomalía eliminada por una parte de silueta de reemplazo, calculándose una curvatura de dicha parte de silueta de reemplazo usando una curvatura de al menos una parte adyacente en la silueta.
- 30    6. Método según la reivindicación 4 o la reivindicación 5, que comprende además reemplazar la anomalía eliminada por una parte de silueta de reemplazo, calculándose una curvatura de dicha parte de silueta de reemplazo usando información predeterminada referente a las formas corporales.
7. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el cuerpo único que se va a modelar es un cuerpo humano.
- 35    8. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la imagen bidimensional se obtiene usando cualquiera de: una cámara digital, una cámara web, un teléfono inteligente, un dispositivo electrónico portátil, un dispositivo de captura de imágenes estéreo, un dispositivo de adquisición de profundidad, un telémetro o un dispositivo de rayos X.
- 40    9. Medio de procesamiento programado y que se puede utilizar para ejecutar instrucciones para llevar a cabo el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.
10. Soporte de grabación que tiene instrucciones almacenadas en el mismo para ser ejecutadas por un medio de procesamiento para llevar a cabo el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.
- 45    11. Soporte de grabación según la reivindicación 10, en el que dicho soporte de grabación incluye un medio de almacenamiento óptico, magnético o de estado sólido o una señal legible.
12. Programa informático que incluye instrucciones ejecutables por un medio de procesamiento para llevar a cabo el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

13. Sistema que comprende una memoria y un procesador, en el que el procesador está dispuesto para realizar el método de las reivindicaciones 1 a 8.

14. Medio legible por ordenador que tiene instrucciones ejecutables por ordenador adaptadas para hacer que un sistema informático realice el método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

Figura 1

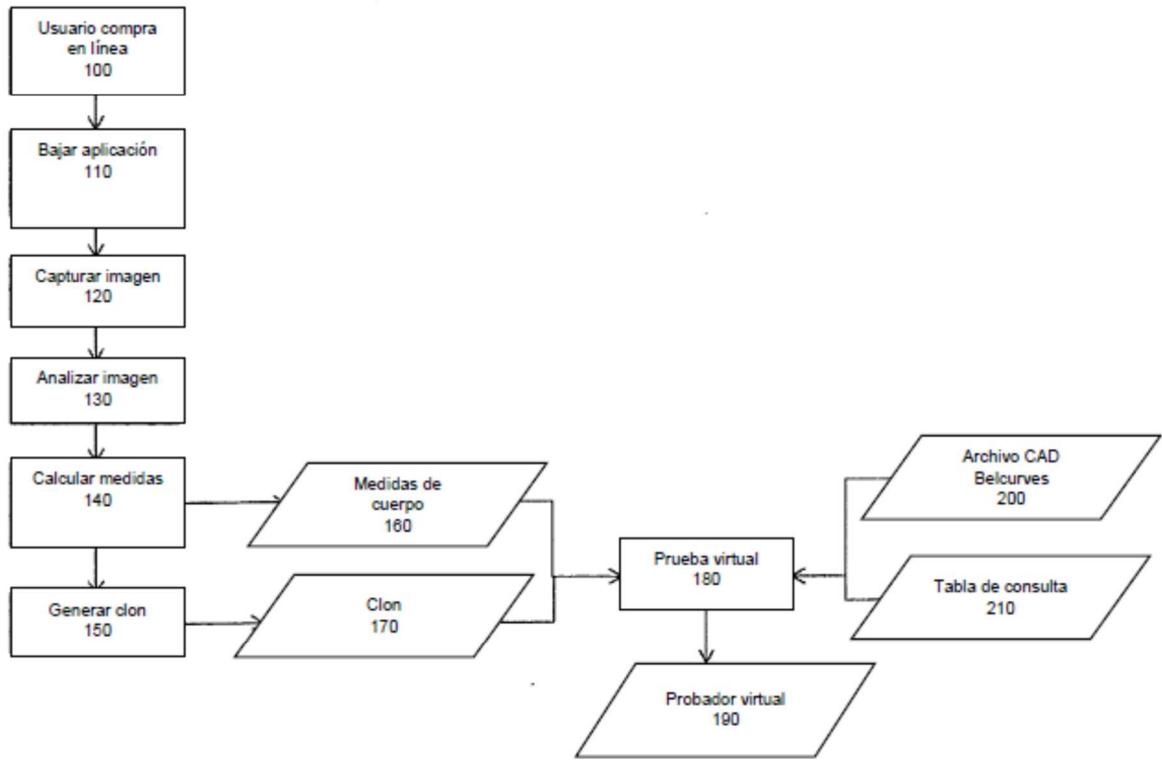


Figura 2a

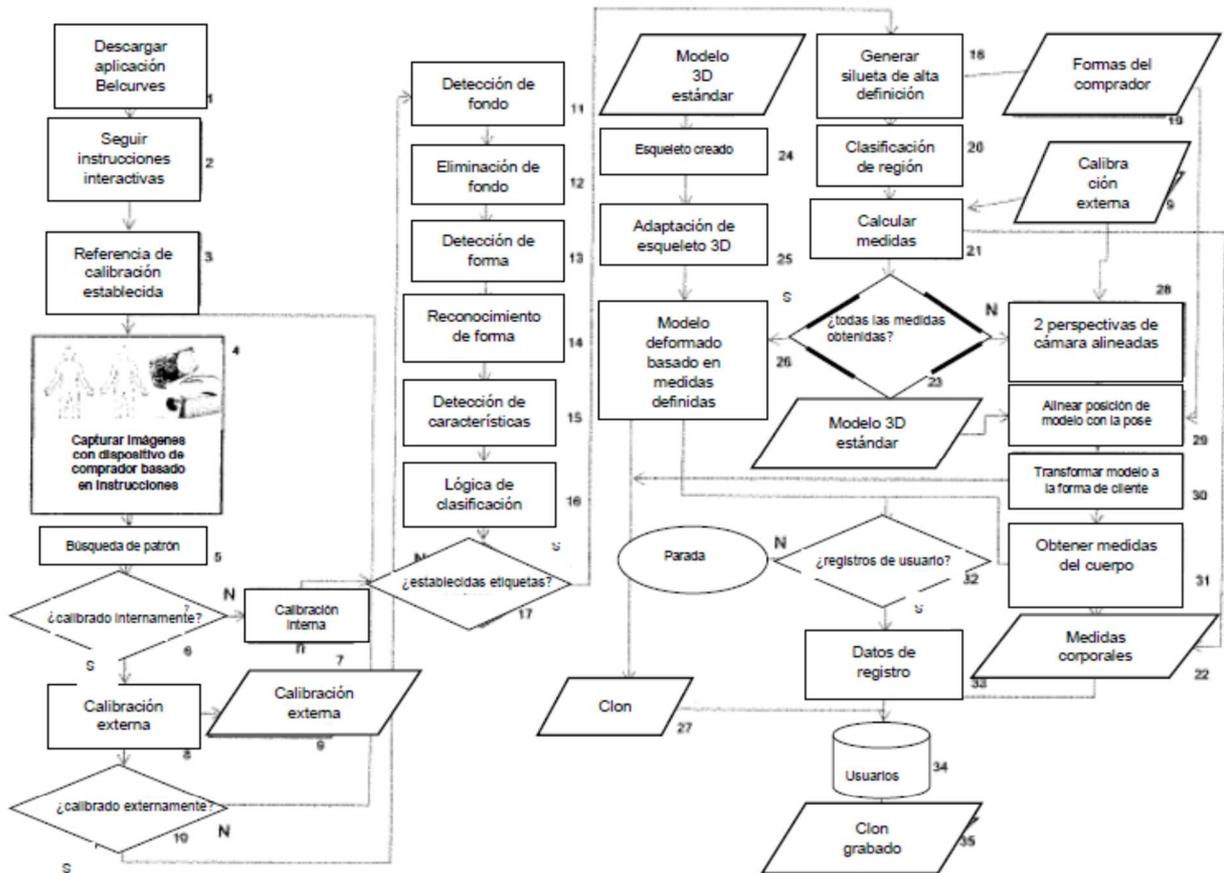


Figura 2b

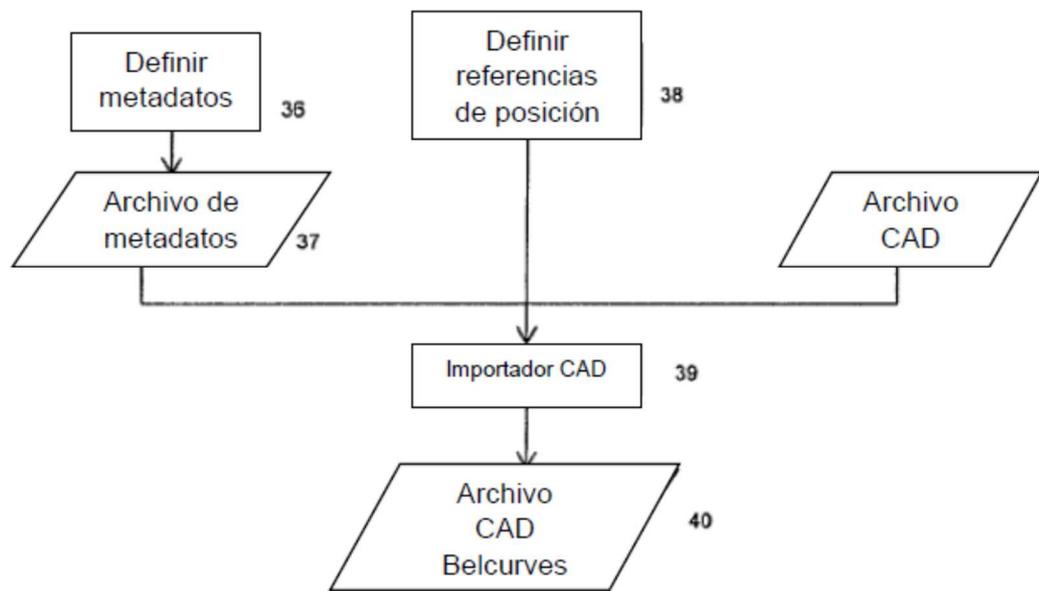


Fig 2c

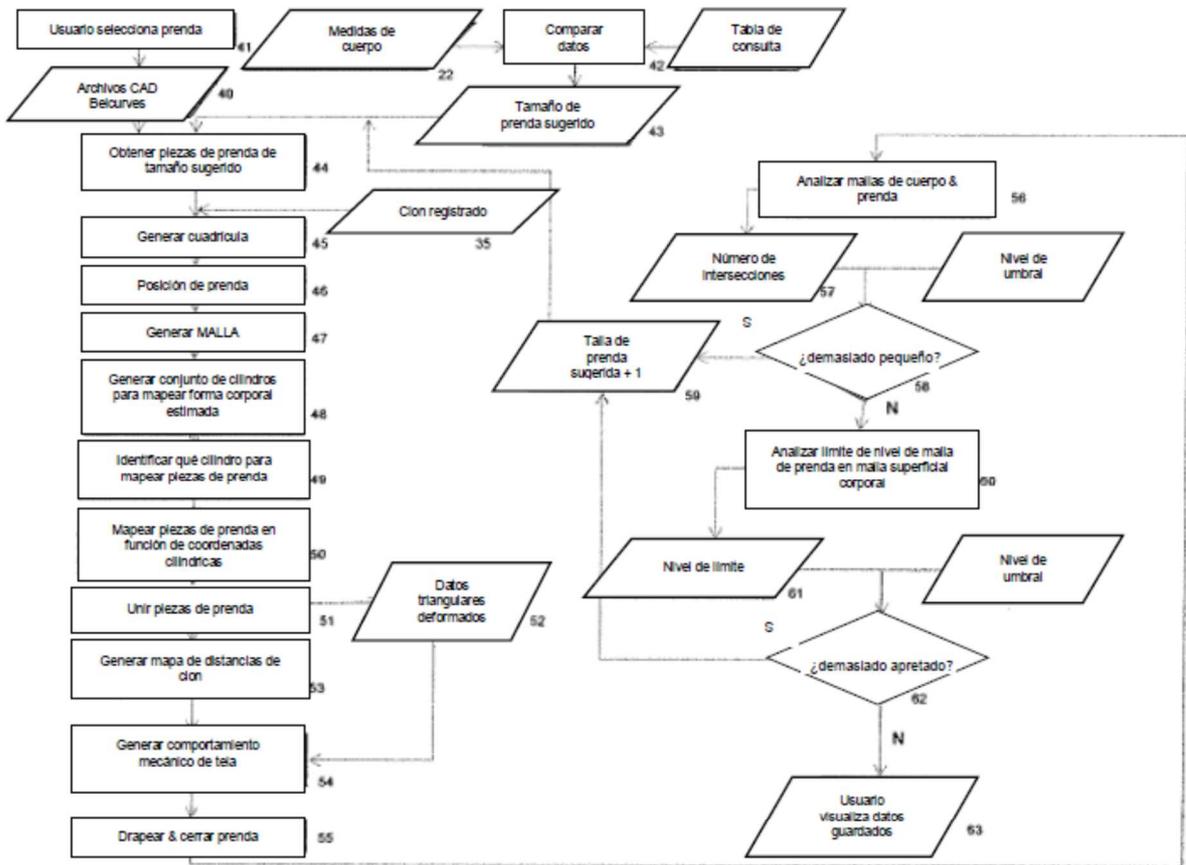


Fig 3

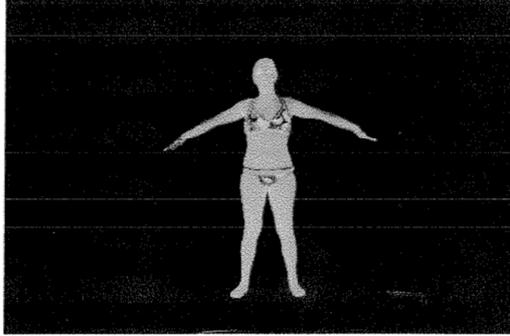


Fig 4

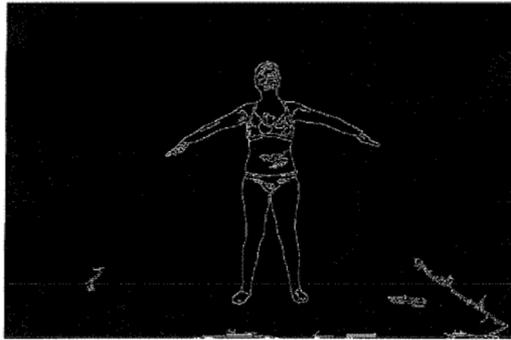


Fig 5



Fig 6

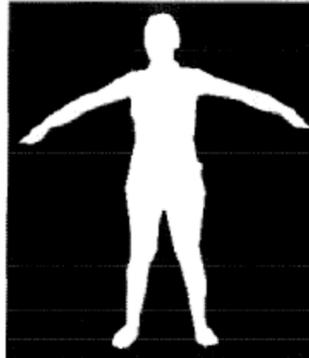


Fig 7

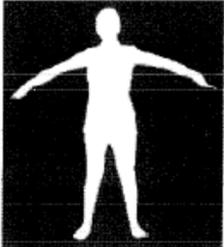
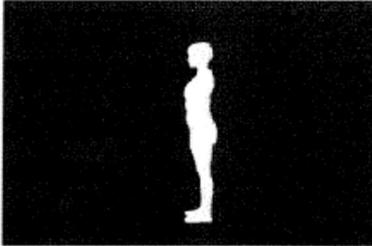
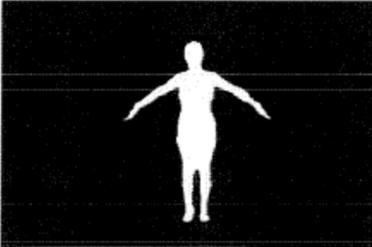
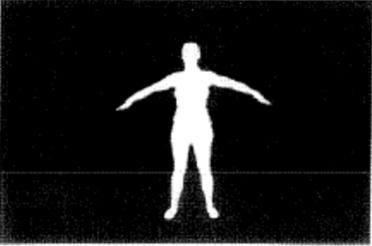
Forma de sujeto		Formas DB	Valor de comparación
	↗		0.9
	→		0.1
	↘		0.001

Fig 8

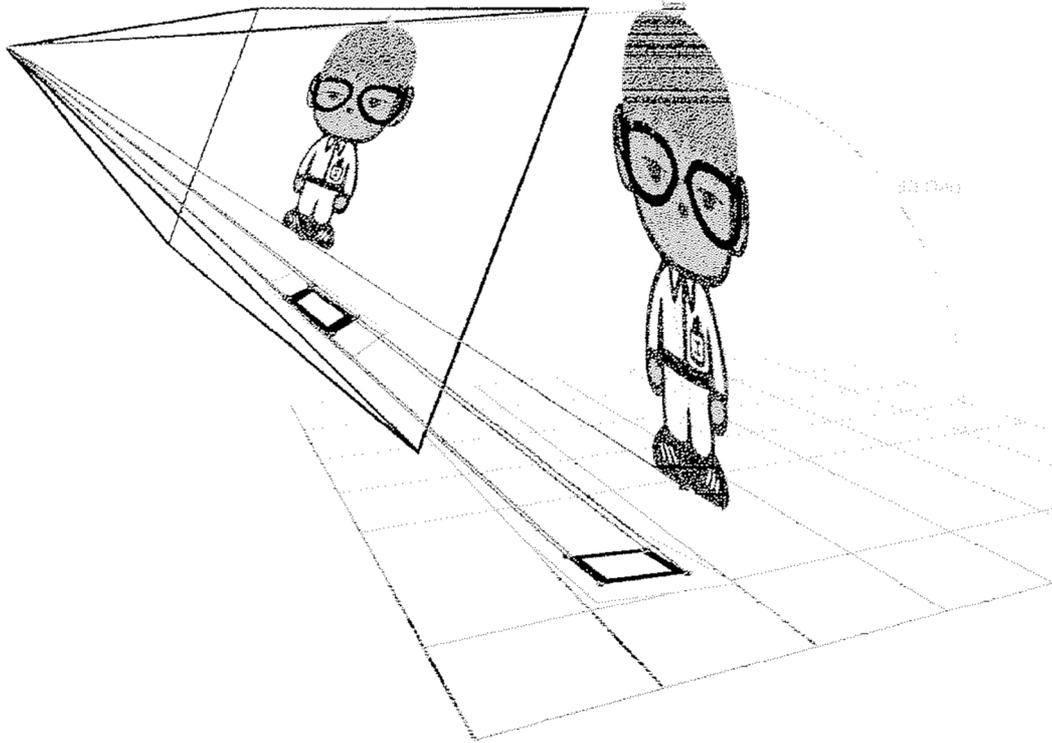


Figura 9

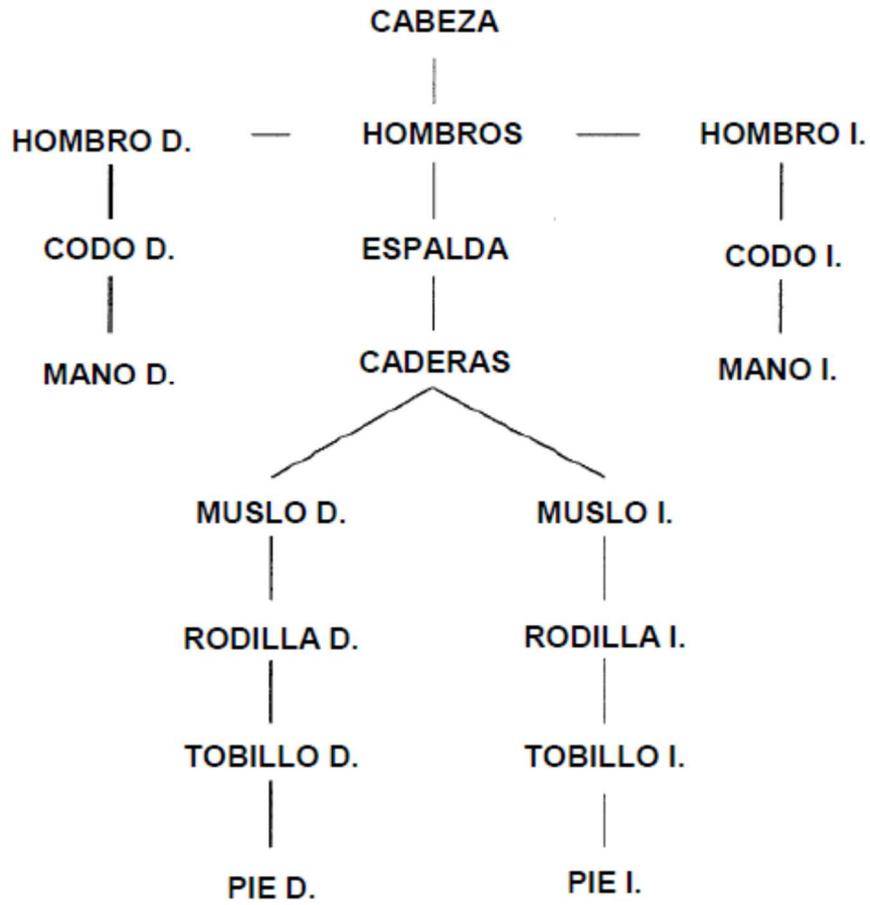


Fig 10

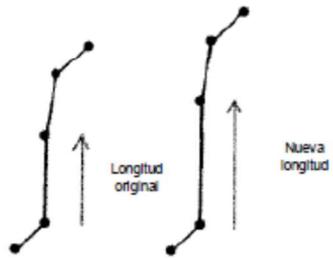


Fig 11

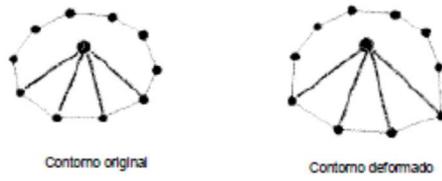


Figura 12

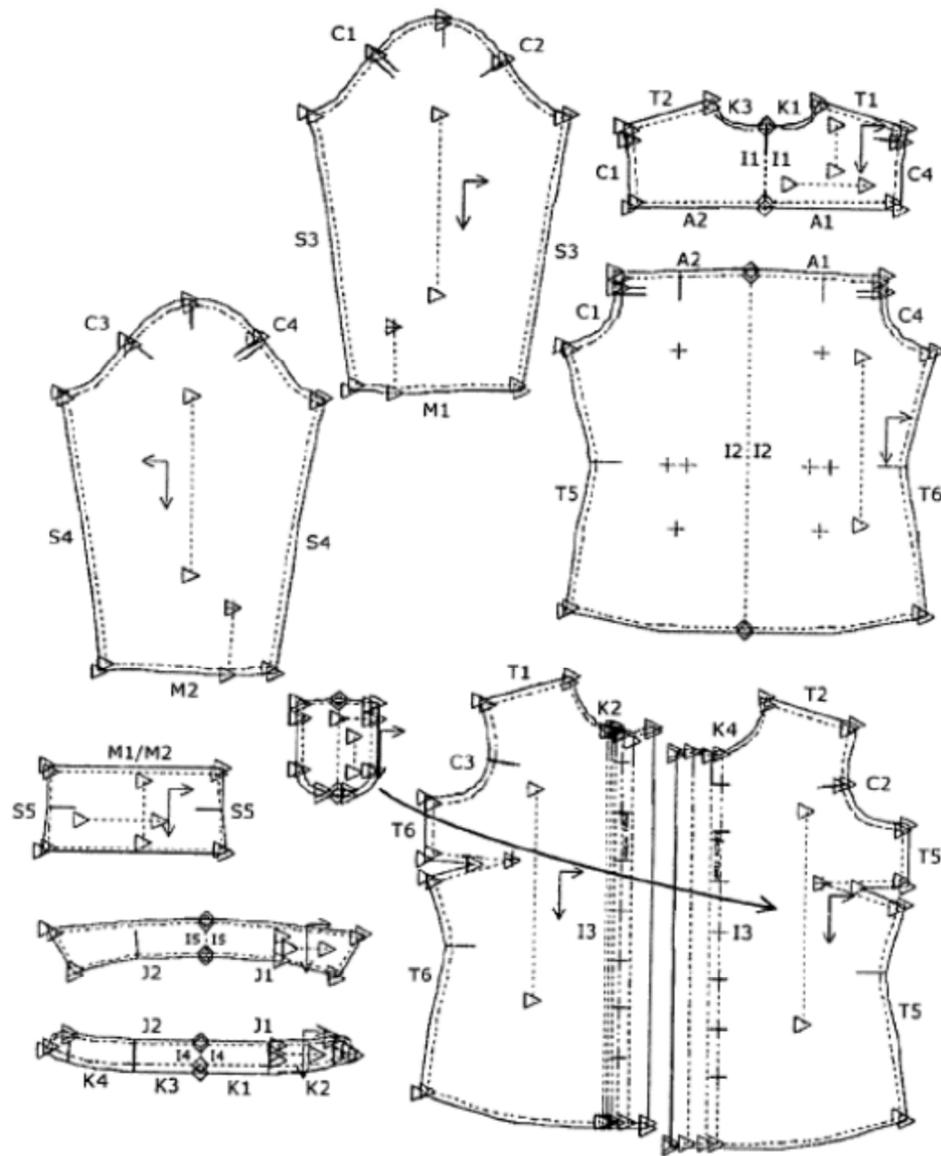


Fig 13

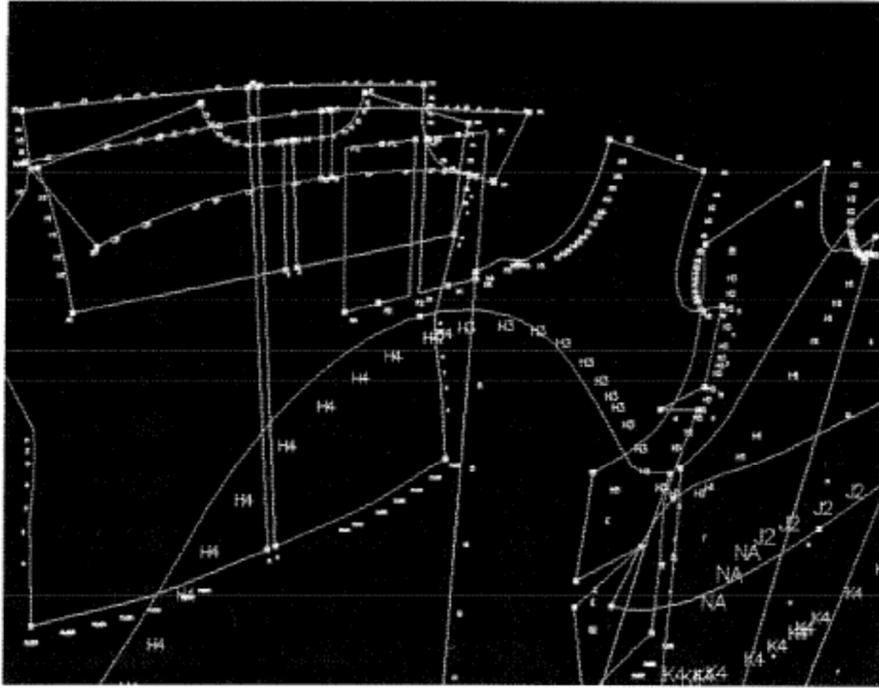


Fig 14

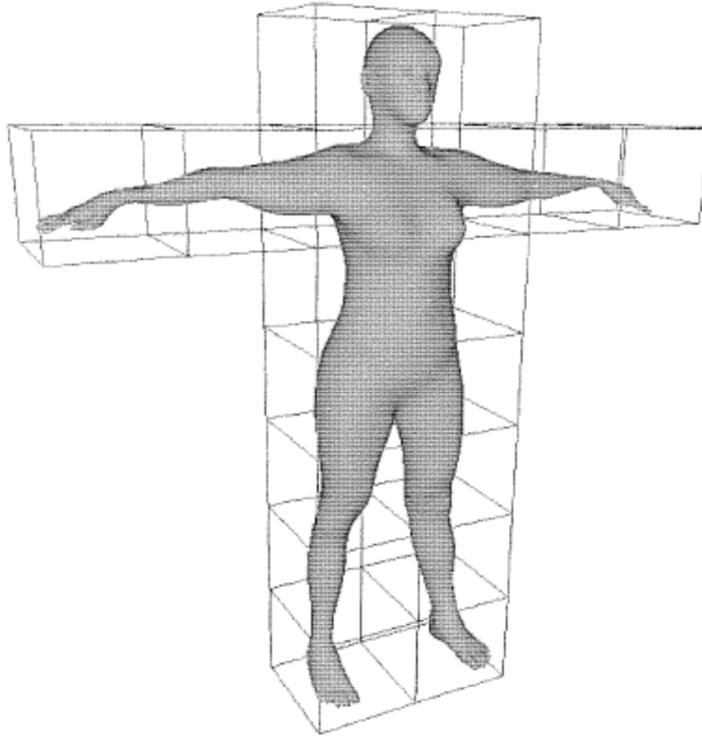


Fig 15a

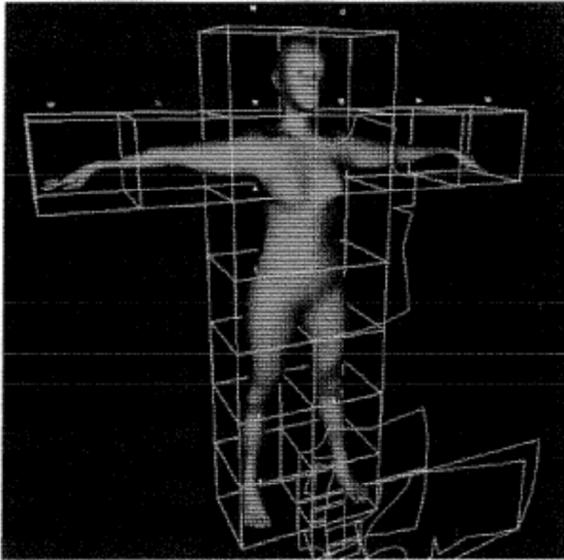


Fig 15b

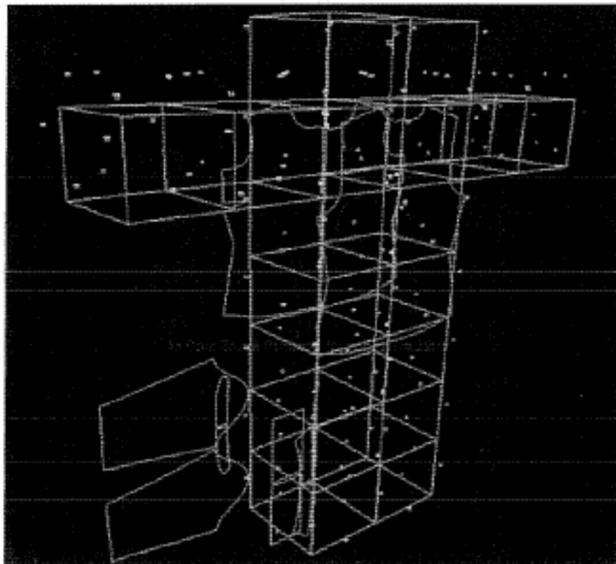


Fig 15c

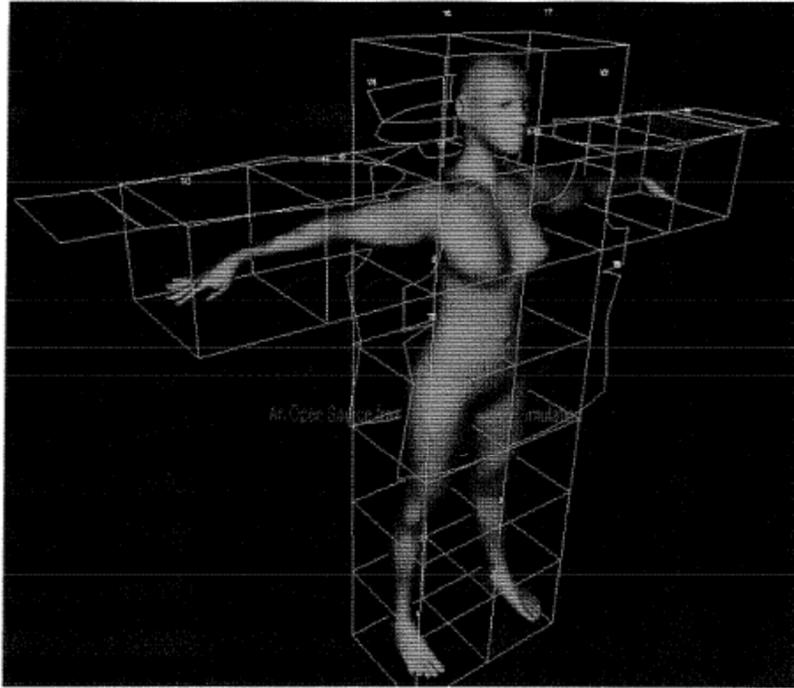


Fig 16

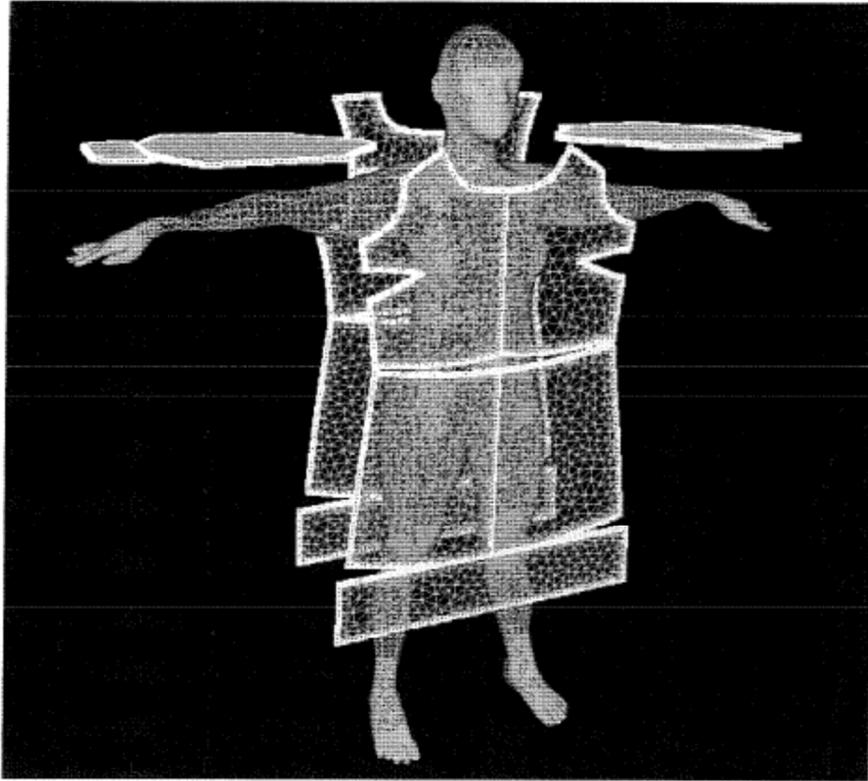


Fig 17

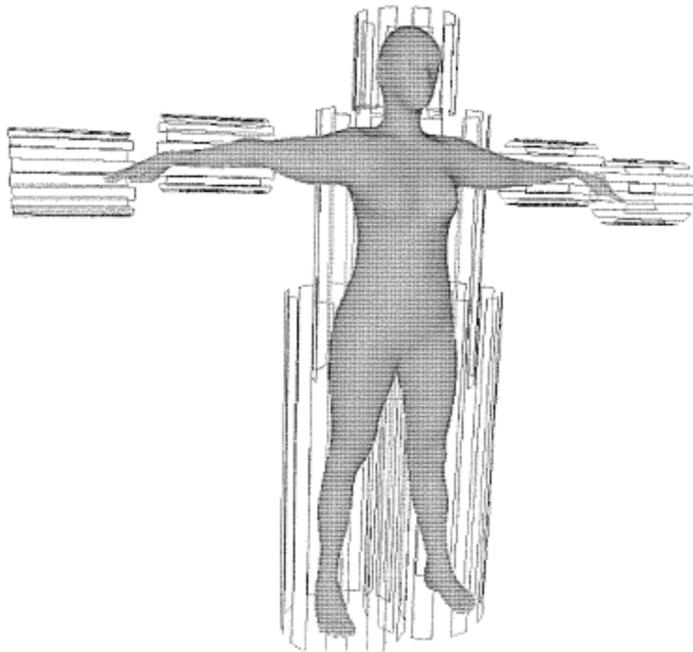


Fig 18a

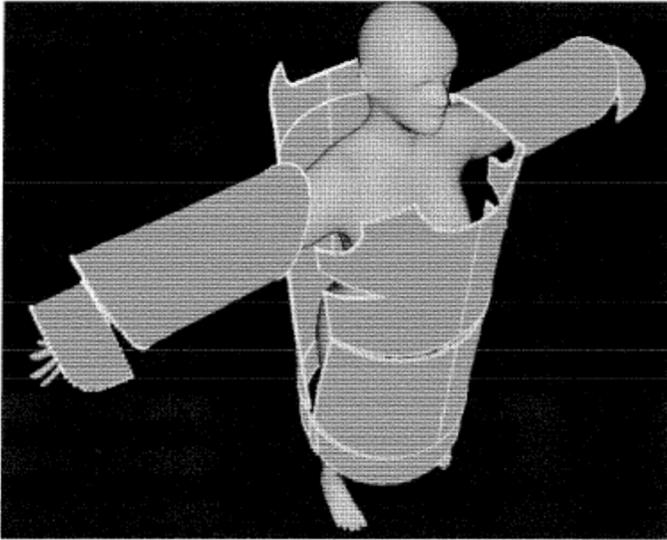


Fig 18b

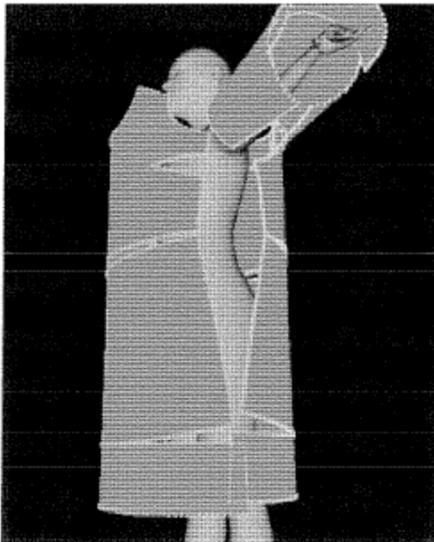


Fig 19

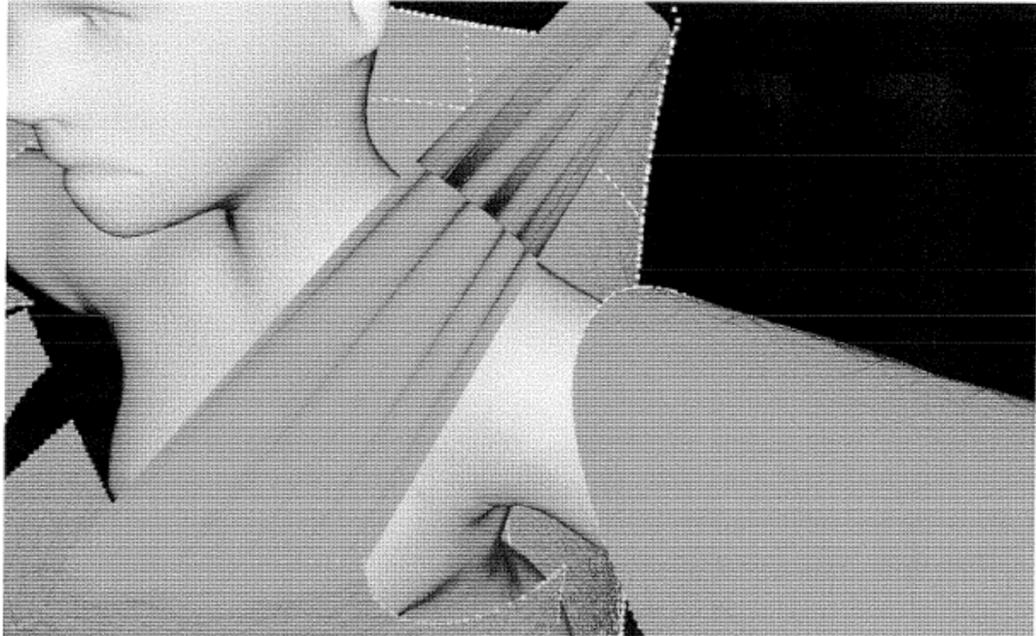


Fig 20a

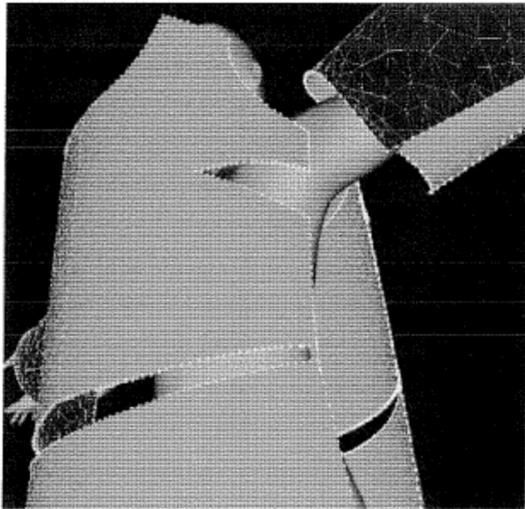


Fig 22

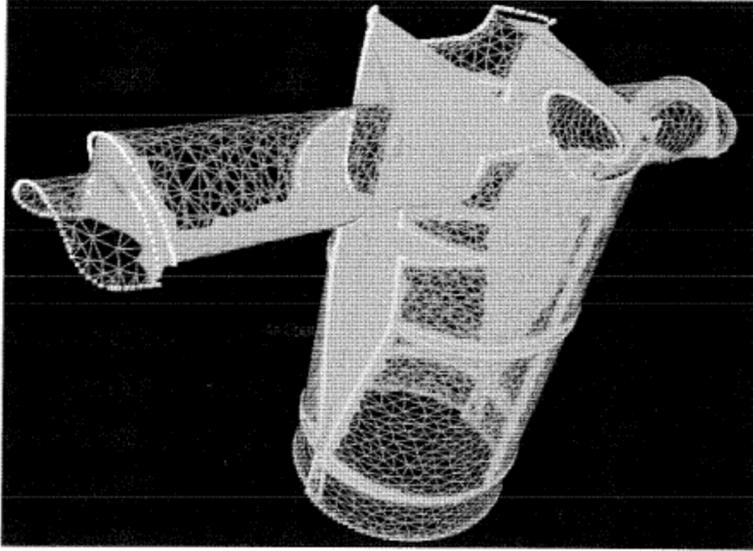


Fig 20b

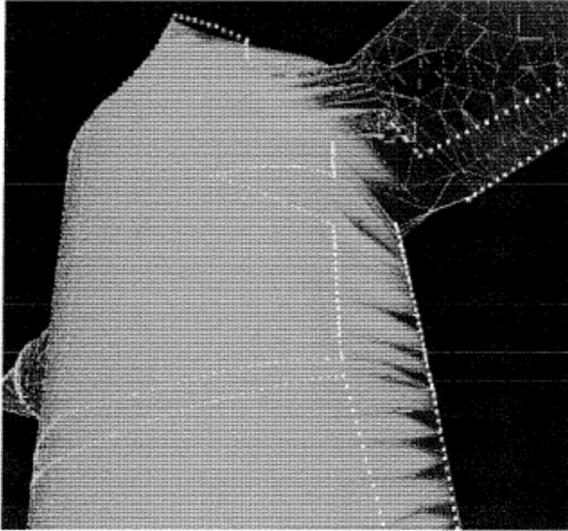


Fig 21

