

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE
GUATEMALA**

Facultad de Ciencias y Humanidades

**Diseño computarizado de patrones para vestuario
hecho a la medida**

Guatemala

2004



**Diseño computarizado de patrones para vestuario
hecho a la medida**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA



Facultad de Ciencias y Humanidades

Diseño computarizado de patrones para vestuario hecho a la medida

Trabajo de investigación presentado por Angélica Gabriela Rocha
Guevara para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería
en Ciencias de la Computación

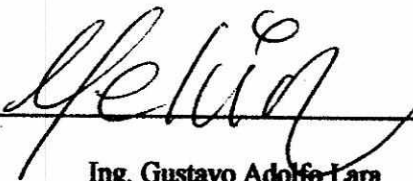
BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Guatemala

2004

VoBo

Asesor:



Ing. Gustavo Adolfo Lara


Examinadores:



Ing. Gustavo Adolfo Lara



Ing. Martha Ligia Naranjo



Ing. Luis Roberto Furlán

Fecha de aprobación: 26 de octubre 2004

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
III. LA INDUSTRIA DEL VESTUARIO Y PERSONALIZACIÓN EN MASA	4
IV. CONSTRUCCIÓN DE PATRONES	15
A. Método para modelar patrones.....	19
B. Método para bosquejar patrones	19
C. Método de supresión de patrones.....	20
D. Método de incremento de patrones	21
V. GRADUADO COMPUTARIZADO DE PATRONES.....	22
VI. SISTEMAS CAD/CAM DE PATRONAJE PARA VESTUARIO.....	26
A. Gerber Garment Technology y Léctra Systèmes	27
B. Sistemas Made-to-Measure (MTM).....	31
VII. DISEÑO Y DESARROLLO DE LA PROPUESTA	38
A. Influencias y consideraciones	38
B. Sobre la construcción de patrones.....	39
C. Descripción general y fundamentos matemáticos.....	40
D. Casos de uso.....	45
E. Diseño de base de datos.....	48
F. Algoritmo importante.....	50
G. Descripción de herramientas utilizadas.....	51
H. Análisis de figuras corporales.....	51
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
IX. CONCLUSIONES.....	57
X. RECOMENDACIONES	58
XI. RECONOCIMIENTOS	59
XII. BIBLIOGRAFÍA.....	60
XIII. APÉNDICES.....	62
XIV. GLOSARIO.....	72
XV. ANEXO: CÓDIGO FUENTE.....	74

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Casos de Uso

Primer caso de uso: Consumidor – Sistema MTM.....	45
Segundo caso de uso: Patronista – Sistema MTM.....	46
Tercer caso de uso: Patronista o Browser – Sistema MTM.....	47

Diagramas

Diagrama 1. Proceso de personalización de Jeans Levi Stauss.....	10
Diagrama 2. Modelo de Personalización en Masa para la industria del vestuario.....	12
Diagrama 3. Diagrama Entidad – Relación de la base de datos.....	49
Diagrama 3. Diagrama Entidad – Relación de la base de datos.....	49

Figuras

Figura 1. Proceso de digitalización y extracción de medidas del sistema [TC] ²	8
Figura 2. Diseño de tela con Adobe Photoshop.....	9
Figura 3. Impresión digital de muestras de tela.....	9
Figura 4. Impresión digital de distintos pañuelos para dama.....	9
Figura 5. Levi Strauss & Co. Original Spin.....	11
Figura 6. Afiche y tienda de Brooks Brothers en Nueva York.....	11
Figura 7. Ejes X y Y.....	15
Figura 8. Posturas del cuerpo humano.....	16
Figura 9. Áreas de control de balance.....	17
Figura 10. Vestido mal balanceado.....	17
Figura 11. Áreas de supresión del vestuario.....	17
Figura 12. Vestido con exceso de supresión.....	17
Figura 13. Figura a cubrir.....	18
Figura 14. Movimientos de graduado.....	22
Figura 15. Posición de puntos de graduado y movimientos.....	23
Figura 16. Tabla de reglas de graduado.....	24
Figura 17. Diferentes posiciones del punto cero.....	24
Figura 18. Logos Léctra Systèmes y Gerber Technology.....	27
Figura 19. Léctra Modaris Prograder.....	28

Figura 20. Léctra Modaris Modplus	29
Figura 21. Léctra Modaris Expert.....	29
Figura 22. Solución AccuMark de Gerber	30
Figura 23. Gerber AccuMark PDS	31
Figura 24. Interfase Accumark MTM de Gerber Technology	32
Figura 25. Cortadoras automáticas Gerber Technology y Léctra Systems.....	32
Figura 26. FitNet de Léctra Systems	33
Figura 27. Definición de localización de alteraciones.....	34
Figura 28. Ejemplo de tabla de reglas de alteración.....	35
Figura 29. Ejemplo de tabla de definición de tallas.....	35
Figura 30. AmericanFit.com : Selección de estilo de prenda de vestir.....	36
Figura 31. AmericanFit.com : Selección de tipo de tallado.....	37
Figura 32. AmericanFit.com : Made To Measure	37
Figura 33. Diferentes tipos de faldas	38
Figura 34. Patrón modelo de falda recta básica.....	41
Figura 35. Patrón MTM de falda recta básica.....	44
Figura 36. Módulos y capas	48
Figura 37. Tipos de figura de un cuerpo	52
Figura 38. Tabla de definición de tallas alteradas	54
Figura 39. Tipos de falda para patrones modelo	56

Tablas

Tabla 1. Tabla de líneas para un patrón modelo.....	41
Tabla 2. Tabla de dependencias para un patrón modelo.....	42
Tabla 3. Tabla de puntos para un patrón modelo	42
Tabla 4. Tabla de puntos para un patrón MTM.....	43
Tabla 5. Tabla de análisis de figuras.....	52

RESUMEN

La industria del vestuario es una de las más cambiantes en el mundo. Los consumidores demandan cada vez más prendas de vestir con un estilo y tallado personalizado. Sin embargo, para lograr satisfacer las crecientes exigencias de los compradores es indispensable la tecnología.

Uno de los mayores problemas que enfrentan los productores de ropa personalizada y uno de los principales retos para la tecnología, es proveer atuendos con las medidas específicas de sus clientes, logrando a su vez, un tallado correcto con los mismos costos y la misma rapidez de producción que las prendas de vestir hechas en serie bajo un esquema de tallas estándares. Para solucionar este problema se han diseñado varios sistemas y construido varias máquinas especializadas. El programa, cuyo diseño es expuesto en este documento, genera patrones para vestuario hecho a la medida, una de las herramientas necesarias para tener éxito en este campo.

I. INTRODUCCIÓN

«En el futuro cercano, desde la comodidad del hogar, será posible seleccionar una prenda de vestir, utilizar la data proporcionada por el digitalizador corporal 3D para probársela a su propio modelo digital, apreciarla desde cualquier ángulo, elegir el tamaño que parezca mejor o mandar a modificar la pieza a sus medidas específicas para un tallado personalizado, luego se sienta a descansar y espera la llegada del atuendo seleccionado.»¹

La industria del vestuario ha cambiado radicalmente en los últimos años. Los sistemas de diseño y manufactura computarizados, **CAD/CAM**², son ahora herramientas necesarias para alcanzar el éxito dentro de este campo donde la globalización y la competencia es cada vez mayor. En la industria de la moda, los sistemas CAD permiten la creación y visualización rápida y eficaz de nuevas prendas de vestir.

Compañías pioneras en el desarrollo de soluciones CAD/CAM, como **Léctra Systèmes**, han utilizado Internet como una herramienta para mejorar sus productos y aumentar sus ventas, presentando soluciones como: **E-Design**, **E-Manufacturing** y **E-Sales**. Internet ha tenido un papel muy importante en la integración de los sistemas CAD; así mismo, ha permitido el despliegue masivo de las bondades que dichos sistemas aportan a la industria del vestido.

El diseño y construcción de patrones es uno de los procesos fundamentales en la industria del vestuario. Este paso resulta crítico para la manufactura de prendas de vestir de alta calidad. Su complejidad se basa en transformar una pieza tridimensional en un conjunto de fragmentos bidimensionales, sin olvidar que la unión de los distintos fragmentos del atuendo será usada por un cuerpo humano con la habilidad de moverse y de estar en posiciones muy diversas. También debe considerarse que la tela es el mayor gasto en la confección del vestuario y, por ello, al momento de cortar este material, un patrón correctamente diseñado juega un papel importante.

¹ Beazley Alison; Terry Bond. 2003. *Computer-aided pattern design & product development*. Oxford UK. Blackwell Publishing Ltd. 220 Págs.

² Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing

Actualmente, los sistemas especializados de digitalización tridimensional del cuerpo humano (e.g. **Symcad Flash 3D**) ofrecen medidas instantáneas 3D del mismo y una conectividad abierta a sistemas CAD. La información puede ser directamente enlazada a un módulo CAD, ya sea manualmente o a través de Internet. Este tipo de facilidades le permiten a los sistemas CAD/CAM ofrecer una solución llamada **MTM** (“made-to-measure”) con la capacidad de generar rápidamente prendas hechas a la medida; de calidad y a bajo costo, permitiéndoles a los fabricantes sobresalir en el creciente mercado de personalización de productos. Ahora el consumidor puede ordenar los atuendos que desea con sus medidas particulares. Este nuevo método de compra le presenta a la industria del vestuario nuevos retos, entre ellos:

- ▶ Proveer las suficientes opciones de personalización a sus productos de manera que los clientes se sientan satisfechos con ellos.
- ▶ Proveer una interfaz eficaz para la toma de preferencias del cliente.
- ▶ Tener la capacidad de producir artículos personalizados rápidamente.
- ▶ Disponer de algún método de almacenamiento para los datos particulares de cada cliente.

«En Guatemala, la industria del vestuario y textiles apuesta a ser el negocio de moda durante los próximos años. Para 2003, las exportaciones superaron los \$1,400 millones de dólares anuales y generó entre 90 mil a 100 mil empleos directos. La Comisión de Vestuario y Textiles, VESTEX, prevé que si se aprovecha bien el TLC con EEUU las exportaciones y empleos se podrían duplicar en 5 años.»³

Presentándose como un negocio con mucho crecimiento, la industria textil en Guatemala (Apéndice: Figura 1), debe seguir la nueva tendencia de manufactura de artículos personalizados. El consumidor actual busca adquirir artículos hechos particularmente para él con el fin de resaltar su individualismo. Es un cambio de paradigma conocido en la industria como **Personalización en Masa**⁴. Los sistemas CAD/CAM orientados a la industria del vestuario continúan evolucionando, aún queda mucho por descubrir y perfeccionar. El nacimiento de nuevas tecnologías le abre la puerta a múltiples aplicaciones que impulsarán el uso de la personalización en masa dentro de nuestra sociedad.

³ Vernick Gudiel (2004, 10 de febrero). Vestuario y textiles, el negocio de moda. *Prensa Libre*. Pág. 20.

⁴ Mass Customization.

II. OBJETIVOS

Presentar algunas de las últimas tendencias tecnológicas dentro de la industria del vestuario, específicamente del campo de personalización en masa.

Brindar conocimiento y entendimiento sobre los principios y técnicas dentro de la construcción de patrones de ropa a aquellos familiarizados con las ciencias de computación pero con falta de experiencia en la industria del vestuario.

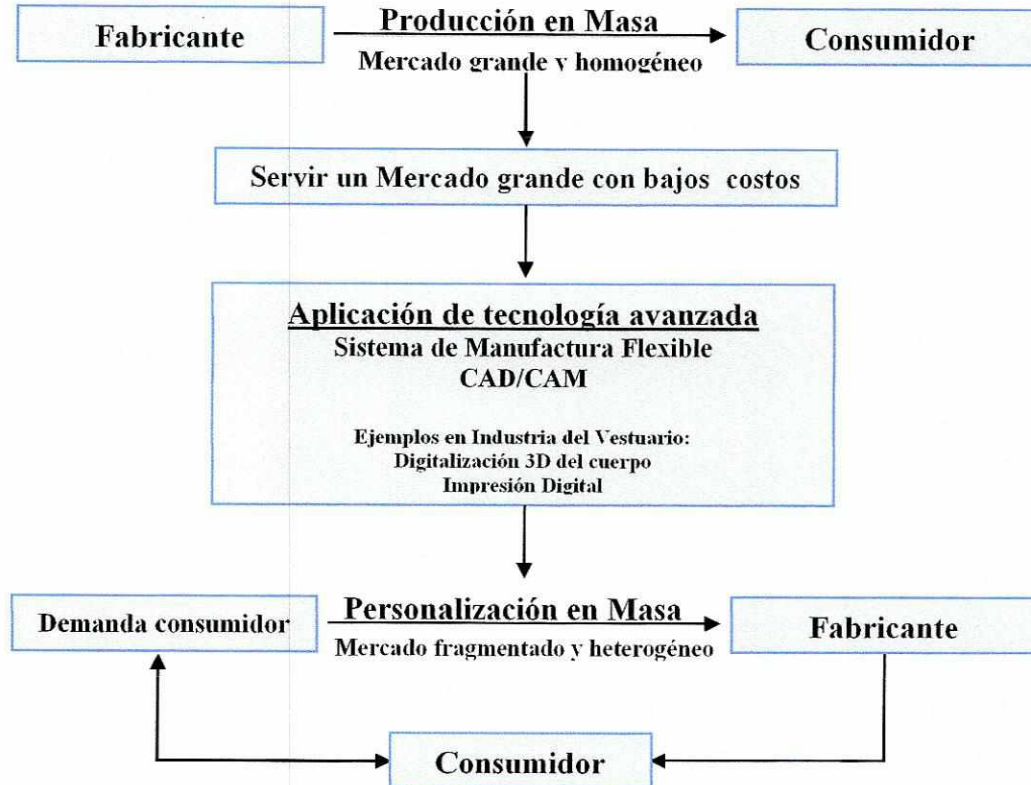
Introducir y analizar la amplia variedad de programas computarizados disponibles a la industria del vestido para el diseño de patrones, tanto aquellos orientados para las grandes industrias como aquellos orientados para las amas de casa o aficionados a la costura.

Presentar una aplicación dedicada a generar patrones para faldas hechas a la medida, con el fin de ejemplificar la diferencia con otras aplicaciones que utilizan un esquema de tallas predeterminado en sus técnicas de construcción de patrones.

III. LA INDUSTRIA DEL VESTUARIO Y PERSONALIZACIÓN EN MASA

Antes de la Revolución Industrial todo tipo de manufactura estaba considerada como un arte. Los productos estaban hechos particularmente para satisfacer las necesidades de un individuo específico. La realización de cada producto era tardada y costosa, y muchos artículos no estaban al alcance de todos. Con la industrialización se hizo posible crear grandes cantidades de productos iguales a un costo mucho menor, dando lugar al paradigma de **Producción en Masa**⁵, cuyo fin era hacer disponible a la mayoría de la población todo tipo de bienes. En la actualidad, gracias a los adelantos tecnológicos es posible la manufactura de artículos personalizados pero a costos de producción en masa. Esta combinación de tecnología y producción toma lo mejor de la era artesanal, cuando a los consumidores se les hacían los productos bajo sus especificaciones individuales, y de la era de producción en masa, cuando todos podían obtener el mismo producto porque era barato. Naciendo el modelo de producción que recibe el nombre de **Personalización en Masa**⁶.

El siguiente diagrama muestra el concepto de la personalización en masa como fue visto por B. Joseph Pine en su libro “Mass Customization” publicado en 1993:



⁵ Mass Production.

⁶ Mass Customization.

Pine afirma que el prerequisite para implementar personalización en masa es la aplicación de tecnología avanzada, como un sistema de manufactura flexible y sistemas CAD/CAM. Él explica que utilizando estas tecnologías en la práctica de personalización de productos, se acortará el ciclo de vida y ciclos de desarrollo de los mismos, permitiendo a los fabricantes responder con rapidez y flexibilidad a las diversas demandas de sus clientes.

La idea tras la personalización en masa es la capacidad de elección. En los últimos quince años la variedad de productos ha aumentado con el único propósito de proveerle al comprador más opciones de elección. Por ejemplo, existe un promedio de 90 sabores de gaseosas, 340 tipos de cereales y 70 estilos de jeans Levis. Hoy en día, las expectativas de servicio al cliente están más altas que nunca. Las personas ya no están dispuestas a esperar en largas colas para que los atiendan. Los consumidores quieren un servicio inmediato y personalizado, así como más variedad. Dentro del mundo del vestuario, es suficiente con mirar alrededor para darse cuenta que nadie usa el mismo atuendo que otra persona, a menos que sea un uniforme de trabajo o colegio. El punto es que realmente no se quiere estar vestido igual a alguien más, se quiere más variedad.

Personalización en masa no quiere decir que todo acerca de un producto pueda ser individualizado. B.J. Pine dijo «variedad por sí sola no es personalización – y puede ser peligrosamente costosa». En varias ocasiones se ha cuestionado ¿cuál sería la combinación óptima de productos personalizados y productos estándares para un vendedor? También, ¿cómo los avances tecnológicos afectan la combinación y los precios? Flexibilidad de manufactura significa ser capaz de reconfigurar los recursos de manufactura para producir diferentes productos eficientemente. La flexibilidad y eficiencia de costos en el pasado han sido considerados objetivos conflictivos. La introducción de flexibilidad a un sistema de manufactura requiere de una alta inversión inicial, es por esto que existe un rango límite de la personalización de un producto. Es importante determinar las características del producto que son consideradas importantes por el consumidor y hacer que solamente éstas sean modificables, tomando en consideración que no se le agregue mucho al precio original del producto.

En un estudio publicado por la ACM en el año 2003, se trató de determinar cuáles eran los factores que influenciaban a los consumidores para comprar artículos en línea. La investigación se enfocaba en el consumidor individual que ingresa sitios Web orientados a negocio-cliente⁷. Una de las preguntas que se planteó fue qué tipo de artículos se compraban más en Internet (Apéndice: Tabla 1). La ropa ocupó el tercer lugar en la encuesta, con un 38.6%. Se espera que en el futuro este porcentaje se eleve a 59.1%. La industria del vestuario es una de las más competitivas. Es por ello, que la integración de productos personalizados dentro de la industria puede proveer ventajas en el mercado. Otros estudios realizados por la KSA⁸ en los Estados Unidos, determinaron que el 36% de los consumidores está dispuesto a pagar 15% más por calzado y vestuario personalizados. Y que esperarían un máximo de tres semanas para su entrega. También estiman, que en los próximos diez años los productos personalizados serán el 20-30% de productos vendidos.

Destacar en el mercado de personalización del vestuario no es una tarea fácil. Se pueden encontrar varias limitaciones al iniciar un negocio de ropa individualizada y comercializada a través de la Web.

Primero, para la mayoría de productores, el elemento más importante en la personalización de una prenda de vestir consiste en que la misma sea tallada para una persona específica. Este movimiento hacia el desarrollo de prendas hechas a la medida (“Made-to-Measure”) requiere de una tecnología subyacente que facilite la adquisición de las medidas del cuerpo humano y extraer las medidas críticas apropiadas para que el patrón pueda ser modificado para el cliente. El tallado correcto de la ropa es por ahora una de las principales preocupaciones.

Segundo, elegir un color o crear un diseño específico de tela para una sola prenda de vestir, todavía representa en la industria textil un reto. La razón principal es que para ello se requiere la producción de una cantidad pequeña de tela individualizada. Esto representa un gran cambio en la forma que la producción textil opera. Típicamente los productores de ropa compran con meses de anticipación la tela que se va a utilizar. También es una

⁷ Business-to-Client (B2C)

⁸ Kurt Salmon Associates

práctica común que exista un mínimo de miles de yardas de tela que se deba comprar para que la misma sea procesada.

Luego, se tiene la necesidad de un sitio Web que ofrezca una experiencia altamente personalizada y provea un buen sistema CRM⁹ para que el proceso sea un éxito. No es lo mismo proveer únicamente un producto personalizado que incluir además un proceso personalizado en donde el vendedor anticipe las necesidades de los clientes.

Finalmente, en muchas ocasiones, el consumidor le da mucha importancia a la marca de la ropa que usa, se les llama personas que visten para impresionar. Los productos personalizados sólo tienen sentido cuando los principales motivadores son la conveniencia y comodidad. Empresas de ropa individualizada con marcas poco conocidas muchas veces no pueden competir contra las marcas famosas. Varios compradores aún elijen marca sobre conveniencia y comodidad.

Con ayuda de la tecnología y algunos factores exteriores las dificultades mencionadas anteriormente han ido disminuyendo y hasta se han encontrado ciertas ventajas para quienes desean adoptar la personalización para diferenciar sus productos.

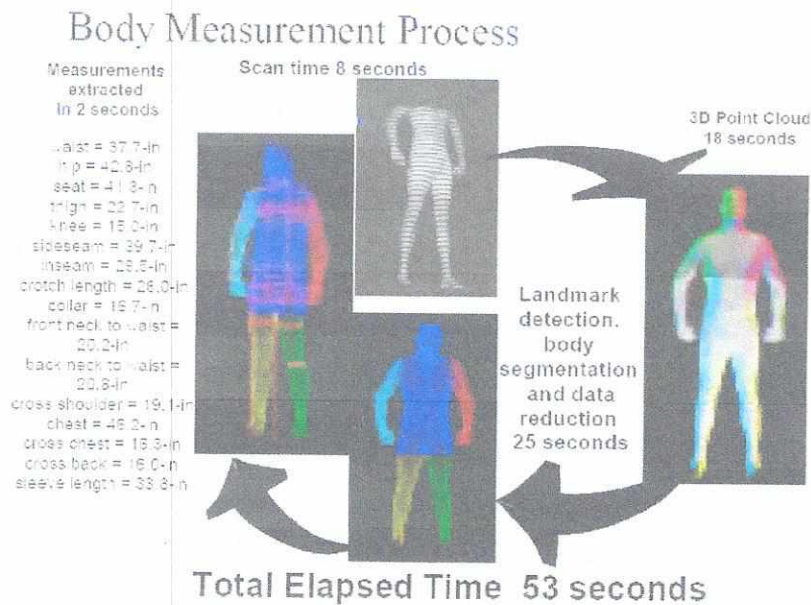
Una de las ventajas de los países en vías de desarrollo es el crecimiento poblacional. Éste es mayor en los países en vías de desarrollo (Apéndice: Figura 2), es más, se espera que el noventa por ciento de crecimiento poblacional sea en estos países. ¿Por qué es esto una ventaja? Las industrias del vestuario dependen mucho de la mano de obra. Durante los últimos veinte años en Estados Unidos los empleos dentro del área textil han disminuido de 1.4 millones de trabajadores a 800,000 trabajadores. Se espera que el número siga disminuyendo, debido principalmente a la alta competencia de empleos que los países en vías de desarrollo ofrecen.

La tecnología seleccionada para facilitar la obtención de las medidas necesarias para la elaboración de una prenda es la digitalización corporal. A través de este proceso se captura una imagen electrónica tridimensional del cuerpo humano. Medidas críticas son

⁹ Customer Relationship Management, ver Glosario.

luego extraídas de la imagen digital y transferidas a un sistema de alteración de patrones. En Octubre de 1998, la Corporación Tecnológica de Textiles y Vestuario [TC]² introdujo su primera versión comercial de un sistema digitalizador corporal 3D. El tiempo total del ciclo para la toma de las medidas era de aproximadamente 53 segundos y utiliza una tecnología basada en la medida de las fases de la luz blanca. Otro sistema popular es el **SYMCAD Turbo Flash/3D**, desarrollado inicialmente para uso militar, fue utilizado ampliamente en Francia e Inglaterra con el fin de mejorar el tallado de los uniformes.

Figura 1. Proceso de digitalización y extracción de medidas del sistema [TC]²



El cambio de tecnologías análogas a digitales también está impactando en la forma que se procesa la impresión de la tela. La impresión digital trata de resolver el problema de generar pequeñas cantidades de tela con un color o diseño determinado. La tecnología digital más prometedora de impresión de tela en la industria del vestuario es “Ink Jet Printing”. Esto se debe a que es una tecnología de impresión sin contacto y es menos sensible a las variaciones en el sustrato. Uno de los retos más grandes será la capacidad de imprimir una imagen en su respectivo patrón después que los marcadores¹⁰ han sido producidos.

¹⁰ Marcadores, Ver Glosario.

Figura 2. Diseño de tela con Adobe Photoshop

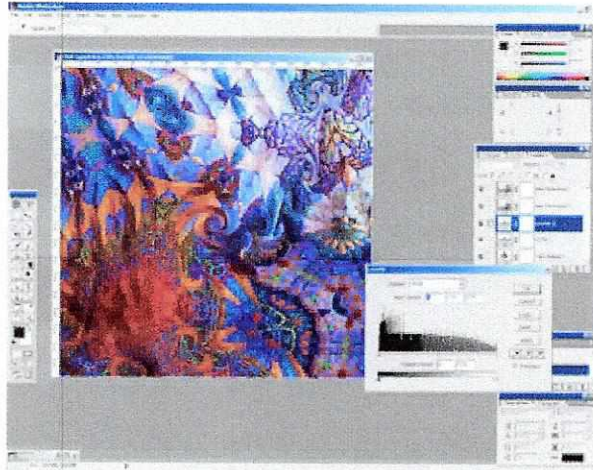


Figura 3. Impresión digital de muestras de tela

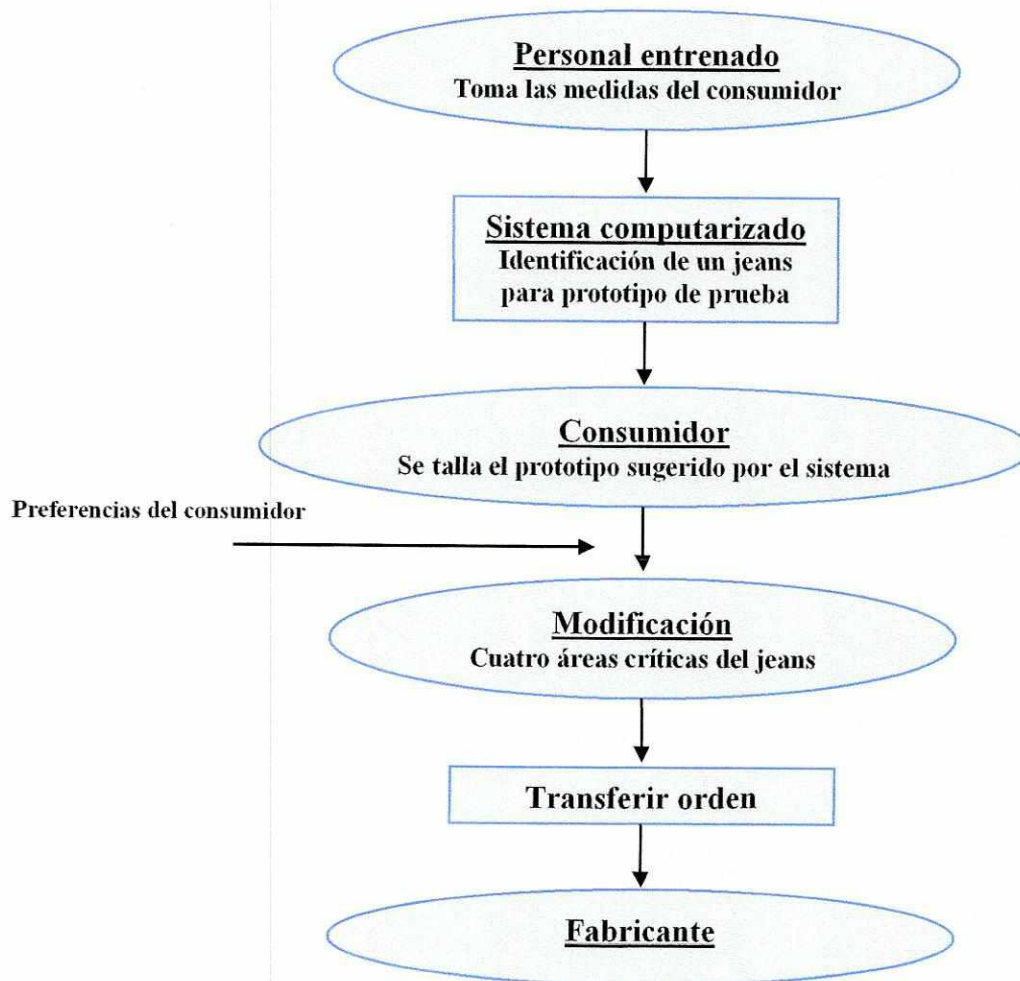


Figura 4. Impresión digital de distintos pañuelos para dama



Existen varias representaciones de la aplicación de técnicas de personalización en masa dentro de la industria del vestuario. La primera de ellas fue la de **Levi Strauss & Co.**, quien en 56 de sus tiendas alrededor de Estados Unidos y Canadá, hace posible la adquisición de jeans con tallado personalizado bajo el nombre de “Original Spin”. El proceso completo se puede apreciar en el siguiente diagrama:

Diagrama 1. Proceso de personalización de Jeans Levi Stauss



En la tienda, personal entrenado de ventas le toma cuatro medidas iniciales al cliente: contorno de cintura, contorno de cadera, tiro delantero¹¹ y largo interior de pierna. Estas medidas son ingresadas al sistema computarizado. Quien luego sugiere una pieza como prototipo de prueba. El consumidor se talla el prototipo y se anotan las modificaciones que quiere hacer en cualquiera de las cuatro áreas medidas. Por lo regular se necesitan de dos a

¹¹ Tiro Delantero, Ver Glosario

tres prototipos para lograr el talle perfecto. Al terminar de ingresar las alteraciones, la orden es enviada a través de la red a Levi Strauss situado en Mountain City, Tennessee. Lugar donde será manufacturada la prenda. El costo total del proceso es de \$65 por pantalón, aproximadamente \$15 más caro que un pantalón sin personalizar.

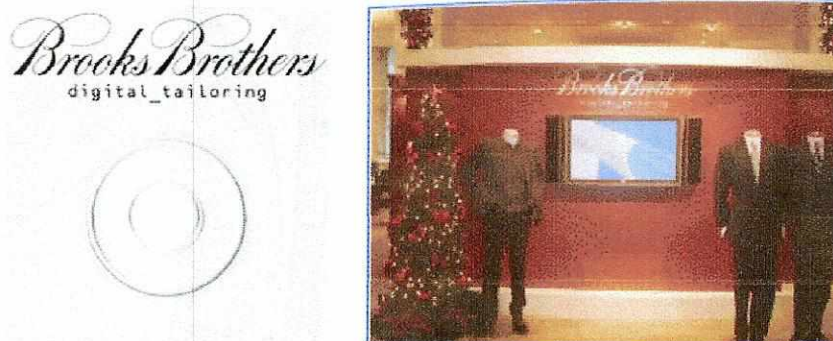
Figura 5. Levi Strauss & Co. Original Spin



Recientemente, Levi Strauss & Co. adquirió un número pequeño de digitalizadores corporales de [TC]² para sus tiendas más grandes. Entre ellas está la de San Francisco, California donde el consumidor puede experimentar un proceso completamente personalizado.

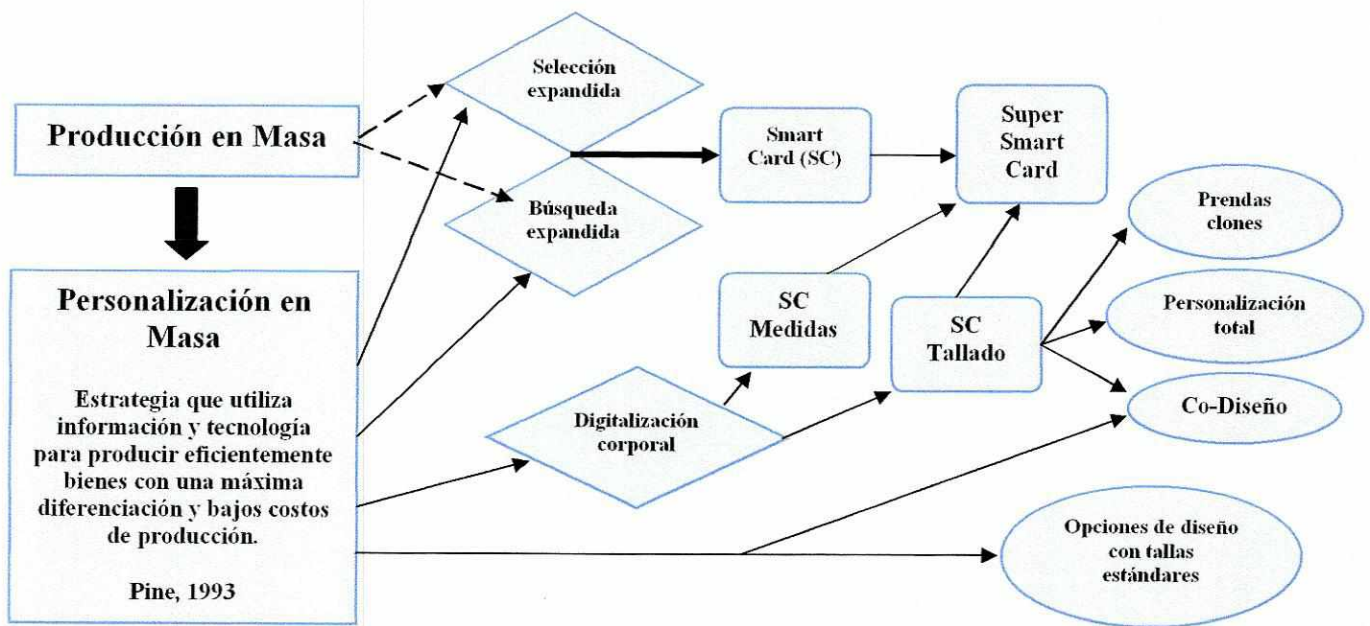
La tienda **Brooks Brothers**, muy conocida por su alta calidad en el vestuario dentro de Estados Unidos le ha proporcionado trajes de vestir a hombres desde 1818. Personajes destacados de la historia como Abraham Lincoln, Cary Grant y Sir Paul McCartney han elegido su ropa. Con el fin de atraer a una clientela más joven y moderna, Brooks Brothers decidió incluir dentro de su estrategia de ventas la aplicación de alta tecnología. Disponiendo de digitalizadores corporales y sistemas CAD/CAM avanzados ha podido crear un proceso de personalización de vestuario de lujo para aquellos que están dispuestos a pagarlo.

Figura 6. Afiche y tienda de Brooks Brothers en Nueva York



Anderson et al. (1997) crearon un modelo de personalización en masa para la industria del vestuario (siguiente gráfica). El modelo identifica al consumidor como la nueva fuerza motivadora del mercado y la tecnología como el factor determinante. Los términos de selección y búsqueda expandida del modelo, son funciones que emergen tanto del proceso evolutivo de producción en masa como el de personalización en masa. La **selección expandida** le abre las puertas al consumidor para un acceso más amplio con productores y vendedores; consiste en proveerle medios directos al cliente para que sea capaz de observar la línea completa de productos (no sólo aquellos que están disponibles en su localidad). **Búsqueda expandida** se refiere a la utilización de técnicas avanzadas de búsqueda. Técnicas que permitan al comprador encontrar los artículos de vestir que busca entre varios fabricantes o marcas. La capacidad de capturar y manejar información en un formato digital conocido como “tarjeta inteligente”¹², ayudará a la evolución del mercadeo uno-a-uno y a la personalización de productos. Las tarjetas inteligentes pueden ser un excelente medio para almacenar preferencias de color, tela y estilo; historial de compras anteriores, las medidas corporales tomadas por un digitalizador 3D y preferencias de tallado de cierta prendas de vestir. Una tarjeta “súper inteligente”¹³ será aquella que logre recolectar toda la información mencionada anteriormente.

Diagrama 2. Modelo de Personalización en Masa para la Industria del Vestuario



¹² Smart Card, ver Glosario.

¹³ Super Smart Card, ver Glosario.

Dentro del modelo, basándose en investigaciones de consumo y considerando la cambiante tecnología, se incluyeron dentro del desarrollo de manufactura de ropa personalizada cuatro opciones:

- ▶ Opciones de diseño (con tallas estándares): Con la ayuda de sistemas CAD e impresión digital, el comprador tendrá la posibilidad de modificar detalles de estilo, color y tipo de tela de las piezas. Representa el primer paso hacia la personalización de productos.
- ▶ Co-Diseño: Ofrece el mismo o mayor rango de elecciones que “Opciones de Diseño” con la adición de un tallado individual (MTM) y soporte de un administrador de diseño. En otras palabras, el consumidor se convierte en el diseñador de un número limitado de características de su vestuario y a la vez recibe ayuda de profesionales para guiarlo en el proceso.
- ▶ Personalización total: El consumidor interactúa a través de un medio digital con los fabricantes o vendedores para satisfacer sus necesidades individuales. No hay limitaciones de diseño.
- ▶ Prendas clones: El cliente busca repetir una compra exitosa con otra prenda idéntica o pequeñas variaciones de color y tela.

Por último, se mencionan los pasos básicos hacia el desarrollo de vestuario hecho a la medida (MTM):

- ▶ **Digitalización del cuerpo:** Facilitará la obtención de medidas exactas para la construcción de prendas hechas a la medida. Tanto el método que se utilice para adquirir las medidas como su forma de almacenarlas tendrán un papel significativo en el futuro de la ropa MTM. El éxito de esta rama de la industria gira en torno a la capacidad de crear un tallado perfecto no importando particularidades del cuerpo del consumidor.
- ▶ **Corte sencillo¹⁴:** Por lo general, las piezas personalizadas se cortan una a la vez. Un problema es, que esta manera de cortar la tela es mucho más costosa que un sistema de corte general. Se deben perfeccionar las técnicas de corte

¹⁴ Single-ply Cutting

para que sean adecuadas a la personalización en masa. Muchos sistemas industriales se han dedicado a perfeccionar el aprovechamiento de la tela y han logrado notables mejoras. Sin embargo, en el campo de personalización se debe considerar que todas las piezas son distintas y deben ser identificables.

- ▶ **Sistemas CAD:** En la actualidad se está tratando de definir un estándar dentro de los sistemas CAD para eliminar el problema de incompatibilidad que existe entre las soluciones de diseño computarizado que ofrecen distintas empresas y que inhiben la proliferación de la personalización del vestuario. Muchos sistemas CAD industriales como **Gerber** y **Léctra** ya ofrecen soluciones MTM como módulos adicionales. También han surgido variedad de productos para uso particular que facilitan la creación de prendas hechas a la medida, los más populares pertenecen a la empresa **Wild Ginger**.
- ▶ **Diseño de patrones:** Dado que los patrones deben ser modificados para clientes individuales, el medio por el cual el patrón es alterado es un tema de preocupación. Entre mejor sea el diseño y graduado computarizado del patrón, mejor será el tallado final.
- ▶ **Evolución de la Web:** El impacto del Internet también afectó a la industria textil de artículos MTM. El consumidor ahora puede comprar su ropa personalizada a través de la Web. Nace el término “Cyber Couture”, páginas electrónicas de empresas especializadas en la manufactura de piezas personalizadas empiezan a surgir, tales como **LandsEnd.com**, **BlackFrok.com** y **Americanfit.com**. Estos sitios Web almacenan las medidas de sus clientes, con las cuales generan rápida y dinámicamente los patrones de la prenda que el usuario ha seleccionado. Otra empresa llamada **IC3D.com** que se especializa en jeans, utiliza tecnología relacionada con el campo de inteligencia artificial llamada **GENN**¹⁵ para generar sus patrones MTM en aproximadamente un minuto.

¹⁵ Genetic Engineered Neural Network

IV. CONSTRUCCIÓN DE PATRONES

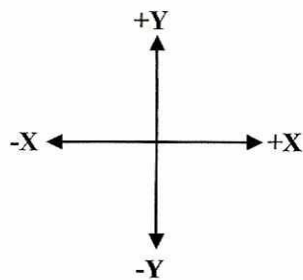
«Los patrones representan los componentes bidimensionales de una prenda de vestir. Estos se utilizan como guía para el corte de la tela.»¹⁶

La construcción de patrones es una de las partes cruciales del proceso de diseño y desarrollo de las prendas de vestir. Como se sabe, la tela es el mayor gasto en la confección del vestuario y, por ello, al momento de cortar este material, un patrón correctamente diseñado juega un papel importante.

Originalmente, esta tarea era ejecutada manualmente, pero con el tiempo, las técnicas de construcción de patrones han sido adaptadas fácilmente para ser realizadas con ayuda de la computadora. Para construir patrones por computadora se requiere de dos destrezas: conocimiento de construcción de patrones y cómo operar el sistema computarizado. Un especialista en esta área debe ser tanto buen matemático como altamente creativo.

Un patrón es definido por la computadora sobre el eje horizontal X y eje vertical Y. Cada patrón consta de una serie de puntos que se calculan en base a las medidas del cuerpo proporcionadas previamente. Para efectos prácticos se asume que el cuerpo humano es simétrico, el lado izquierdo de un patrón es considerado un espejo de la imagen del patrón del lado derecho.

Figura 7. Ejes X y Y



¹⁶ Beazley Alison; Terry Bond. 2003. *Computer-aided pattern design & product development*. Oxford UK. Blackwell Publishing Ltd. 220 Págs.

Existen patrones especiales cuya función es reflejar el tamaño, forma y postura de la figura humana sin incluir características de estilo. Estos patrones base reciben el nombre de **patrones bloque (slopers)** o **patrones primarios**, y se construyen según las medidas de la talla base central de un rango de tallas o una persona individual. Una copia del patrón bloque es adaptado para crear nuevos estilos de la pieza.

La ventaja de diseñar patrones bloque dentro de un sistema computarizado es que se pueden generar y almacenar los patrones para todas las tallas. Esto significa que cuando un nuevo estilo de prenda es creado, las otras tallas son graduadas automáticamente. Estos bosquejos pueden ser construidos directamente utilizando el programa o manualmente y luego digitalizando la forma del patrón.

Antes de construir un patrón bloque, existen varios aspectos del tallado de vestuario que se deben comprender. El primer aspecto importante es considerar la manera en que la ropa cae o cuelga alrededor del cuerpo, conocido como el **balance de la ropa**. Una prenda de vestir bien balanceada es aquella que cuelga correctamente en relación con el tamaño, contorno y postura del portador. La postura del cuerpo es uno de los factores determinantes para el balance de la ropa, hay personas que se paran más rectas que otras. Marcas de balance son posicionadas en puntos estratégicos o áreas de control de balance para mantener la relación correcta entre la parte de atrás, lado y adelante del vestuario.

**Figura 8. Posturas del cuerpo humano
Recto, normal y agachado**

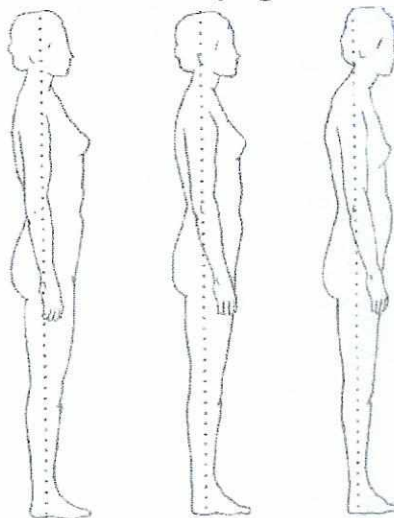


Figura 9. Áreas de control de balance

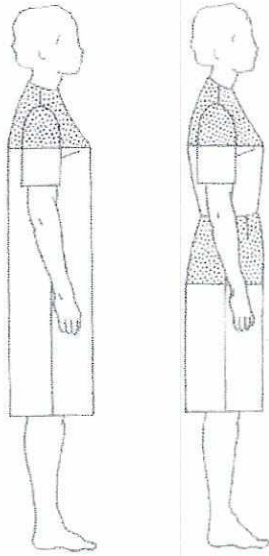


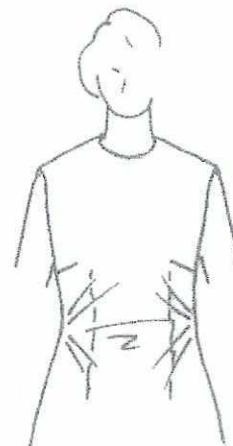
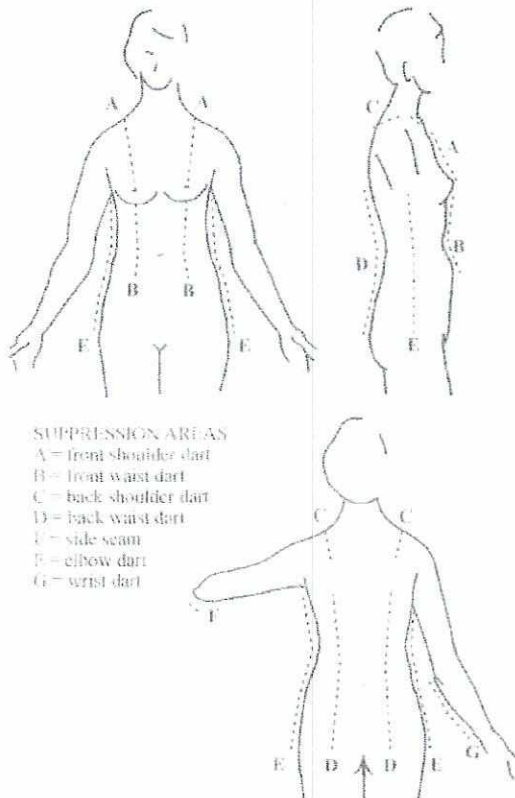
Figura 10. Vestido mal balanceado



Supresión es la reducción de exceso de tela para obtener un ajuste más cercano utilizando pinzas, costuras o pliegues. Esto controla la forma de la pieza según el contorno del cuerpo. Calcular la cantidad correcta de supresión durante el diseño del patrón no es una tarea fácil. Muchas veces depende completamente del tipo de tela y en muy rara ocasión la cantidad de supresión para un tallado perfecto es igual para varios individuos.

Figura 11-12. Áreas de supresión del vestuario

Vestido con exceso de supresión



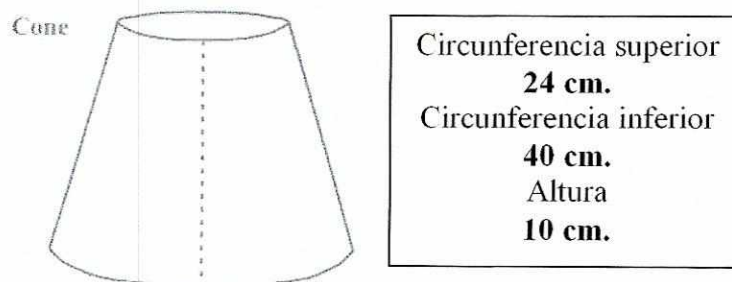
Otro factor importante cuando se construyen patrones primarios es considerar la dirección del movimiento del cuerpo, ya que, esto influenciará la cantidad de **margen de movimiento** (“Ease Allowance”) que se deberá agregar al patrón. La actividad u ocupación del portador de la ropa debe ser tomada en cuenta. El mayor movimiento ocurre en las articulaciones. Para permitir este movimiento, una cantidad extra de ancho debe ser agregada a posiciones específicas del patrón.

Por último, la estabilidad dimensional de la tela influencia el balance de la ropa, margen de movimiento y supresión. Entre más estable es la tela, mayor debe ser el margen de movimiento que se le debe agregar al patrón. Si la prenda de vestir es tejida o está formada de tela elástica la cantidad de supresión puede ser reducida o eliminada.

Existen cuatro métodos computarizados básicos para la construcción de patrones. El método utilizado dependerá de la habilidad y experiencia del constructor de patrones para seleccionar la técnica más apropiada, estas son: **Modelar, bosquejar, suprimir e incrementar**.

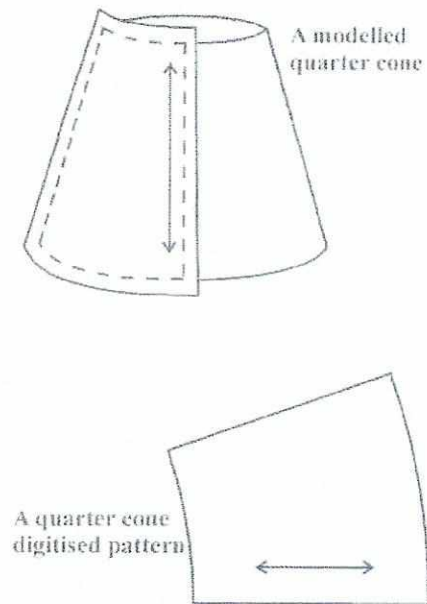
Para explicar las técnicas mencionadas anteriormente, se construyeron cuatro patrones distintos para cubrir un cono. En estos ejemplos, por la simetría de la figura, solamente se necesita construir un cuarto del patrón. Luego, se crea un espejo de la cuarta parte para tener la mitad de la cobertura. Por último, la mitad se duplica para tener la cobertura completa. Esta es una práctica común cuando se hacen patrones de formas simétricas con la ayuda de una computadora, ya que, el resultado es más exacto y eficiente cuando se construye un patrón para una sección y no el total.

Figura 13. Figura a cubrir



A. Método para modelar patrones

El primer método de construcción de patrones consiste en modelar un cuarto del cono, colocando la tela sobre la superficie y sujetándola con las manos. Las líneas de corte y costura son marcadas claramente sobre la tela antes de removerla de la figura. Se coloca la tela sobre una superficie plana, o bien, la mesa digitalizadora donde las marcas trazadas del patrón son ingresadas al sistema CAD/CAM a través del proceso de digitalización. Este método también se aplica cuando ya se dispone de patrones diseñados a mano sobre papel.



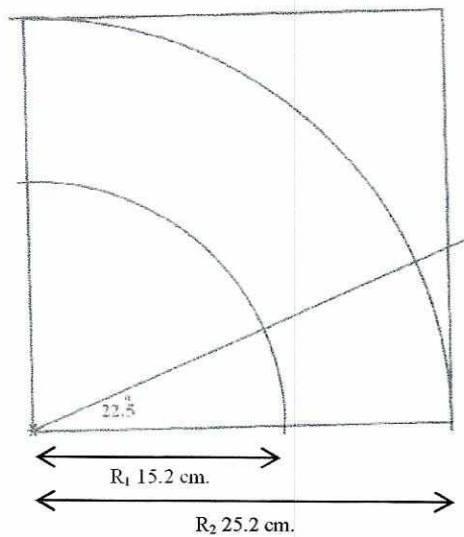
B. Método para bosquejar patrones

En el método de bosquejar patrones, el patrón es construido dentro de un rectángulo, desde el cual un conjunto de medidas son calculadas para producir la forma requerida.

Si se toma el cono a cubrir, se corta de un lado y luego se estira sobre una superficie, se puede observar que se obtiene un cuarto de una circunferencia. Debido a que solamente se necesita una cuarta parte del cono para hacer el patrón, se divide la cuarta parte de la circunferencia dentro de cuatro. En otras palabras, la cuarta parte del cono corresponde a $1/16$ de una circunferencia completa. Consecuentemente, sabiendo que el cono a cubrir tiene una la circunferencia superior de 24 cm. y $24 \div 4 = 6$ cm. Se puede determinar el tamaño total de la primera circunferencia, multiplicando $6 \text{ cm.} \times 16 = 96 \text{ cm.}$

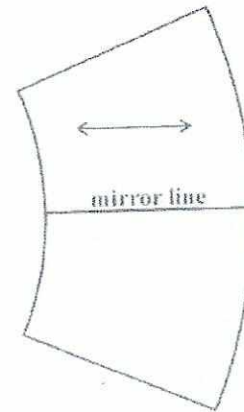
El radio interno, o bien, el radio más pequeño se puede calcular de la siguiente forma:

$$Radio_1 = \frac{\text{circunferencia}}{2\pi} = \frac{96}{2 \times 3.14} = 15.2 \text{ cm.}$$



La altura del cono es de 10 cm. Por lo tanto, el radio de la circunferencia exterior es equivalente a $Radio_2 = 15.2 + 10 = 25.2$ cm. Se traza un cuadrado con los lados del tamaño del radio mayor, 25.2 cm.

Desde una esquina del cuadrado se dibujan las dos circunferencias. Solamente $1/16$ del círculo es requerido para un cuarto de patrón del cono. Consiguientemente, otra línea es trazada con un ángulo de 22.5° ($360^\circ \div 16$) desde la esquina inferior del cuadrado. El cuarto de patrón puede ser ahora extraído y espejeado. Este método proporciona una mejor calidad de líneas curvas y es más exacto.



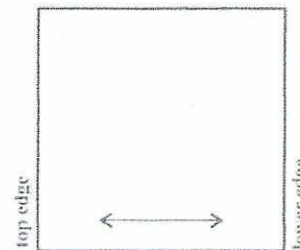
C. Método de supresión de patrones

La técnica de supresión para construir patrones radica en reducir o eliminar los excesos para darle forma al patrón. Primero, se crea un rectángulo con las siguientes medidas: altura del cono 10 cm. y un cuarto de la circunferencia mayor 10 cm. Ahora, se calcula la cantidad de supresión que se le aplicará al patrón:

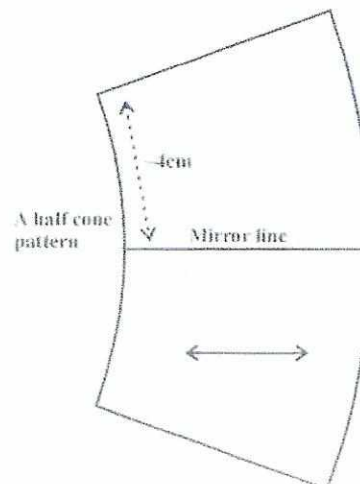
$$\text{Circunferencia superior } 24\text{cm.} \div 4 = 6\text{cm}$$

$$\text{Circunferencia inferior } 40\text{cm} \div 4 = 10\text{cm}$$

$$\text{Supresión del lado superior } 10\text{cm} - 6\text{cm} = 4\text{cm}$$

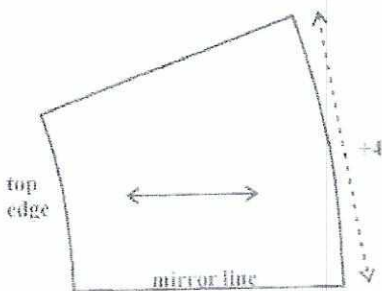
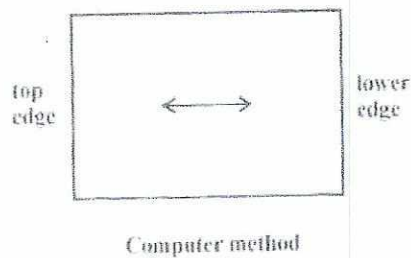


Computer method



El lado superior del rectángulo construido es reducido en 4 cm. utilizando un comando de menor anchura o llenura que proporciona el programa CAD, obteniendo una medida de 6cm en la parte superior. Este método es característico para proporcionar curvas suaves. Por último, el patrón es espejado para darnos la mitad de la cobertura del cono.

D. Método de incremento de patrones



Esta técnica se puede considerar como el opuesto de la anterior. La forma del patrón se adquiere mediante el incremento gradual de los lados. Las medidas del rectángulo inicial son ahora: altura del cono 10 cm. y un cuarto de la circunferencia superior o menor 6 cm. Ahora, se calcula la cantidad de incremento que le aplicará al patrón:

$$\text{Circunferencia superior } 24\text{cm} \div 4 = 6\text{cm}$$

$$\text{Circunferencia inferior } 40\text{cm} \div 4 = 10\text{cm}$$

$$\text{Incremento del lado inferior } 10\text{cm} - 6\text{cm} = 4\text{cm}$$

El lado inferior del rectángulo es aumentado en 4 cm. Este método también proporciona curvas suaves.

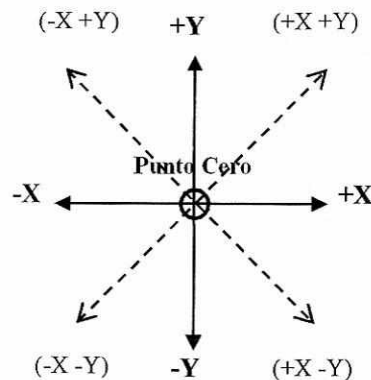
V. GRADUADO COMPUTARIZADO DE PATRONES

Es común la experiencia de seleccionar una prenda de cierto tamaño, sólo para darse cuenta a la hora de probársela que el tallado varía de vestido en vestido. La razón principal es que la ropa está diseñada para una talla estándar o modelo y luego es graduada a tallas menores y mayores. El resultado dependerá de la habilidad del graduador y del escalado que se hace mecánicamente hacia arriba y abajo de manera proporcional. Sin embargo, el cuerpo humano no siempre crece acorde a las medidas estándares.

«El graduado de patrones es el proceso de producir patrones de distintos tamaños en base a un patrón maestro según un cuadro específico de tallas. La cantidad y dirección que un patrón se incrementa o disminuye debe ser determinada. Al mismo tiempo las proporciones correctas de la prenda de vestir deben ser mantenidas sin distorsionar las características del estilo.»¹⁷

Un patrón almacenado en un sistema computarizado está formado por una serie de **puntos de graduado**. Éstos son posicionados en los puntos cardinales del patrón donde ocurren los incrementos o disminuciones para generar las distintas tallas. Pueden ser puntos internos como externos. Los movimientos ocurren dentro de un plano cartesiano. La distancia y dirección de los movimientos se toma en referencia a un punto de origen estacionario, llamado **punto cero**. El eje X, por lo general, es utilizado como la línea de referencia de graduado.

Figura 14. Movimientos de graduado



¹⁷ Beazley Alison; Terry Bond. 2003. *Computer-aided pattern design & product development*. Oxford UK. Blackwell Publishing Ltd. 220 Págs.

El movimiento de un punto de graduado, tanto en X como en Y, está definido por una **regla de graduado** numerada en una tabla. Las mismas reglas pueden ser asignadas a cualquier punto de un mismo patrón o de varios. Cuando todos los puntos tienen asignadas sus respectivas reglas, la computadora automáticamente dibuja la forma de la pieza conectando todos los puntos.

Cada sistema de graduado de patrones tiene su propio formato para construir las tablas de reglas de graduado, pero la mayoría necesitan de la siguiente información:

- ▶ Nombre de la tabla de reglas.
- ▶ Nombre de tallas: Pueden ser nombres numéricos (e.g. 10, 12, 14, 16) o palabras (e.g. Pequeño, Mediano, Grande).
- ▶ Definición de una talla base.
- ▶ Cada regla debe estar numerada y asociada a un punto de graduado.
- ▶ Atributos del punto de graduado.
- ▶ Porcentaje de movimiento del punto de graduado en X y Y.

A continuación, se presenta un ejemplo sencillo de un rectángulo representado por sus cinco puntos de graduado (A-E) y su tabla de reglas asociada (1-5). Nótese que la regla número uno tiene el valor cero tanto en X como Y para todas las tallas definidas. Esto define al punto cero del patrón. La talla base elegida en este caso es la doce.

Figura 15. Posición de puntos de graduado y movimientos

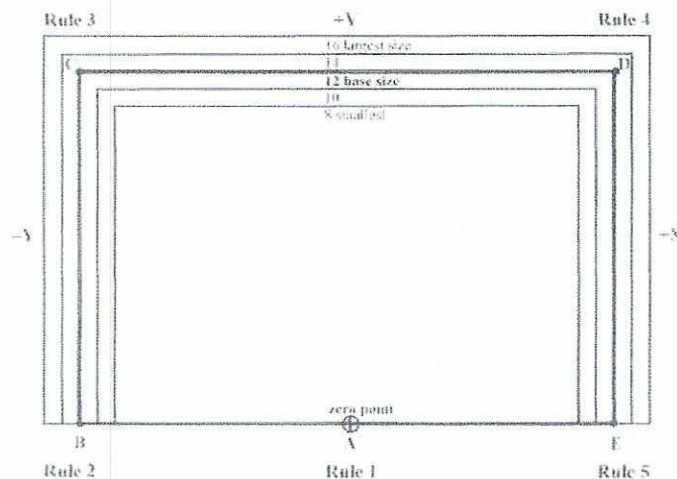
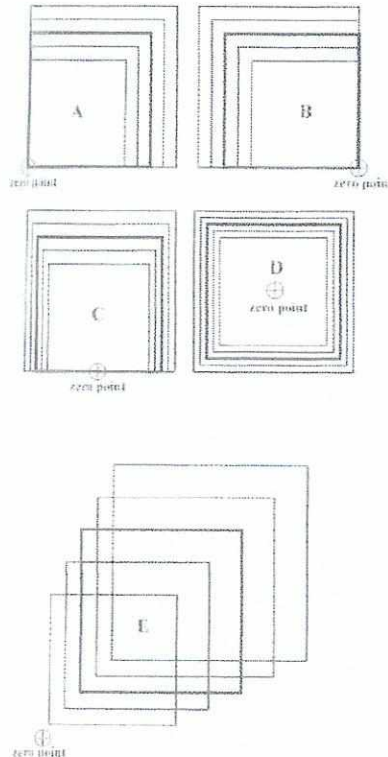


Figura 16. Tabla de reglas de graduado

NAME: RECTANGLE		GRADING METHOD: UP-DOWN INCREMENTAL					
RULE NUMBER:		1		2		3	
COMMENT:		POINT A		POINT B		POINT C	
POINT ATTRIBUTE:		N		N		N	
SIZE BREAKS		X	Y	X	Y	X	Y
10	8	0.00	0.00	0.50	0.00	0.50	-0.50
12	10	0.00	0.00	0.50	0.00	0.50	-0.50
12	14	0.00	0.00	-0.50	0.00	-0.50	0.50
14	16	0.00	0.00	-0.50	0.00	-0.50	0.50
RULE NUMBER:		4		5		---	
COMMENT:		POINT D		POINT E		---	
POINT ATTRIBUTE:		N		N		N	
SIZE BREAKS		X	Y	X	Y	X	Y
10	8	-0.50	-0.50	-0.50	0.00	---	---
12	10	-0.50	-0.50	-0.50	0.00	---	---
12	14	0.50	0.50	0.50	0.00	---	---
14	16	0.50	0.50	0.50	0.00	---	---

La sencillez o complejidad de las reglas de graduación depende mucho de la elección del punto cero de la pieza. Aunque el resultado final siempre es el mismo, las reglas asociadas a cada punto de graduado pueden cambiar drásticamente.

Figura 17. Diferentes posiciones del punto cero



Existen tres tipos de graduado según la clase de medida que será alterada:

- ▀ **Graduado de contorno:** Indica la cantidad que se agrega a la parte frontal del patrón en relación con la parte trasera. La diferencia entre las dos medidas circulares tomadas es el graduado total. Dado que se está trabajando con el patrón delantero como con el patrón posterior (cada uno siendo un cuarto de la circunferencia total), el graduado resultante es dividido en cuartos, y sólo un cuarto es agregado al graduado del patrón. Un ejemplo es el graduado de contorno de cintura.
- ▀ **Graduado de longitud:** Indica la medida que se agregará al largo del patrón. El graduado total se encuentra mediante la diferencia de medidas de longitud tomadas entre distintas tallas y es agregado en proporción al crecimiento natural del cuerpo. Por ejemplo, el graduado del largo de un pantalón.
- ▀ **Graduado de ancho:** Indica la cantidad que se agrega a un área transversal del cuerpo, como la distancia de hombro a hombro a través del pecho. Se encuentra el graduado total de ancho mediante una diferencia y luego se divide por dos. Solamente la mitad se necesita para el graduado del patrón.

VI. SISTEMAS CAD/CAM DE PATRONAJE PARA VESTUARIO

Fue Ron Martell y su compañero Don Thayer quienes se propusieron reducir el tiempo de elaboración de patrones hechos a mano y al mismo tiempo obtener una mejor eficiencia de la tela a utilizar¹⁸. El primer paso fue crear un método con el cual se pudieran grabar digitalmente los patrones, y que de estos mismos se sacaran las diferentes tallas para luego colocarlas a manera de obtener el menor consumo de tela posible por prenda; con esta visión crearon una compañía llamada Camsco que llegó a ser líder en este campo, uno de sus primeros clientes fue Levi Strauss.

Hughes Aircraft Company creó la primera cortadora láser de una sola capa. Sin embargo, aún no existía un sistema CAD que pudiera guiar a esta cortadora. Expertos de la empresa Hughes y Walter Wilhem combinaron sus fuerzas y conocimiento creando un sistema para la elaboración de patrones, que fue llamado Autographic System (AM1), quien se estableció como un ferviente competidor de Camsco. Ahora el reto para Hughes Aircraft Company era encontrar la forma de imprimir los patrones en escala real. Fue entonces cuando Gerber Technology entró a formar parte de este negocio, quien era una compañía que se dedicaba a la elaboración de cortadoras y trazadoras. Gerber creó un trazador ("plotter") que fuera compatible con el sistema CAD de AM1, más tarde adquirió los derechos de AM1; convirtiéndose así en un competidor directo de Camsco¹⁹.

En 1978, Ron Martel vendió sus acciones a su compañero en Camsco y se fusionó con Hughes Aircraft, nació así una nueva compañía llamada Microdynamics. Por la misma época, emergió una compañía española llamada Investronica. Pocos años más tarde hizo su aparición Lectra Systèmes una firma creada en Francia. Al mismo tiempo en Alemania cuatro expertos en computación crearon un software capaz de crear y modificar patrones sin necesidad de digitalizar los patrones bases, naciendo así, el primer CAD de patrones completamente electrónico; esta nueva empresa alemana se llamó Assyst. Estos cinco pioneros de sistemas CAD/CAM para el vestuario: **Gerber/Camsco, Microdynamics, Léctra, Investrónica y Assyst** cambiaron para siempre la producción textil y la elaboración de vestimentas.

¹⁸ Weiss Chase Renee. 1997. CAD for Fashion Design. USA. Prentice Hall. 174 Págs.

¹⁹ Gerber Garment Technology.

El número de compañías que producen sistemas CAD/CAM se ha incrementado con el pasar de los años. Los grandes sistemas industriales ofrecidos por las compañías anteriormente mencionadas estaban fuera del presupuesto de las pequeñas empresas de confección. En la década de 1980 empezaron a surgir fabricantes ofreciendo productos orientados a las amas de casas aficionadas a la costura y a las pequeñas empresas de manufactura quienes empezaban a darse cuenta de las ventajas de la tecnología. Es así como compañías como **PAD System, Wild Ginger, Livingsoft y Cochenille Design** empezaron a crear productos CAD a precios mucho más bajos que los sistemas Gerber o Lécra.

A. Gerber Garment Technology y Lécra Systèmes

Sin lugar a duda, las dos empresas proveedoras de soluciones CAD/CAM más populares y poderosas dentro de la industria son Gerber Garment Technology y Lécra Systèmes.

Figura 18. Logos Lécra Systèmes y Gerber Technology



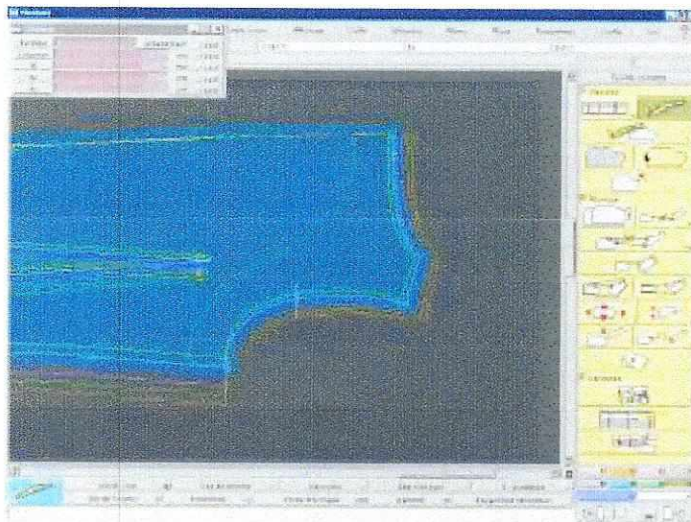
En enero del 2004, se anunció la adquisición de la empresa española Investrónica por Lécra. La nueva adquisición de Lécra aumenta sus ventas anuales aproximadamente a 300 millones de dólares y su clientela base a 16,000 empresas, convirtiéndola en el proveedor más grande de soluciones CAD/CAM para productos textiles en el mundo.

Modaris es el nombre que Lécra le dio a su solución para hacer patrones. Los patrones pueden ser dibujados directamente en pantalla o copiados por medio de una mesa digitalizadora. Todas las piezas están organizadas en colecciones en base a líneas de estilo.

Los módulos que forman parte del sistema Modaris son los siguientes:

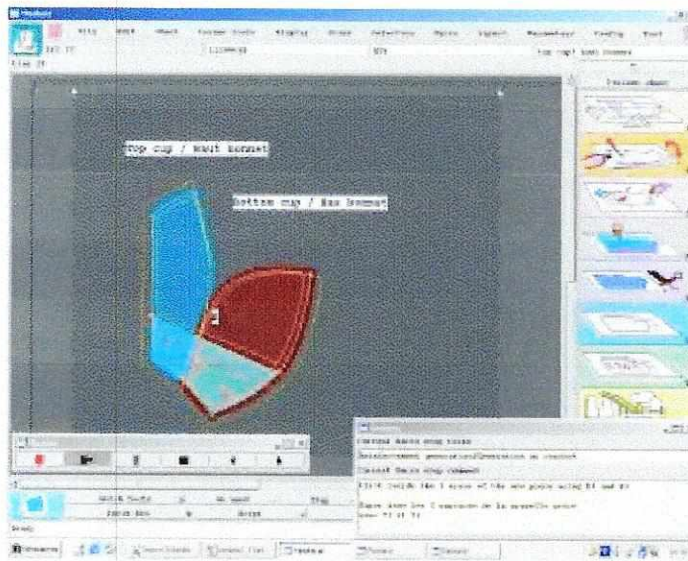
- ▶ **Modaris Basicmod:** Es el módulo que hace posible la producción de patrones. Para hacer el proceso más rápido ofrece una amplia variedad de patrones estándares que funcionan como machotes. Tiene la capacidad de leer patrones que se encuentran en otros formatos.
- ▶ **Modaris Styler:** Ofrece herramientas adicionales de diseño. Le da más flexibilidad al usuario para crear nuevos estilos directamente en pantalla.
- ▶ **Modaris Prograder:** Módulo encargado de almacenar las tablas de reglas de graduado establecidas a la hora del diseño de los patrones. Variaciones de largo y ancho pueden ser establecidas por talla en respuesta a la creciente demanda por prendas personalizadas.

Figura 19. Lécra Modaris Prograder



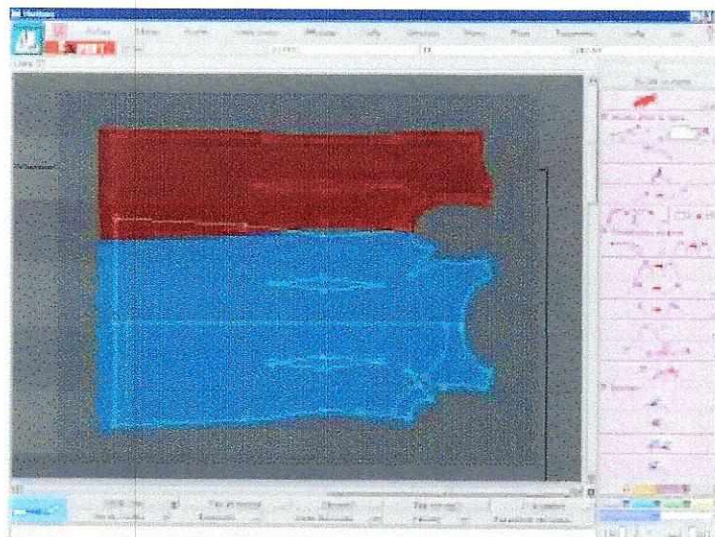
- ▶ **Modaris Modplus:** Su objetivo es lograr la automatización de ciertos procesos. Se adapta a los hábitos de trabajo del patronista grabando las secuencias de trabajo más frecuentemente usadas.

Figura 20. Lécra Modaris Modplus



- ▶ **Modaris Freeline:** Provee herramientas para dibujar estilos sobre una mesa digitalizadora y que aparezcan instantáneamente en pantalla.
- ▶ **Modaris Expert:** Revisa automáticamente la consistencia de los patrones. Se encarga de procesar automáticamente el graduado y modificación de todos los patrones involucrados en un estilo.

Figura 21. Lécra Modaris Expert



- ▶ **LectraOnlineExchange:** Permite la comunicación e intercambio de información con otros miembros de LectraOnline. Provee acceso a expertos de Léctra para realizar consultas a través de Internet.

Gerber Technology con una clientela base de 14,000 empresas alrededor del mundo, guarda el segundo puesto en el mercado global de soluciones CAD/CAM para el vestuario. Su producto para el desarrollo de patrones lleva el nombre de **Accumark PDS**²⁰.

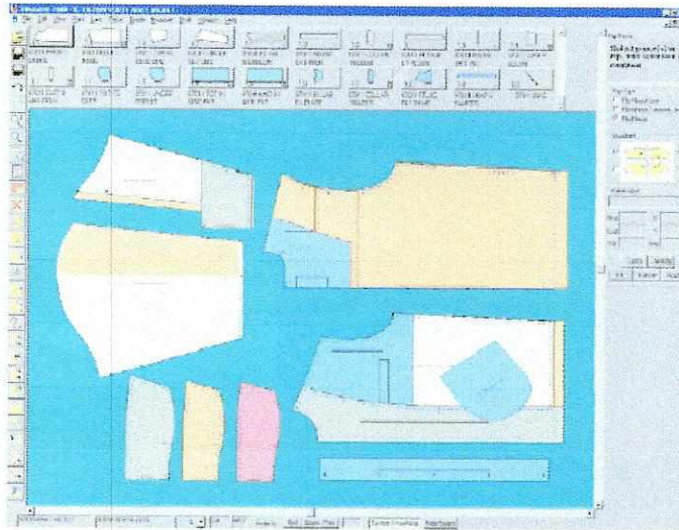
Figura 22. Solución AccuMark de Gerber



Al igual que Modaris, Accumark PDS, tiene la capacidad de almacenar patrones hechos directamente en la computadora o digitalizados. Piezas ingresadas pueden ser agrupadas en Modelos para un mejor control sobre las mismas. Revisa la consistencia de los patrones recién ingresados o importados. La graduación de patrones se hace a través de la creación de tablas de reglas de graduado y de alteraciones.

²⁰ AccuMark Pattern Design System

Figura 23. Gerber AccuMark PDS



B. Sistemas Made-to-Measure (MTM)

Cuando se piensa en ropa hecha a la medida, lo primero que se viene a la mente es un sastre o modista que toma las medidas de un individuo, luego dibuja los patrones para cortar la tela a mano y por último zurce todas las piezas para formar la prenda final. Un proceso que puede ser costoso y tardado.

Mientras el mundo evoluciona de la era de producción en masa a la era de personalización en masa y el consumidor se vuelve cada vez más demandante, el concepto de ropa “Made-to-Measure” ha generado el desarrollo de múltiples proyectos de manufactura MTM con distintos niveles de automatización, facilitando enormemente el proceso de vestuario personalizado.

El gran número de soluciones de software ofrecidas dentro de este campo están diseñadas para maximizar la producción, minimizar los costos, mejorar la calidad, responder eficientemente a fechas de entrega y crear ventajas competitivas.

Es esencial que el software MTM sea diseñado para proveer un ingreso rápido y sencillo de los detalles del consumidor y medidas del cuerpo, que sea capaz de integrar la información proveída para generar los patrones y sea compatible con una amplia variedad de trazadoras y cortadoras.

Todos los grandes vendedores de tecnologías CAD/CAM han desarrollado soluciones MTM para facilitar la producción de ropa personalizada: **Cameo** y **Pattern Master** de Wild Ginger, Assyst con su software **Bullmer** y su cortadora Procut 501, Gerber con **Accumark MTM** y su cortadora GTx1 y el software **Fitnet** de Lécra con su cortadora ProSpin. Todas estas soluciones ofrecen una prenda personalizada hecha a un tiempo equivalente al de una prenda producida en masa.

Figura 24. Interfase Accumark MTM de Gerber Technology

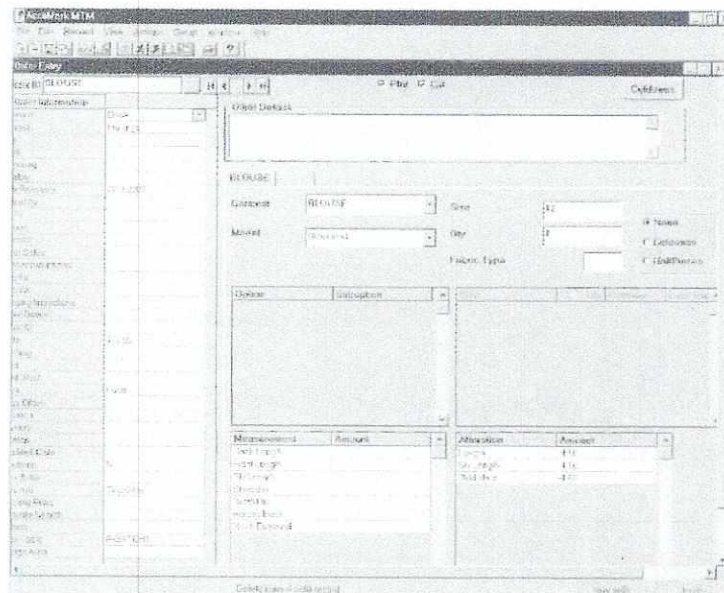
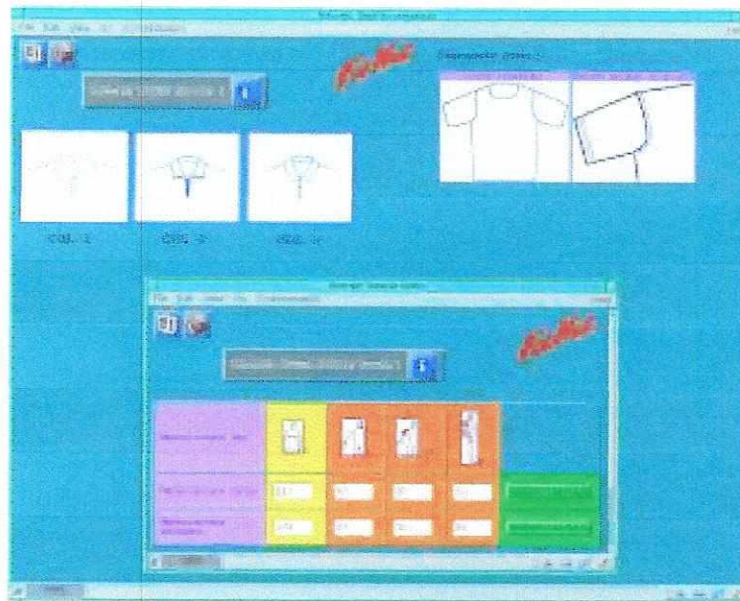


Figura 25. Cortadoras automáticas Gerber Technology y Lécra Systems



Figura 26. FitNet de Léctra Systems

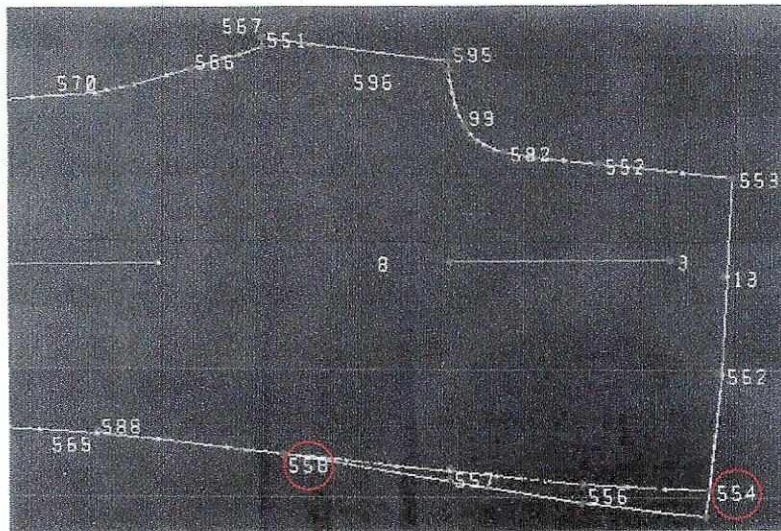


El software especializado para crear patrones hechos a la medida es implementado de dos formas: programando los métodos y reglas tradicionales de confección, es decir, creando un patrón desde cero; o bien, aplicándole alteraciones a los patrones que han sido graduados de manera estándar.

La segunda opción es utilizada cuando ya se tiene un sistema computarizado con la capacidad de almacenar un patrón base con su tabla de reglas de graduado para cierto rango de tallas. Es el método que utiliza Accumark MTM y Modaris/Fitnet. La descripción del proceso es la siguiente:

- Se define la localización de cada alteración sobre un patrón base. Cada alteración está formada por un punto de origen o fijo y un punto de movimiento. En la siguiente figura el punto 558 es el de origen y el 554 es el de movimiento.

Figura 27. Definición de localización de alteraciones



- Se le asigna un nombre o número único a todas las alteraciones dentro de un modelo. Cuando se está alterando un patrón para que sea hecho a la medida se debe nombrar cualquier punto que tenga la posibilidad de ser alterado.

- Definir las reglas de alteración dentro de una tabla. Se debe proporcionar el nombre de la tabla de reglas de alteración, el nombre de cada regla, si las alteraciones afectan al patrón completo o sólo un lado (derecho o izquierdo), el tipo de alteración (e.g. movimientos rectos XY o movimientos curvos con y en contra de las agujas del reloj), punto de origen o pivote, punto de movimiento y porcentaje de movimiento en X y Y.

Figura 28. Ejemplo de tabla de reglas de alteración

System Management

ALTERATION EDITOR STORAGE AREA: C: GENERAL RULE 14 OF 53
NAME: 301

ALTERATION RULE NAME: WAIST
PIECE USAGE: BOTH

ALT TYPE	FIRST PT	SECOND PT	MOVEMENT X%	MOVEMENT Y%
X Y MOVE	411	401	0.00	18.00
X Y MOVE	591	401	0.00	26.00
CM EXT	591	401	-12.00	0.00
CCW EXT	401	591	-99.00	0.00
CCW NO EXT	603	601	0.00	50.00
X Y MOVE	441	440	-99.00	0.00
X Y MOVE	444	444	0.00	20.00
CM EXT	445	401	0.00	-16.00
CCW NO EXT	614	626	-75.00	0.00
X Y MOVE	626	626	0.00	37.00
CM NO EXT	614	617	0.00	-50.00

Tipo de Alteración Origen y Destino Porcentajes de movimiento

EXIT	NEXT RULE	COPY RULE
RETRIEVE	PREVIOUS RULE	ADD RULE
STORE	GO TO RULE	DELETE RULE
PRINT		

HELP

- ▶ Verificar las alteraciones en pantalla o imprimiendo las piezas alteradas.
- ▶ Definir la cantidad que se le aplicará a cada regla de alteración. Se crea una tabla de definición de tallas que contiene: el nombre de la talla original, nombre de la talla alterada (e.g. código del cliente), el nombre de la regla de alteración y la cantidad que se utilizará para la regla de alteración.

Figura 29. Ejemplo de tabla de definición de tallas

System Management

SIZE CODE EDITOR STORAGE AREA: C: 73TEST NOTATION: IMPERIAL
NAME: COATSTOCK

ACTUAL SIZE	ORDERED SIZE	ACTUAL SIZE	ORDERED SIZE	ACTUAL SIZE	ORDERED SIZE
34	34XS	34	34S	34	34R

ALT RULE NAME	AMOUNT	ALT RULE NAME	AMOUNT	ALT RULE NAME	AMOUNT
COATLNTH	-1.750	COATLNTH	-1.130		
SLVLNTH	-1.500	SLVLNTH	-1.000		

Cantidad por regla

EXIT	GO TO ACT SIZE	COPY COLUMN
RETRIEVE	GO TO ORD SIZE	
STORE		
PRINT		

HELP

- ▶ Se ordena y procesa el marcador para la elaboración de la prenda.

«Una prenda de vestir hecha desde cero siempre es superior a una prenda hecha de un patrón preexistente»²¹.

Esto es lo que afirma la compañía IC3D quien utiliza una tecnología propietaria GENN (Genetic Engineered Neural Network) para generar patrones MTM en aproximadamente un minuto. GENN es una red neural que utiliza algoritmos genéticos para brindar una solución rápida y eficaz. Es un cambio de paradigma a lo que actualmente se está utilizando en la industria del vestuario que consiste en algoritmos de búsqueda y de graduado que eligen patrones preexistentes y los alteran virtualmente.

Los sistemas MTM se encuentran altamente relacionados con la evolución del Internet. La mayoría de ropa personalizada es vendida a través de la Web. Un cliente en raras ocasiones tiene un contacto directo con la aplicación CAD que genera los patrones a la medida. Más bien, es el navegador de Internet el que se comunica con el programa MTM y le transfiere toda la información necesaria para crear el patrón solicitado. Ejemplos de sitios que hacen dicha tarea son: AmericanFit.com, IC3D.com, BlackFrok.com y LandsEnd.com. El proceso de compra es bastante sencillo. Primero se elige la prenda que se quiere comprar.

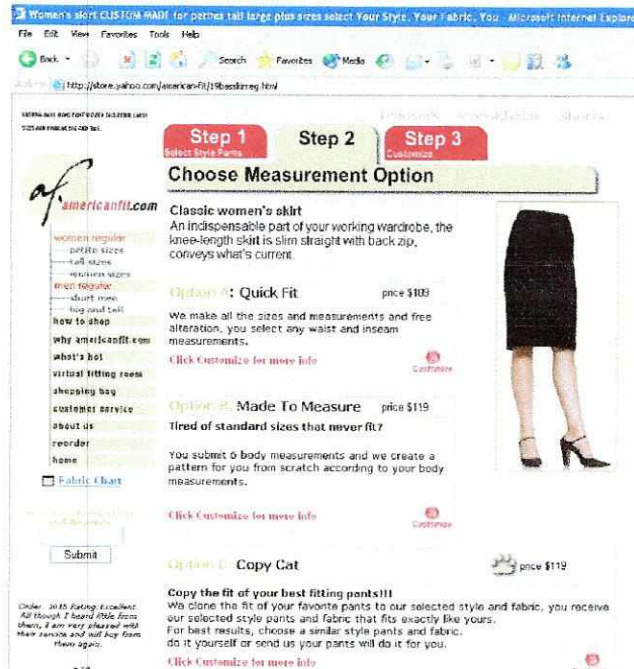
Figura 30. AmericanFit.com : Selección de estilo de prenda de vestir



²¹ IC3D, Interactive Custom Clothes Company. www.ic3d.com.

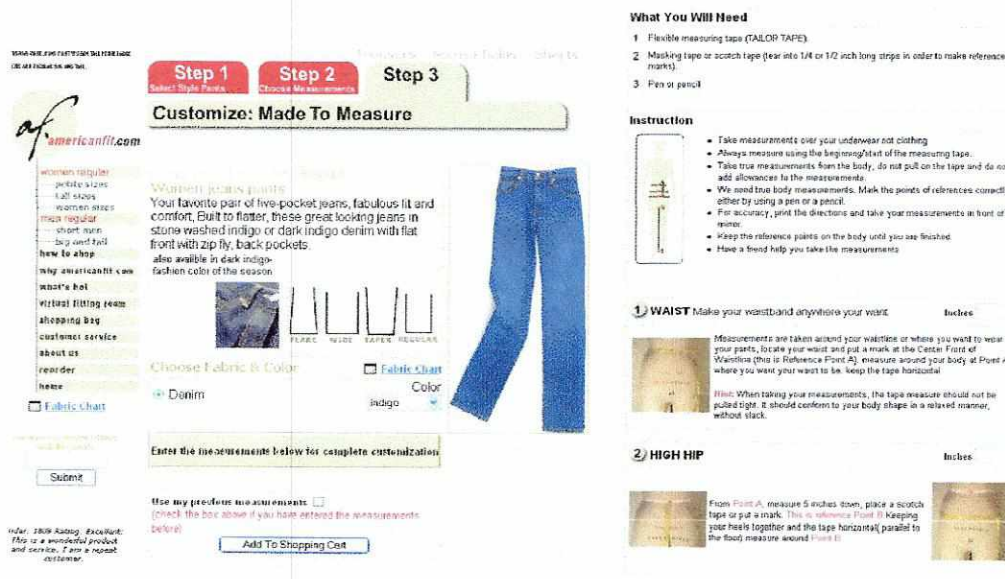
El segundo paso es decidir el tipo de tallado que se desea sobre esa prenda. Se le da la opción de adquirir una talla estándar o una talla personalizada. La diferencia será el precio de la misma y por supuesto la exactitud con que esa pieza se ajuste a las medidas específicas del consumidor.

Figura 31. AmericanFit.com : Selección de tipo de tallado



Por último si la elección fuese una pieza hecha a la medida (made to measure), entonces el cliente debe llenar una forma donde se le solicita su información personal y sus medidas corporales.

Figura 32. AmericanFit.com : Made To Measure



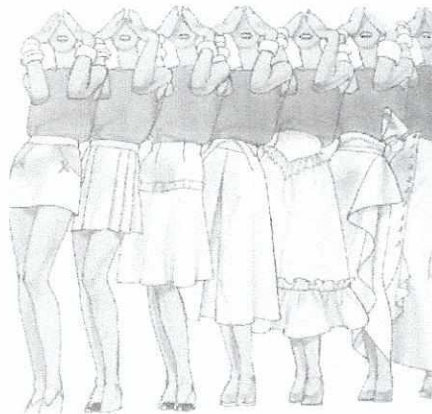
VII. DISEÑO Y DESARROLLO DE LA PROPUESTA

El objetivo principal del diseño de la aplicación es eliminar por completo la necesidad de un esquema de tallas. Presentar una solución para el problema actual de un tallado correcto.

La propuesta que se presentará en este trabajo de graduación comparte la idea de IC3D que un patrón original es de mejor calidad que uno alterado pues está hecho desde el principio para una figura específica. Sin embargo, en ella no se utilizará tecnología relacionada con el área de inteligencia artificial como ellos lo hicieron.

Los patrones construidos no necesitarán de una talla base para generar los distintos tamaños de patrones. Se pretende que éste sea un sistema puramente MTM. Aunque dicho diseño soporta la definición de toda clase de prendas de vestir, para efectos prácticos se ha decidido únicamente implementar patrones para faldas, ya que son fáciles de comprender y diseñar.

Figura 33. Diferentes tipos de faldas



A. Influencias y consideraciones

El lector se preguntará: ¿Por qué investigar sobre la industria del vestuario y el movimiento de personalización de productos? La respuesta es sencilla, parte de la importancia del diseño de esta aplicación es su relevancia con el mercado actual, la personalización en masa es uno de los movimientos más significativos en la manufactura de

productos, es lo que hace que esta investigación sea importante. Además, muchos de los aspectos que se tomaron en cuenta en el diseño de la aplicación han sido influenciados por otros productos existentes. La interfaz gráfica actual es muy parecida a la ofrecida por un producto de la empresa “Wild Ginger” llamado “Click & Sew” donde sólo se selecciona una prenda de vestir y se manda a imprimir. La representación de los patrones sobre un plano cartesiano como en la mayoría de los sistemas sigue siendo la forma en que los patrones MTM de esta aplicación son descritos. También vale la pena recalcar que dicha aplicación es solamente una posibilidad dentro del amplio campo de “Mass Customization”.

En el primer capítulo de este documento se han enumerado las dificultades que existen a la hora de producir ropa hecha a la medida (pág. 6). Siendo la principal la del tallado correcto de la ropa. Esta aplicación trata de aliviar dicha preocupación proporcionando patrones a la medida rápidamente.

Según el modelo de personalización en masa para la industria del vestuario presentado en el capítulo inicial (pág. 12) esta propuesta se encuentra dentro de la opción de Co-Diseño. Ofrece ciertas opciones de diseño, como la elección de distintas faldas y agrega un tallado individual (MTM). Se espera que en un futuro se le puedan agregar otras opciones de diseño, por ejemplo, la elección de diferentes tipos de tela o diversos accesorios (botones, bolsas, estampados, etc.).

Esta aplicación, como otras, necesitará de los pasos básicos hacia el desarrollo del vestuario hecho a la medida (pág. 13) para algún día ser una aplicación eficiente a gran escala: la digitalización corporal ayudará a tener medidas más exactas, el corte sencillo permitirá que la tela se corte rápidamente, el correcto diseño de los patrones determinará la forma de las prendas y la evolución de la Web puede ser una de las plataformas más populares para su interacción con múltiples usuarios.

B. Sobre la construcción de patrones

La dificultad principal al hacer una aplicación de este tipo, es que en ella se unen dos disciplinas que por sí solas son bastante complejas. Para hacer un programa que genere

patrones de ropa no solamente se necesita saber de computación sino comprender las reglas y aspectos que hacen un patrón de vestuario brindar un tallado correcto.

En el segundo capítulo se describió cómo la mayoría de sistemas representan sus patrones computarizados. Al igual que dichos programas, los patrones de esta aplicación también están definidos sobre un eje horizontal X y eje vertical Y. Están formados por una serie de puntos y se considera el lado izquierdo del patrón un espejo del lado derecho.

Para tomar en cuenta algunos aspectos de tallado como la supresión y el margen de movimiento se implementó una falda con pinzas y se le agregó a la descripción del patrón un campo para dejar cierto margen de movimiento. Otros aspectos como el balance de la ropa están fuera del alcance de esta aplicación están más relacionados con el tipo de tela y la experiencia del diseñador de patrones.

Son cuatro los métodos computarizados básicos para la construcción de patrones (pág. 18). El método utilizado en el programa fue el de bosquejar. Permite crear un rango más amplio de patrones calculando ángulos y magnitudes de rectas y curvas dentro de un rectángulo determinado. Más adelante se describirá cómo se bosquejan los patrones a través de estas medidas calculadas.

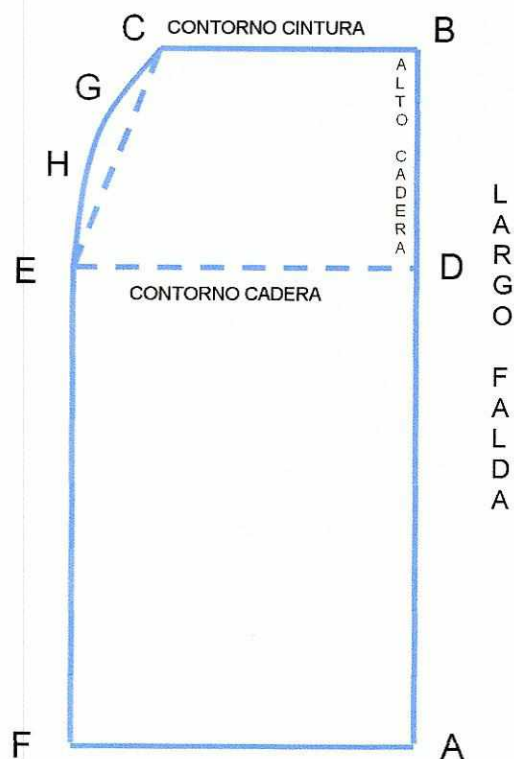
C. Descripción general y fundamentos matemáticos

Existen dos tipos de patrones, los patrones modelo o genéricos cuya función es representar la forma del patrón y los patrones específicos o MTM que representan el tamaño y forma de una persona determinada.

El patrón modelo está formado por un conjunto de líneas, cada línea es vista como un vector en el plano cartesiano. Cada vector tiene asociado una magnitud y una dirección. Hay líneas dependientes e independientes, las primeras son aquellas que dependen de una medida corporal, llamadas también primarias, o de la magnitud de otro vector existente, llamadas secundarias. Los puntos de los vectores son simbólicos, únicamente son vistos como puntos de conexión entre dos vectores. La siguiente figura es un ejemplo de un patrón

modelo. Los vectores AB, BC, BD y DE son primarios, dependen de las medidas corporales mostradas. Los demás vectores solamente conectan los puntos determinados por las líneas dependientes.

Figura 34. Patrón modelo de falda recta básica



Toda la información de un patrón modelo está almacenada en tres tablas. La primera es la de líneas, la segunda es la de dependencias y la última es la de puntos. En la tabla de líneas se guarda el nombre, categoría, tipo y visibilidad de las mismas. La siguiente tabla es la correspondiente al patrón anterior:

Tabla 1. Tabla de líneas para un patrón modelo

Nombre	Categoría	Tipo	Visibilidad
AB	Dependiente	Recta	Verdadero
BC	Dependiente	Recta	Verdadero
BD	Dependiente	Recta	Falso
DE	Dependiente	Recta	Falso
AF	Dependiente	Recta	Verdadero
CE	Independiente	Curva	Verdadero
EF	Independiente	Recta	Verdadero

Se deben definir líneas dependientes dentro de un patrón. Estas líneas son las encargadas de asociar las medidas de un cuerpo humano particular con las medidas simbólicas del patrón modelo. Dado que cada línea dependiente es vista como un vector, la tabla de dependencias es la encargada de definir la magnitud y dirección de cada vector. La estructura de dicha tabla es la siguiente:

Tabla 2. Tabla de dependencias para un patrón modelo

Nombre Línea	Magnitud	Ángulo	Proporción
AB	Largo rodilla	90°	1
BC	Contorno cintura	180°	0.25
BD	Altura cadera	270°	1
DE	Contorno cadera	180°	0.25
AF	DE	180°	1

Por último se tiene la tabla de puntos. El número de puntos que forman a una línea depende del tipo de la misma. Una línea recta consta de dos puntos finales. Las líneas curvas están formadas por cuatro puntos, dos finales y dos puntos de control. El punto de control tendrá asociado un valor y una proporción para determinar la curvatura de la línea.

Tabla 3. Tabla de puntos para un patrón modelo

Nombre	Tipo	Valor	Proporción
A	Punto cero	-	-
B	Punto final	-	-
C	Punto final	-	-
D	Punto final	-	-
E	Punto final	-	-
F	Punto final	-	-
G	Punto de control	0.10	0.25
H	Punto de control	0.10	0.25

Teniendo definido el patrón modelo de la pieza se pueden ahora calcular los patrones hechos a la medida. Para hacer esto es necesario conocer algunos conceptos básicos sobre vectores, rectas sobre un plano y el algoritmo de Bézier para el cálculo de curvas.

«Si AB es un vector definido en el origen, entonces $AB = \langle A, B \rangle$, θ es su ángulo director donde $\tan \theta = \frac{A}{B}$ y $\|AB\|$ su magnitud igual a $\sqrt{A^2 + B^2}$. Se pueden calcular los valores de A y B utilizando las fórmulas: $A = \|AB\| \cos \theta$ y $B = \|AB\| \operatorname{sen} \theta$ »²²

Nótese que tanto la magnitud como el ángulo director son datos disponibles. El cálculo de los puntos finales de cada línea será entonces bastante sencillo. Para obtener los puntos finales del vector AB solamente se sustituyen los valores que se encuentran en la tabla de dependencias. Se toma el punto A como el origen, $A = (0,0)$. Ahora se calcula el punto B:

$$B = (\text{Largo o Rodilla} \times \text{Pr o porcion}) \operatorname{sen}(90)$$

Si se proporcionan todas las medidas específicas requeridas por el patrón, será posible calcular todos sus puntos:

- ▶ Contorno de cintura = 68 cm.
- ▶ Contorno de cadera = 102 cm.
- ▶ Altura de cadera = 20 cm.
- ▶ Largo de falda = 62 cm.

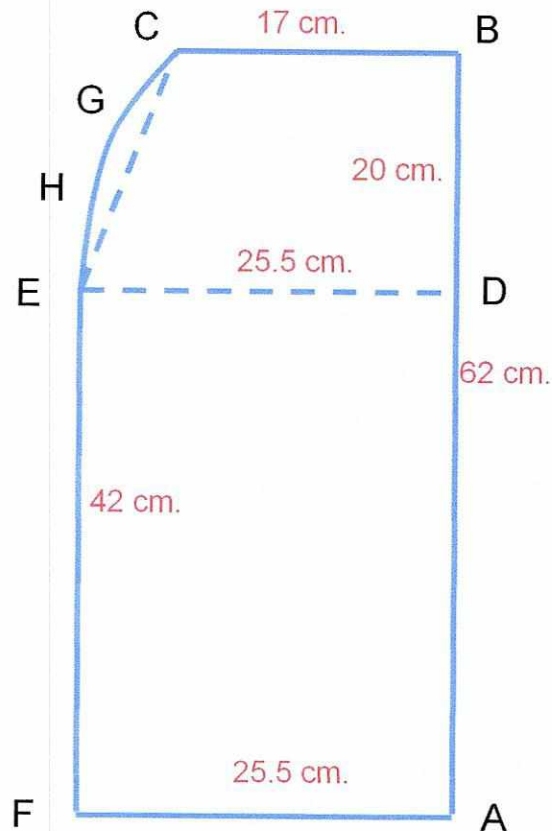
La tabla resultante será la siguiente:

Tabla 4. Tabla de puntos para un patrón MTM

Nombre	X (cm.)	Y (cm.)
A	0	0
B	0	62
C	-17	62
D	0	42
E	-25.5	42
F	-25.5	0

²² Leithold Louis. 1999. *El Cálculo*. Séptima Edición.

Figura 35. Patrón MTM de falda recta básica



El algoritmo utilizado para el cálculo de las curvas fue el de Pierre Bézier. Una curva de Bézier en su forma más simple está formada por un par de ecuaciones cúbicas. Este algoritmo es el más utilizado en operaciones CAD/CAM desde su creación en 1970. Se ha convertido en la base de aplicaciones como Adobe Illustrator y Macromedia Freehand.

Una curva de Bézier está definida por cuatro puntos, dos puntos finales y dos puntos de control. Dos ecuaciones definen los puntos de la curva. Ambas son evaluadas una cantidad arbitraria de veces. Una ecuación le proporciona los valores a las coordenadas de X y la otra a las de Y. Conforme aumenta el número de iteraciones, el punto definido por $x(t)$, $y(t)$ se mueve del origen al destino.

Esta es la definición de las ecuaciones:

$$\mathbf{x}(t) = \mathbf{a}_x t^3 + \mathbf{b}_x t^2 + \mathbf{c}_x t + \mathbf{x}_0$$

$$x_1 = x_0 + c_x / 3$$

$$x_2 = x_1 + (c_x + b_x) / 3$$

$$x_3 = x_0 + c_x + b_x + a_x$$

$$y(t) = a_y t^3 + b_y t^2 + c_y t + y_0$$

$$y_1 = y_0 + c_y / 3$$

$$y_2 = y_1 + (c_y + b_y) / 3$$

$$y_3 = y_0 + c_y + b_y + a_y$$

La definición anterior se puede también representar de la siguiente forma despejando los coeficientes:

$$c_x = 3 (x_1 - x_0)$$

$$b_x = 3 (x_2 - x_1) - c_x$$

$$a_x = x_3 - x_0 - c_x - b_x$$

$$c_y = 3 (y_1 - y_0)$$

$$b_y = 3 (y_2 - y_1) - c_y$$

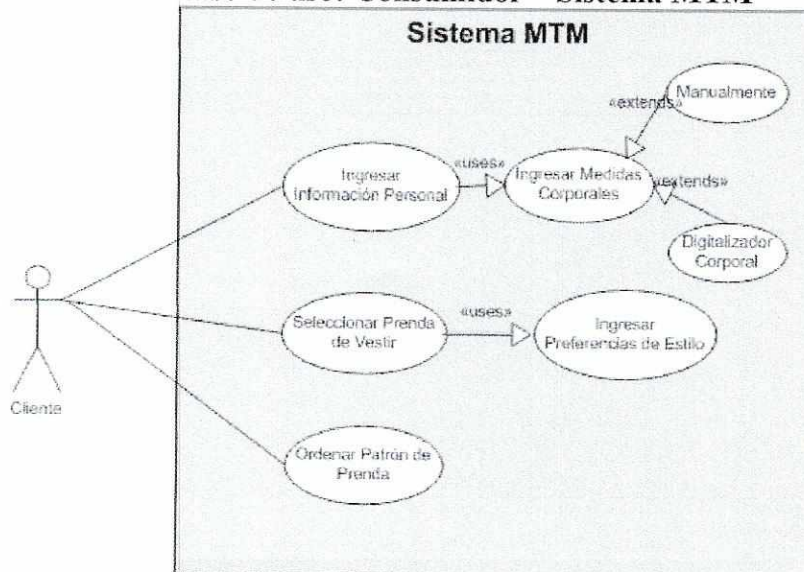
$$a_y = y_3 - y_0 - c_y - b_y$$

Ahora es posible con cuatro coordenadas crear una curva simple de Bézier.

D. Casos de uso

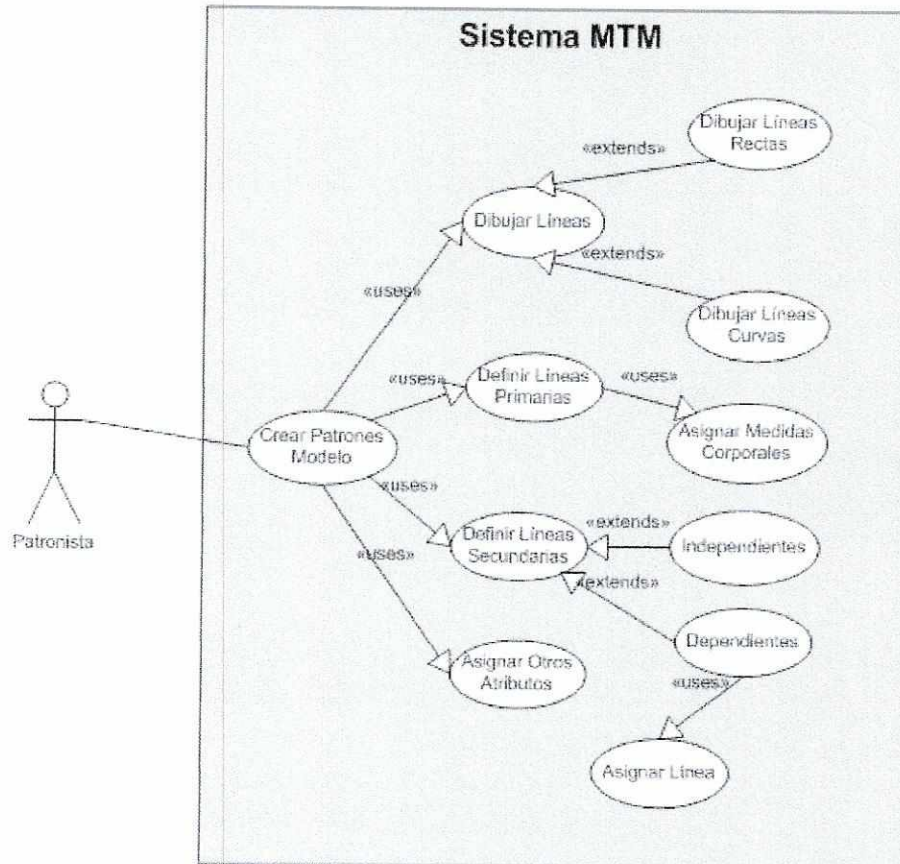
El primer caso de uso describe la interacción de un consumidor con el Sistema MTM. Una persona a la hora de adquirir una prenda de vestir hecha a su medida, tiene por lo menos que realizar los siguientes tres pasos: ingresar su información personal (incluyendo sus medidas corporales), seleccionar la prenda de vestir que desea y mandar la orden para que se realice la pieza.

Primer caso de uso: Consumidor – Sistema MTM



El segundo caso de uso es el más complejo de todos, representa la interacción entre el constructor de patrones con el Sistema MTM. Este usuario tiene la tarea de crear los patrones modelo que en el futuro serán utilizados para generar los patrones MTM. Debe dibujar todas las líneas, asignarles sus dependencias y atributos.

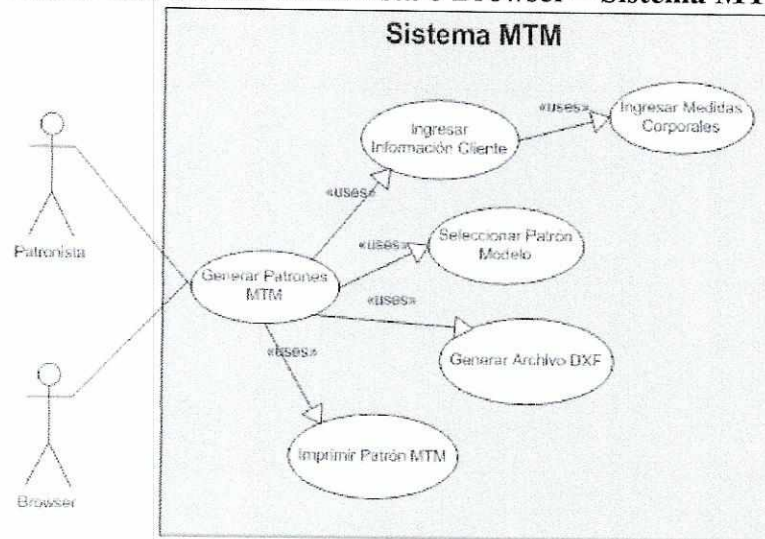
Segundo caso de uso: Patronista – Sistema MTM



El tercer caso de uso representa las operaciones que existen con los dos tipos de usuarios más comunes de un sistema MTM. Por último cuando se tienen definidos todos los patrones modelo, tanto el constructor de patrones como el cliente (e.g. un navegador de Web), tienen la capacidad de mandar a generar patrones MTM. Para esto es necesario ingresar la información de la persona a quien se le hará la prenda de vestir, seleccionar el patrón modelo y finalmente exportar los datos a un archivo DXF²³ o mandar a imprimir el marcador.

²³ Data Exchange File, ver Glosario.

Tercer caso de uso: Patronista o Browser – Sistema MTM



Los diagramas de caso de uso ayudaron a dividir la aplicación en tres módulos principales. Cada uno de estos módulos se encargará de manejar las tres operaciones básicas necesarias para generar un patrón a la medida. La primera operación consiste en ingresar las medidas corporales de un individuo específico. Por lo tanto, el primer módulo está encargado de verificar las medidas y almacenarlas correctamente en la base de datos. La segunda operación es seleccionar las opciones de estilo, o bien seleccionar la prenda. El módulo encargado de esta tarea lleva el control de las categorías de vestido y las piezas que constituyen cada una de ellas. Por último, está el módulo más importante, el que recibe toda la información de los patrones modelos y calcula los puntos de los patrones MTM.

Como se puede observar en los casos de uso, se tienen varios tipos de usuarios. Es por esto que a su vez cada uno de los tres módulos del programa están divididos en tres capas: capa de datos, negocios y gráfica o de usuario. Esto le da más flexibilidad a la aplicación para futuras modificaciones. La interfaz gráfica actual está orientada a un usuario poco conocedor de la construcción de patrones. Solamente tiene que ingresar sus medidas, elegir un estilo de falda y oprimir el botón de generar el patrón. Aunque la capa de usuario es bastante sencilla, la capa de negocios y la de datos están hechas para soportar una interfaz gráfica más compleja orientada a un diseñador de patrones profesional. Las capas también permiten utilizar distintas bases de datos según las necesidades del usuario, por ejemplo utilizar MySQL o SQL Server si se trata de un experto en patrones o SQLite si se trata de una aficionado a la costura.

Figura 36. Módulos y capas

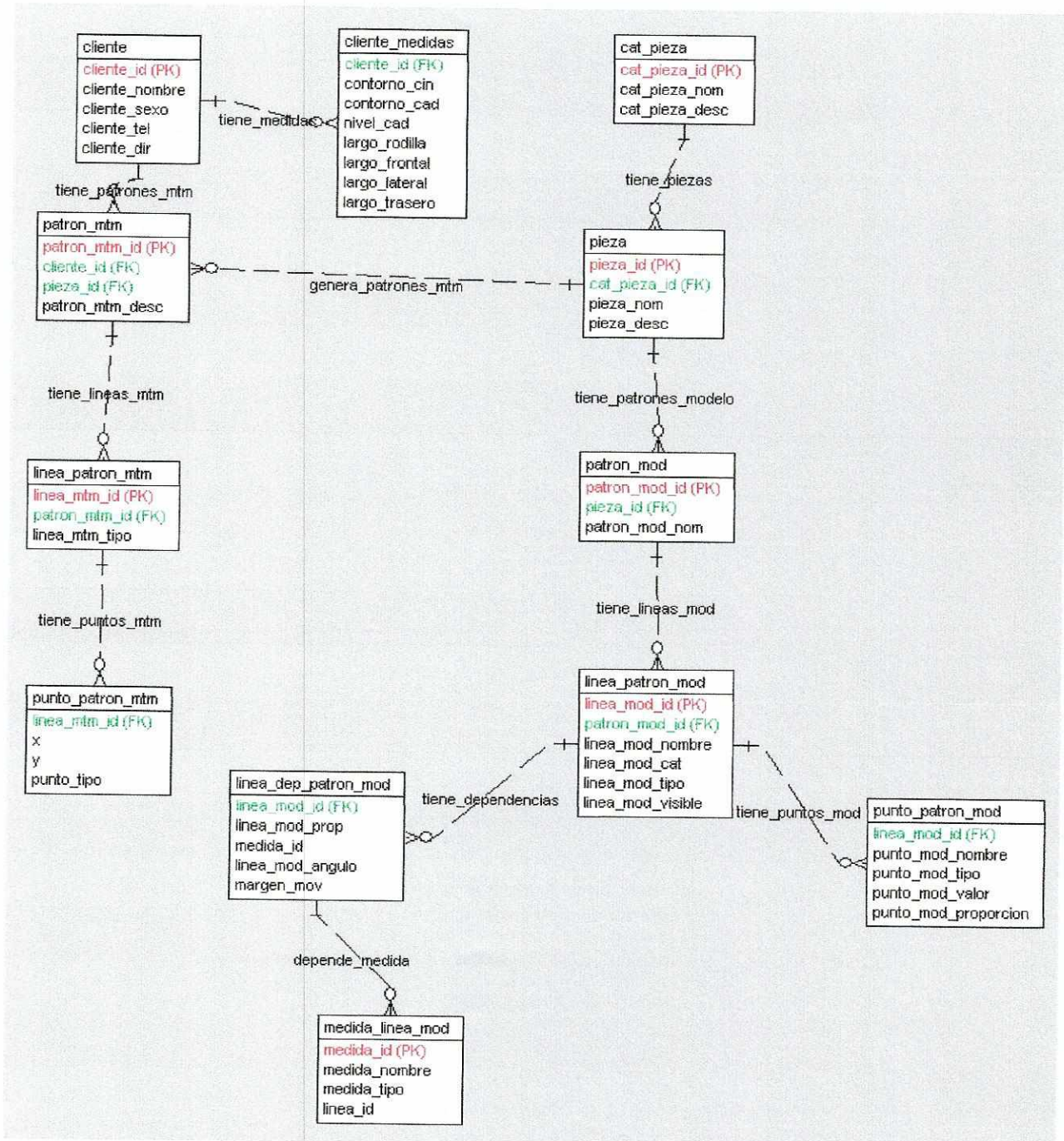
Módulo de medidas y datos de clientes	
	Capa gráfica Capa de negocios Capa de datos
Módulo de opciones de estilo	
	Capa gráfica Capa de negocios Capa de datos
Módulo de patrones modelo y MTM	
	Capa gráfica Capa de negocios Capa de datos

E. Diseño de base de datos

Toda la información necesaria para el correcto funcionamiento del Sistema MTM puede ser almacenada en una base de datos relacional. Ésta se puede dividir en tres áreas principales:

- Datos relacionados con los clientes: Las tablas de esta área contienen la información personal del cliente (nombre, género, teléfono, etc.), incluyendo todas sus medidas.
- Datos relacionados con los patrones modelo: Estas tablas ya fueron descritas anteriormente. En ellas se almacenan los distintos patrones modelo que forman una pieza. Cada patrón modelo está formado por varias líneas que, a su vez, tienen dependencias y puntos.
- Datos relacionados con los patrones hechos a la medida: Cada patrón hecho a la medida está identificado por el cliente al que pertenece y el tipo de pieza que representa. El patrón MTM, al igual que el modelo está formado por una serie de líneas y puntos. Sin embargo, los puntos de este patrón ya no son simbólicos, tienen asignados valores sobre los ejes X y Y.

Diagrama 3. Diagrama Entidad – Relación de la base de datos



F. Algoritmo importante

Para generar los patrones hechos a la medida se necesita seguir un algoritmo principal que está formado por una serie de búsquedas. El patrón se bosqueja según se vayan calculando los puntos de las líneas modelo que lo forman. Aquí es donde el método de bosquejar, mencionado anteriormente, se lleva a cabo. Dentro de un rectángulo imaginario se bosquejan una serie de líneas calculando ángulos y magnitudes. El algoritmo es el siguiente:

- ▶ Obtener todos los patrones de la pieza elegida
- ▶ Por cada patrón de la pieza hacer lo siguiente
 - Obtener todas las líneas y puntos del patrón.
 - Buscar la línea que contiene el punto cero del patrón.
 - Mientras no se hayan calculado todos los puntos de patrón hacer lo siguiente:
 - Buscar los puntos finales de la línea.
 - Determinar si la línea actual es una recta o una curva. Si es una recta se calculan sólo los puntos finales, de lo contrario también se calculan dos puntos de control.
 - Determinar si la línea actual es primaria. Si es primaria obtener las medidas corporales, proporción y dirección para calcular los puntos. Si es secundaria determinar si es dependiente o independiente. Verificar si es posible en este instante calcular los puntos de la línea secundaria. En caso que no sea posible calcularla buscar un nuevo punto de partida de otra línea para seguir bosquejando el patrón.
 - Almacenar los puntos calculados en la base de datos.
 - Tomar uno de los puntos finales de la nueva línea calculada como nuevo punto de partida.
- ▶ Dibujar o imprimir el patrón MTM.

El código fuente de este algoritmo se puede observar en el apéndice. (Apéndice: Código Fuente 1, 2, 3 y 4)

G. Descripción de herramientas utilizadas

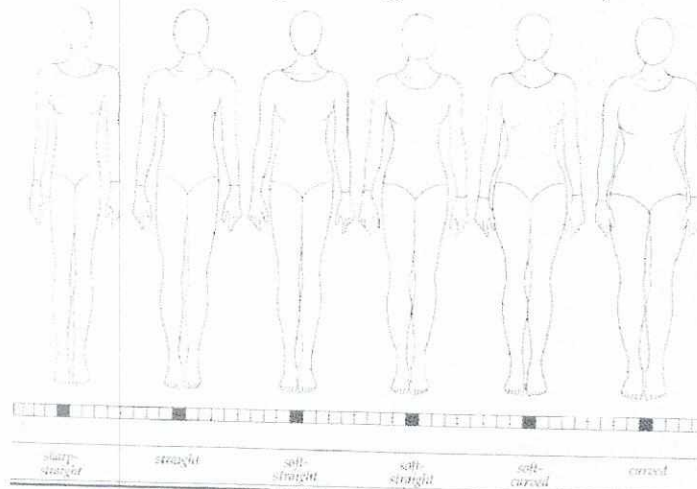
La base de datos relacional utilizada fue MySQL 4.0. Es una herramienta de código abierto con muy buena documentación y es una solución robusta, confiable y eficiente. También se eligió por estar disponible en Internet sin costo alguno, es fácil de utilizar y además existen una variedad de componentes que facilitan la comunicación de la base de datos con otras aplicaciones de programación.

La herramienta de programación empleada fue Delphi 7. Vale la pena mencionar, que esta aplicación para patrones MTM puede ser implementada en cualquier lenguaje de programación. Se eligió Delphi porque facilita el dibujo de los patrones al incluir funciones para gráficas como el dibujo de curvas de Bézier. Además es un compilador muy rápido orientado a objetos. La estructuración del programa utilizando clases lo hace más comprensible y ordenado. También facilita su modificación para versiones posteriores.

H. Análisis de figuras corporales

No a todas las personas les favorece el mismo tipo de ropa. Todos los seres humanos tienen cuerpos con proporciones diferentes. El análisis de figuras consiste en determinar a través de una serie de medidas, la figura básica (recta o curva) a la que un cuerpo humano pertenece. Habiendo determinado la categoría a que pertenece, se puede elegir a través de un conjunto de normas de estética una serie de prendas de vestir que le ayudarán a un individuo resaltar sus cualidades y cubrir sus defectos.

Parte de la propuesta era implementar un módulo que proporcionara dicha información. Dado que es un campo bastante extenso y se necesita de mucha información sobre el cuerpo humano para llegar a determinar el tipo de figura, se decidió no continuar con este módulo ya que necesita de otras herramientas que faciliten la obtención de toda la información necesaria.

Figura 37. Tipos de figura de un cuerpo

Sin embargo, se piensa agregar una tabla que asocia a cada pieza con los tipos de silueta que existen y les asigna un porcentaje de aceptación según lo favorable o desfavorable sea para esa figura específica. Si la persona llega a determinar su tipo de figura a través de otros medios se podrá consultar esta tabla a la hora de ordenar un patrón.

Tabla 5. Tabla de análisis de figuras

Pieza	Figura recta-aguda	Figura recta	Figura recta suave	Figura curva suave
Falda Recta	50%	60%	70%	80%
Falda Circular	80%	90%	100%	60%
Falda Tipo A	20%	30%	50%	70%

La digitalización corporal es una de las tecnologías en el mercado que trata de solucionar el problema de realizar un análisis de figura de una persona con exactitud. Por lo general, se necesitan tomar muchas medidas del cuerpo para determinar a que grupo corresponde. Hay quienes simplemente no tienen el tiempo o la paciencia para hacerlo. La digitalización obtiene los resultados rápidamente. Dicho dato puede ser transferido a un sistema CAD y con él aconsejar al consumidor acerca del vestuario que desea comprar.

Se considera que este módulo puede ser importante en el futuro, pues cada vez son más las personas que se preocupan por este tipo de cosas, basta ver todos los programas televisivos dedicados al buen vestir.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se logró implementar una aplicación que genera patrones para vestuario hecho a la medida sin la necesidad de un patrón base o la existencia de un esquema de tallas. ¿Cómo se hizo esto? Al existir patrones modelo con puntos puramente simbólicos se elimina la necesidad de utilizar un patrón con una talla base. Si el lector conoce un poco sobre la programación orientada a objetos, puede ver los patrones modelo como la clase y los patrones a la medida como las instancias de dicha clase, o bien, los objetos. Pensando en programación orientada objetos surgió la idea de crear patrones genéricos, cuyas líneas solamente tuvieran una dirección, alguna asociación con una medida del cuerpo y fueran únicamente guías para bosquejar los patrones MTM. Este patrón modelo se reutiliza cada vez que se quiera generar patrones específicos, el diseñador debe ingresar el patrón modelo solamente una vez. Si se piensa en todas las ventajas que existen al programar utilizando clases (reutilización, abstracción, claridad, etc.) de la misma manera se pueden aplicar con los patrones modelo. En el futuro podría existir algún tipo de herencia cuando un patrón modelo más complejo hereda ciertas características de otro más sencillo. Soluciones comerciales MTM mencionadas anteriormente logran generar estos patrones a la medida, mediante alteraciones sobre tallas preexistentes, utilizan este método pues la mayoría ya tienen toda la infraestructura para el manejo de tallas. Esto puede ser una desventaja debido a que no existe un estándar único de tallas. En la actualidad, no existe una talla base particular para ropa de dama o caballero. El rango de tallas es tan diverso que se tiene un esquema de tallas para diversos grupos de tipo de cuerpo (personas de baja estatura, personas altas, personas voluminosas, adolescentes, etc.). Ya no existe una sola talla diez, sino una talla diez pequeña, diez grande, diez Teen²⁴ y muchas más. Empleando el mecanismo propuesto de patrones modelo para construir patrones MTM es posible obviar el problema de determinar un patrón base.

Una posible desventaja con la solución presentada es que para cada patrón ordenado se deben calcular todos los puntos que lo conforman. No existe ningún punto que se quede almacenado o precalculado. Cuando se utiliza una talla base o próxima solamente se

²⁴ Tallas para jóvenes o adolescentes.

calculan los puntos que tienen la posibilidad de cambiar haciendo el proceso un poco más rápido. Por otro lado, como se mencionó anteriormente, un patrón con alteraciones debe estar asociado a un patrón de una talla existente, ésta talla por lo general es la que más se aproxima a las medidas del cliente específico. Muchas veces puede ser costosa la búsqueda de la talla más cercana. Sin embargo, las computadoras son cada vez más rápidas y este tipo de tareas se hacen cada vez en menor tiempo.

El hecho que exista un patrón completamente simbólico o modelo le ahorra al diseñador de patrones la tarea de crear tablas de definición de tallas, donde tendrá que hacer una asociación por cada tamaño ordenado con un tamaño actual e ingresar la cantidad que se aplicará a cada regla de alteración.

Figura 38. Tabla de definición de tallas alteradas

ACTUAL SIZE	ORDERED SIZE	ACTUAL SIZE	ORDERED SIZE	ACTUAL SIZE	ORDERED SIZE
34	34XS	34	34S	34	34R
ALT RULE NAME	AMOUNT	ALT RULE NAME	AMOUNT	ALT RULE NAME	AMOUNT
COATLENGTH	-1.752	COATLENGTH	-1.130		
SLVLENGTH	-1.500	SLVLENGTH	-1.000		

El procedimiento para generar los patrones específicos como se mencionó anteriormente consta de una serie de búsquedas (Apéndice: Código Fuente 2,3 y 4). El proceso termina cuando todos los puntos simbólicos que forman el patrón son calculados. Se inicia buscando el punto cero, o bien, el origen. Después se asocia ese punto con una línea primaria, es decir, que depende de una medida corporal.

Tabla de puntos modelo

Nombre	Tipo		
A	Punto cero	→	Línea AB
B	Punto final		

Luego, se deben buscar los siguientes puntos dentro de esa línea que están conectados al punto inicial. Al terminar de definir la línea actual, se busca otra línea que tenga dentro de ella alguno de los dos puntos finales calculados anteriormente.

Opción 1

Tabla de puntos modelo

Nombre	Tipo	
B	Punto final	→ Línea BC
C	Punto final	

Opción 2

Tabla de puntos modelo

Nombre	Tipo	
A	Punto cero	→ Línea AF
F	Punto final	

En el caso que no se encontrara otra línea que contuviera alguno de esos puntos, se busca un nuevo punto de partida. Este nuevo origen debe cumplir ciertas características: Primero, si pertenece a una línea dependiente por lo menos uno de los puntos finales debe estar inicializado o tener un valor previamente calculado. Segundo, si pertenece a una línea independiente tanto el nuevo punto de partida como el punto final deben tener valores asignados.

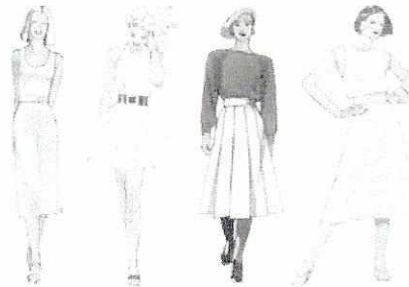
A la hora de ejecutar el programa, es posible observar que en ocasiones durante el proceso para generar el patrón MTM, se elige un nuevo punto de partida únicamente para luego determinar que no cumple con los requisitos mencionados. Una solución sería una optimización de búsqueda, o bien, tratar de hacer la aplicación más inteligente y que aprendiera cuál es el camino que debe seguir para construir cada patrón. Una aplicación comercial utiliza algoritmos genéticos para solucionar este problema (Pág. 36). Los algoritmos genéticos representan las soluciones en cadenas codificadas que reciben el nombre de cromosomas. Dichos algoritmos se inspiran de la teoría de Darwin de la evolución. A través de una serie de selecciones se determina la mejor solución. En el caso de generar un patrón MTM la mejor solución sería la cadena más corta que contiene todos los puntos del patrón. Actualmente no existe ninguna implementación de este tipo en el sistema. La única optimización que se hizo fue asumir que en la mayoría de los casos la

siguiente línea que se puede bosquejar contiene alguno de los dos puntos finales de la línea actual, esto se debe a que los patrones siempre son polígonos cerrados. Esto hace que se visiten menos puntos repetidos pero no elimina por completo este fenómeno.

Por último, tanto esta propuesta como todas las disponibles en el mercado dependen del talento y creatividad del constructor de patrones. Se debe tomar un patrón y convertirlo a un patrón modelo. Esta tarea puede complicarse o facilitarse según la interfaz gráfica que se le proporcione a la aplicación. Por ahora, cada uno de los patrones de falda que se utilizaron fueron ingresados manualmente a la base de datos, trabajo que puede ser un poco tedioso y además complicado, pues se deben calcular cada uno de los ángulos y proporciones de las líneas de los patrones. La calidad del patrón hecho a la medida depende de la habilidad del patronista para hacer el correcto diseño del patrón modelo. De igual forma, un patrón alterado depende de calidad del patrón base.

Cuatro tipos de faldas fueron ingresadas a la base de datos para este trabajo de graduación: Falda recta con pinzas, Falda circular, Falda de 10 quillas y Falda tipo A.

Figura 39. Tipos de falda para patrones modelo



IX. CONCLUSIONES

- ▀ Los pasos básicos hacia el desarrollo de vestuario hecho a la medida (MTM) son: digitalización del cuerpo, corte sencillo o de una sola capa, sistemas CAD, diseño correcto de patrones y evolución de la Web. Toda aplicación necesita de estos pasos si quiere ser eficiente a gran escala.
- ▀ La construcción de patrones es una de las partes cruciales del proceso de diseño y desarrollo de las prendas de vestir. Es necesario tener un conocimiento básico de la construcción de patrones para poder realizar una aplicación de este tipo. Además, se debe tomar en cuenta la supresión, el margen de movimiento y estabilidad de la tela a la hora de diseñar los patrones.
- ▀ La razón principal por el alto desagrado en el tallado de una prenda es que la ropa está diseñada para una talla estándar o modelo y luego es graduada a tallas menores y mayores. Esta aplicación logró generar patrones sin la necesidad de utilizar una talla base utilizando patrones modelo y bosquejando patrones MTM.
- ▀ Es esencial que el software MTM sea diseñado para proveer un ingreso rápido y sencillo de los detalles del consumidor y medidas del cuerpo, que sea capaz de integrar la información proveída para generar los patrones y sea compatible con una amplia variedad de trazadoras y cortadoras.
- ▀ El software especializado para crear patrones hechos a la medida se implementa de dos formas: programando los métodos y reglas tradicionales de confección, es decir, creando un patrón desde cero; o bien, aplicándole alteraciones a los patrones que han sido graduados de manera estándar. El método de alteraciones es eficiente cuando ya se tiene una infraestructura orientada a tallas. De lo contrario el primer método facilita la generación de patrones a la medida, se elimina la necesidad de elegir una talla base, es por esto que la aplicación está hecha de esta forma.

X. RECOMENDACIONES

El desarrollo de patrones para vestuario requiere de mucha creatividad y algunos conocimientos matemáticos. Esta aplicación tiene únicamente completa la base o las capas más baja del proceso para generar patrones a la medida. Se requiere del diseño y desarrollo de una interfaz de usuario amigable y flexible para la creación de los patrones modelo. El éxito dependerá de la comodidad que sienta el diseñador de patrones al momento de utilizar esta herramienta.

Por ahora la única opción de estilo que se le da al usuario es la selección de distintos tipos de piezas. En el futuro se le podrían agregar más opciones como tipo de tela, color y accesorios (botones, bolsas, estampados, etc.). La unidad de medida que se utiliza actualmente son centímetros. Será conveniente que más adelante se puedan utilizar varias unidades de medida, con las que el usuario se sienta más cómodo.

Se necesita de una trazadora (plotter) para imprimir los patrones. Sistemas MTM orientadas a personas particulares que no tienen acceso a este tipo de impresión parten los patrones a la medida en una serie de hojas tamaño carta para luego ser impresos en una impresora normal. Un módulo que realice esta tarea ayudaría a popularizar esta aplicación.

Implementar algoritmos de optimización de búsqueda puede ayudar significativamente el desempeño de la aplicación. Para aquellos interesados en el área de inteligencia artificial, la utilización de algoritmos genéticos para esto puede ser un trabajo atractivo.

El contenido presentado en este documento es solamente una pequeña parte de lo que se puede hacer en el área de personalización en masa. Se recomienda que los interesados en este campo sigan investigando maneras de cómo integrar la tecnología para aumentar la efectividad a la hora de producir artículos o prendas de vestir hechas a la medida o deseos de una persona.

XI. RECONOCIMIENTOS

Le agradezco al Ingeniero Gustavo Lara por haber aceptado ser mi asesor de trabajo de graduación. Gracias por su ayuda y apoyo en estos meses.

Gracias especiales al Ingeniero José Luis Chacón y demás personal de Koramsa por proporcionarme con material esencial para el desarrollo de mi trabajo de graduación. Por estar siempre dispuestos a colaborar y haberme recibido en sus instalaciones muy amablemente.

A la Licenciada Teresa de Molina de la Universidad del Istmo, le agradezco su asesoría y colaboración con material bibliográfico.

Al personal de VESTEX, gracias por recibirme en sus oficinas y proporcionarme información sobre la industria textil en Guatemala.

Gracias también al Ingeniero Héctor Villafuerte por su ayuda y por regalarme el libro que me animó a elegir este tema.

Finalmente, agradezco a mis abuelos por siempre brindarme su ayuda incondicional.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Aaronson Jack. 2003. *Personalization, Meet Mass Customization*. ClickZ Network. (www.clickz.com).
- [2] Agexpront. 2004. «Tendencias». Data Export, La Revista del Comercio Exterior [Guatemala]. II (143):28.
- [3] Ahuja Manju; Babita Gupta y Pushkala Raman. 2003. «An Empirical Investigation of Online Consumer Purchasing Behavior». Communications of the ACM. 46(12):45-51
- [4] American Fit. 2001. (<http://www.americanfit.com>)
- [5] Anderson L.J., et al. 1997. «Discovering the Process of Mass Customization: A Paradigm Shift for Competitive Manufacturing».
- [6] Beazley Alison; Ferry Bond. 2003. *Computer-aided pattern design & product development*. Oxford UK. Blackwell Publishing Ltd. 220 Págs.
- [7] Centro de Cultura por Correspondencia. 1978. *Curso Fémima de Corte y Confección*. San Sebastián España. 21 Volúmenes.
- [8] Chittaro Luca; Corvaglia Demis. 2002. «3D Virtual Clothing: from Garment Design to Web3D Visualitation and Simulation». University of Undine, Italy.
- [9] Chuy Jeréz de Barrios Yasmina Maritza. 2003. *Pasos para el manejo de herramientas digitales en la elaboracion de marcadores utilizando sistema Gerber*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala e Instituto Femenino de Estudios Superiores. 126 Págs.
- [10] Cordier Frederic; Seo Hyewon y Magnenat-Thalmann Nadia. 2003. «Made to Measure Technologies for Online Clothing Store». IEEE Computer Graphics and Applications [MIRALab University of Geneva], pp. 38-48.
- [11] DesMarteau Kathleen. 2004. «Lectra Acquires Investronica». Apparel, The Business and Technology Authority (www.apparelmag.com).
- [12] Dewan Rajiv; Bing Ping y Abraham Seidmann. 2000. «Achieving First-Mover Advantage through Product Customization on the Internet». William E. Simon Graduate School of Business Administration [University of Rochester].
- [13] Fralix Michael. 2001. «From Mass Production to Mass Customization». Journal of Textile and Apparel, Technology and Management [NC State University, USA]. 1(2):1-7
- [14] Gerber Garment Technology Inc. 1996. *AccuMark Applications Guide*. E.E.U.U. 126 Págs.
- [15] Gerber Garment Technology Inc. 1996. *AccuMark System Management, User's Guide*. E.E.U.U. 328 Págs.
- [16] Gerber Scientific. 2004. *What is Mass Customization?* (www.mass-customization.com).
- [17] Interactive Custom Clothes Company IC3D. 2004. *Our Technology*. (www.ic3d.com).
- [18] Joseph-Armstrong Helen. 2000. *Pattern Making for Fashion Design*. Tercera Edición. Nueva Jersey, E.E.U.U. Prentice Hall, Inc. 821 Págs.
- [19] Kufahl Lee Anne. 2003. *Finding a CAD Pattern Making Service To Fit Your Manufacturing Needs*. TECHEXCHANGE, (www.techexchange.com).
- [20] Larkey Jan. 1992. *Flatter your figure*. New York, USA. Simon & Schuster. 102 Págs.

- [21] Lectra Sistems. 2004. *Fashion, Apparel*. (www.lectra.com/en/fashion_apparel/)
- [22] Lee Seung-Eun Ms.; Dr. Joseph C. Chen. 2000. «Mass Customization Methodology for an Apparel Industry with a Future». *Journal of Industrial Technology*. 16(1):1-8
- [23] Leithold Louis. 1999. *El Cálculo*. Séptima Edición. México. Oxford University Press. Págs 1360.
- [24] Plant Darril. 1996. *What's a Bezier Curve?* (<http://www.moshplant.com/director/bezier/index.html>)
- [25] Pooser Doris. 1985. *Always in style with color me beautiful*. Washington D.C. USA. Acropolis Books Ltd. 198 Págs.
- [26] Price Jeanne; Bernard Zamkoff. 1983. *Grading techniques for modern design*. New York, USA. Fairchild Publications.
- [27] Ross Terry. 2001. *Made to Measure: Finding a "Fit" with the Industry*. TECHEXCHANGE, (www.techexchange.com).
- [28] Textile/Clothing Technology Corporation [TC]². 2004. *An Introduction to the Body Measurement System for Mass Customized Clothing*. TECHEXCHANGE, (www.techexchange.com).
- [29] Vernick Gudiel (2004, 10 de febrero). *Vestuario y textiles, el negocio de moda*. *Prensa Libre*. Pág. 20.
- [30] Vestex (Comisión del Vestuario y Textiles). 2000. *Benchmarking del Cluster de Maquila*. Agexpront Guatemala. 126 Págs
- [31] Weiss Chase Renee. 1997. *CAD for Fashion Design*. USA. Prentice Hall. 174 Págs.

XIII. APÉNDICES

Figura 1.

Tendencias en Guatemala

Data Export, La Revista de Comercio Exterior. 2004. Publicación Mensual de Agexpron.

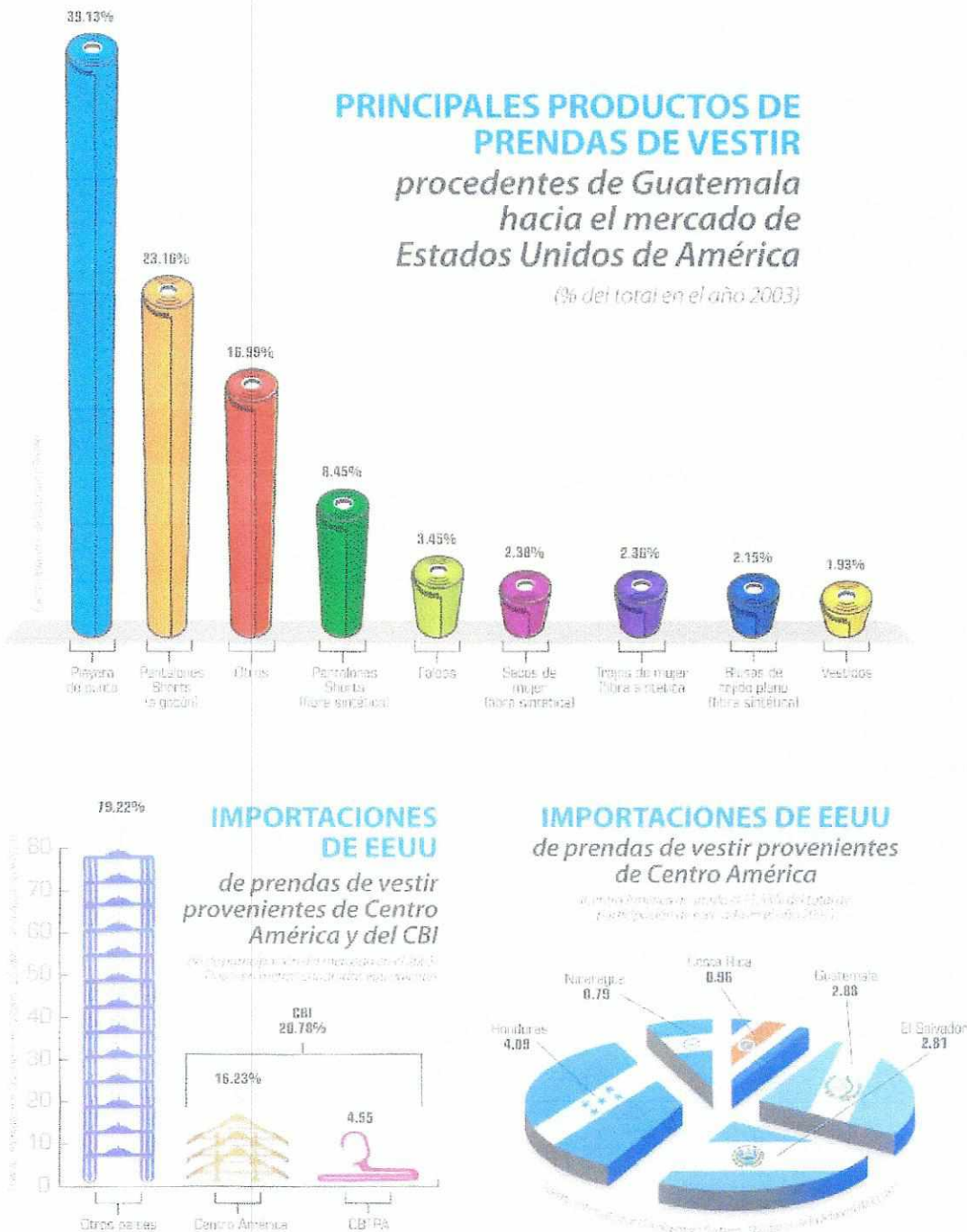
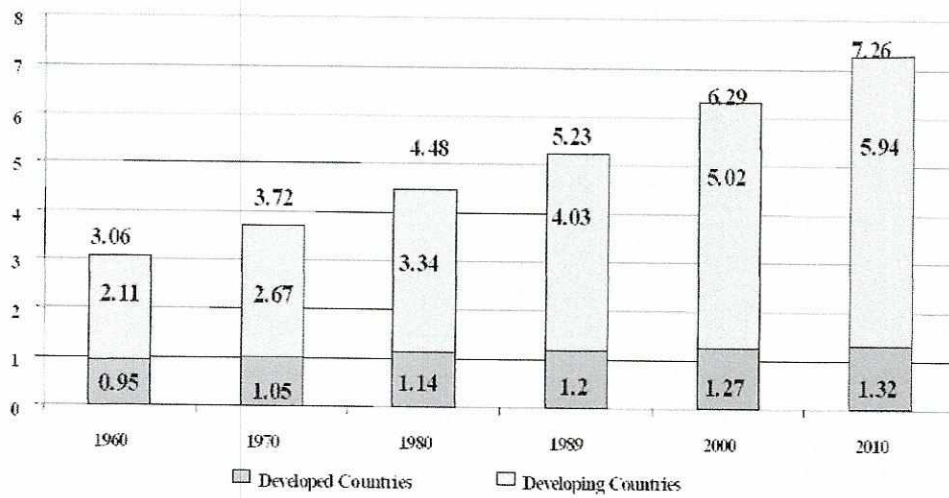


Figura 2.

Población mundial en billones

Fralix Michael. 2001. «From Mass Production to Mass Customization».

**Figura 3.**

Patrón de falda recta.

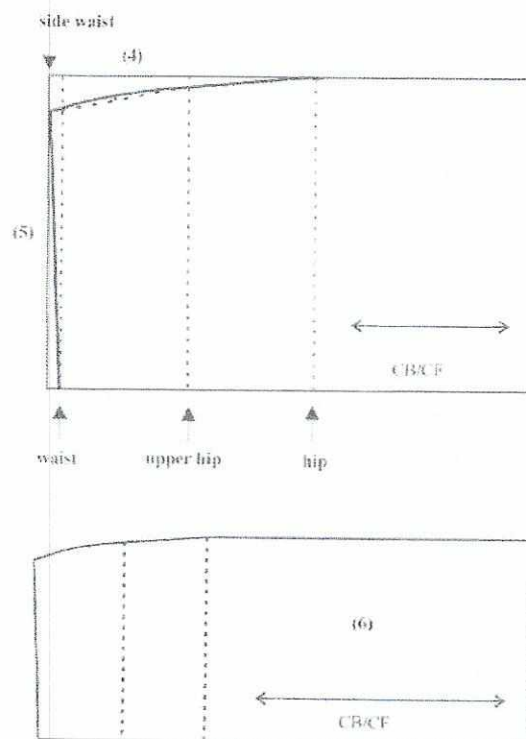
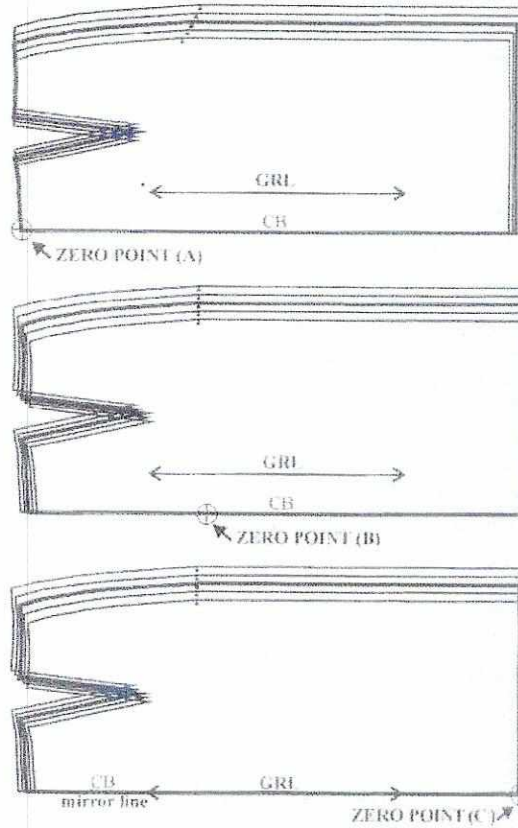
Beazley Alison; Ferry Bond. 2003. *Computer-aided pattern design & product development*.

Figura 4.

Graduado de falda recta con distintos punto cero

Beazley Alison; Ferry Bond. 2003. *Computer-aided pattern design & product development.*

**Figura 3.**

Distintos tipos de faldas

Joseph-Armstrong Helen. 2000. *Pattern Making for Fashion Design.*

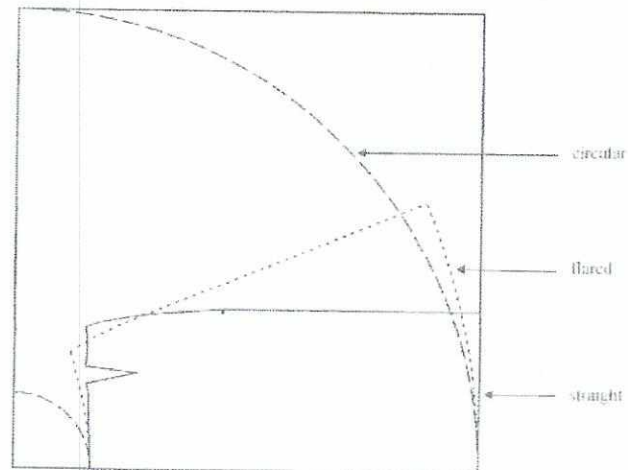
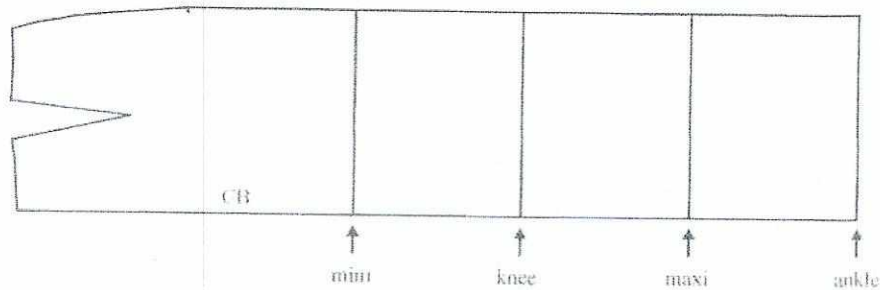


Figura 3.

Distintos largos de faldas

Joseph-Armstrong Helen. 2000. *Pattern Making for Fashion Design*.**Tabla 1.**

¿Qué artículos se compran más en línea?

Ahuja Manju; Babita Gupta y Pushkala Raman. 2003. «An Empirical Investigation of Online Consumer Purchasing Behavior».

Categoría	Compras Presentes	Futuras Intenciones
Viajes	56.9%	82.3%
Audio-Video	50.4%	77.4%
Vestuario	38.6%	59.1%
Computadores y Accesorios	28.6%	61.7%
Entretenimiento	19.2%	48.4%
Salud	14.2%	27.3%
Deportes	10.7%	36.3%
Alimentos/Hogar	6.9%	14.1%

Código Fuente 1.

Estructuras de datos para los Patrones modelo y MTM

```

type TLineCategory = (Depnt, Indnt);
type TLineType = (Straight, CurveCW, CurveCCW);
type TMeasureType = (BodySize, LineSize);
type TPointType = (Zero, EndPoint, ControlPoint);
type TFalda = (FRecta, FTipoA, FQuillas, FCircular);

type
  TPattern = Record
    Id : Integer;
    Nombre : String;
  end;

```

```
type PPattern = ^TPattern;
```

```
type
```

```
  TLine = Record  
    Id : Integer;  
    Categoria : TLineCategory;  
    lType : TLineType;  
    Visible : Boolean;  
  end;
```

```
type PLine = ^TLine;
```

```
type
```

```
  TLineDepData = Record  
    Proporcion : Double;  
    MedidaId : Integer;  
    Angulo : Double;  
    MargenMov : Double;  
  end;
```

```
type PLineDepData = ^TLineDepData;
```

```
type
```

```
  TLineMeasure = Record  
    Nombre : String;  
    mType : TMeasureType;  
    LineaId : Integer;  
  end;
```

```
type PLineMeasure = ^TLineMeasure;
```

```
type
```

```
  TPatternPoint = Record  
    LineIndex : Integer;  
    LineId : Integer;  
    Nombre : String;  
    pType : TPointType;  
    Valor : Double;  
    Proporcion : Double;  
  end;
```

```
type PPoint = ^TPatternPoint;
```

```
type
```

```
  TPatternMTM = Record  
    Id : Integer;  
    clienteId : Integer;  
    piezaId : Integer;  
    Descripcion : String;  
  end;
```

```
type PPatternMTM = ^TPatternMTM;
```

```
type
```

```
  TLineMTM = Record  
    Id : Integer;  
    patronId : Integer;  
    lType : TLineType;  
    Visible : Boolean;  
  end;
```

```
type PLineMTM = ^TLineMTM;
```

```

type
  TPointMTM = Record
    lineaId : Integer;
    X : Double;
    Y : Double;
    pType : TPointType;
  end;

type PPointMTM = ^TPointMTM;

```

Código Fuente 2.

Procedimiento principal para generar un patrón MTM

```

procedure Build_MTMPattern(patronId : Integer);
var
  actualModPointIndex : Integer;
  actualModLineIndex : Integer;
  actualModLine : PLine;
  actualModPoint : PPoint;
  LineDepData : PLineDepData;
  LineMeasure : PLineMeasure;
  totalSetPoints : Integer;
  zeroPoint : PListItem;
begin
  //Obtener las lineas de patron modelo
  getModPatternLinesList(patronId);

  //Obtener todos los puntos del modelo
  allPatternModPoints := getAllModPatternPoints;

  //Encontrar indice del punto CERO
  actualModPointIndex := findZeroPoint;

  //Punto modelo actual es el cero y su respectiva linea
  actualModPoint := allPatternModPoints.Items[actualModPointIndex];
  actualModLineIndex := actualModPoint.LineIndex;
  actualModLine := getModPatternLine(actualModLineIndex);
  zeroPoint := PointTable.Items[actualModPointIndex];
  zeroPoint.isSet := true;

  //Cuenta de puntos inicializados
  totalSetPoints := 0;

  //Mientras que no todos los puntos estén inicializados
  while totalSetPoints < allPatternModPoints.Count do
  begin
    if actualModLine.Categoria = Depnt then //Lineas Dependientes
    begin
      //Obtener Dependencia y Magnitud
      LineDepData := getModPatternLineDep(actualModLine.Id);
      LineMeasure := getModLineMeasure(LineDepData.MedidaId);

      case Ord(actualModLine.lType) of //Acción según el tipo de línea
      Ord(Straight): //Recta
      begin
        //Calcular puntos finales
        actualModPointIndex := calcularDepPuntosRecta();
        totalSetPoints := totalSetPoints + 2; //Puntos Inicializados

        if actualModPointIndex = SearchErr then //Error de Búsqueda
          actualModPointIndex := getNewStart; //Obtener Nuevo origen
        end;

```

```

Ord(CurveCW): //Curva
begin
  //Calcular puntos finales y de control
  actualModPointIndex := calcularDepPuntosCurva();
  totalSetPoints := totalSetPoints + 3; //Puntos Inicializados

  if actualModPointIndex = SearchErr then
    actualModPointIndex := getNewStart;
  end;
end;
end
else //Es una linea sin dependencias
begin
  case Ord(actualModLine.lType) of //Acción según el tipo de linea
  Ord(Straight): //Recta
  Begin
    //Asignar puntos finales
    actualModPointIndex := calcularPuntosRecta();
    if actualModPointIndex = ValidationErr then
      //Algún punto final no está inicializado
      actualModPointIndex := getNewStart //Obtener Nuevo origen
    else
      begin
        totalSetPoints := totalSetPoints + 2;
        if actualModPointIndex = SearchErr then //Error de Búsqueda
          actualModPointIndex := getNewStart //Obtener Nuevo origen
        end;
      end;
    end;
  Ord(CurveCW): //Curva
  begin
    //Asignar puntos finales y de control
    actualModPointIndex := calcularPuntosCurva();
    if actualModPointIndex = ValidationErr then
      //Algún punto final no está inicializado
      actualModPointIndex := getNewStart //Obtener Nuevo origen
    else
      begin
        totalSetPoints := totalSetPoints + 3;
        if actualModPointIndex = SearchErr then //Error de Búsqueda
          actualModPointIndex := getNewStart //Obtener Nuevo origen
        end;
      end;
    end;
  end;
end;
end;

if totalSetPoints < allPatternModPoints.Count then //Si todavia quedan puntos
begin
  //Obtener nueva linea actual
  actualModPoint := allPatternModPoints.Items[actualModPointIndex];
  actualModLineIndex := actualModPoint.LineIndex;
  actualModLine := getModPatternLine(actualModLineIndex);
end;

end; //Fin While

end; //Fin de Procedimiento

```

Código Fuente 3.

Procedimiento que calcula los puntos de una línea recta primaria o dependiente

```

function calcularDepPuntosRecta
(linea:PLine;origen:PPoint;dep:PLineDepData;
medida:PLineMeasure;origenIndex:Integer) : Integer;

```

```

var
  finIndex, nuevoOrigen, lineMTMId : Integer;
  pointIniRef, pointFin, pointIni : PListItem;
  fin : PPoint;
  magnitud : Double;
begin
  //Obtener valores de punto Origen
  pointIniRef := PointTable.Items[getPointValue(origen.Nombre)];

  //Encontrar Segundo punto final
  finIndex := find2EndPoint(linea.Id,origen.Nombre);
  fin := allPatternModPoints.Items[finIndex];

  //Calcular Punto Final
  pointIni := PointTable.Items[origenIndex];
  pointIni.X := pointIniRef.X;
  pointIni.Y := pointIniRef.Y;
  pointFin := PointTable.Items[finIndex];
  magnitud := getSize(medida);
  pointFin.X := ((dep.Proporcion*magnitud)+
(dep.MargenMov*magnitud))*RoundTo(Cos(DegToRad(dep.Angulo)), -2) + pointIni.X;
  pointFin.Y := ((dep.Proporcion*magnitud)+
(dep.MargenMov*magnitud))*RoundTo(Sin(DegToRad(dep.Angulo)), -2) + pointIni.Y;

  //Agregarlos a la Tabla, Insertar a DB
  pointIni.isSet := true;
  pointFin.isSet := true;

  //Insertar a lineas MTM
  lineMTMId := insertMTMLine(ActualMTMPattern, linea.lType, linea.Visible);
  insertMTMPoint(lineMTMId, pointIni.X, pointIni.Y, origen.pType);
  insertMTMPoint(lineMTMId, pointFin.X, pointFin.Y, fin.pType);

  //Obtener Nuevo punto de partida
  nuevoOrigen := nextModPoint(fin.LineId, pointFin.Name);
  if nuevoOrigen = SearchErr then
    nuevoOrigen := nextModPoint(fin.LineId, pointIni.Name);

  Result := nuevoOrigen;
end;

```

Código Fuente 4.

Procedimiento que calcula los puntos de una línea curva primaria o dependiente

```

function calcularDepPuntosCurva(linea:PLine;origen:PPoint;dep:PLineDepData;
medida:PLineMeasure;origenIndex:Integer) : Integer;
var
  finIndex, nuevoOrigen, lineMTMId, ctlIndex : Integer;
  control1, control2, fin : PPoint;
  pointIniRef, pointFin, pointIni, pointCtl1, pointCtl2: PListItem;
  puntoBaseX1, puntoBaseY1, puntoBaseX2, puntoBaseY2 : Double;
  pendienteInv, magnitud : Double;
begin
  //Obtener valores de punto Origen
  pointIniRef := PointTable.Items[getPointValue(origen.Nombre)];

  //Encontrar Segundo punto final
  finIndex := find2EndPoint(linea.Id,origen.Nombre);
  fin := allPatternModPoints.Items[finIndex];

  //Calcular Punto Final
  pointIni := PointTable.Items[origenIndex];

```

```

pointIni.X := pointIniRef.X;
pointIni.Y := pointIniRef.Y;
pointFin := PointTable.Items[finIndex];
magnitud := getSize(medida);
pointFin.X := ((dep.Proporcion*magnitud)+
(dep.MargenMov*magnitud))*RoundTo(Cos(DegToRad(dep.Angulo)), -2) + pointIni.X;
pointFin.Y := ((dep.Proporcion*magnitud)+
(dep.MargenMov*magnitud))*RoundTo(Sin(DegToRad(dep.Angulo)), -2) + pointIni.Y;

//Calcular Primer Punto de Control
ctlIndex := find1ControlPoint(linea.Id);
control1 := allPatternModPoints.Items[ctlIndex];
pointCtl1 := PointTable.Items[ctlIndex];
puntoBaseX1 := pointIni.X + (pointFin.X - pointIni.X)*control1.Proporcion;
puntoBaseY1 := pointIni.Y + (pointFin.Y - pointIni.Y)*control1.Proporcion;

//Calcular Primer Punto de Control
ctlIndex := find2ControlPoint(linea.Id, control1.Nombre);
control2 := allPatternModPoints.Items[ctlIndex];
pointCtl2 := PointTable.Items[ctlIndex];
puntoBaseX2 := pointIni.X + (pointFin.X + pointIni.X)*control2.Proporcion;
puntoBaseY2 := pointIni.Y + (pointFin.Y + pointIni.Y)*control2.Proporcion;

magnitud := Sqrt(Sqr(pointFin.X - pointIni.X)+Sqr(pointFin.Y - pointIni.Y));

//Calcular pendiente inversa
if (pointFin.Y <> pointIni.Y) then
  begin
    pendienteInv := -((pointFin.X - pointIni.X)/(pointFin.Y - pointIni.Y));
    if linea.lType = CurveCW then //Es una curva concava
      begin
        pointCtl1.X := puntoBaseX1 +
        (control1.Valor*magnitud)*RoundTo(Cos(ArcTan(pendienteInv)), -2);
        pointCtl1.Y := puntoBaseY1 +
        (control1.Valor*magnitud)*RoundTo(Sin(ArcTan(pendienteInv)), -2);
        pointCtl2.X := puntoBaseX2 +
        (control2.Valor*magnitud)*RoundTo(Cos(ArcTan(pendienteInv)), -2);
        pointCtl2.Y := puntoBaseY2 +
        (control2.Valor*magnitud)*RoundTo(Sin(ArcTan(pendienteInv)), -2);
      end
    else //Es una curva convexa CurveCCW
      begin
        pointCtl1.X := puntoBaseX1 -
        (control1.Valor*magnitud)*RoundTo(Cos(ArcTan(pendienteInv)), -2);
        pointCtl1.Y := puntoBaseY1 -
        (control1.Valor*magnitud)*RoundTo(Sin(ArcTan(pendienteInv)), -2);
        pointCtl2.X := puntoBaseX2 -
        (control2.Valor*magnitud)*RoundTo(Cos(ArcTan(pendienteInv)), -2);
        pointCtl2.Y := puntoBaseY2 -
        (control2.Valor*magnitud)*RoundTo(Sin(ArcTan(pendienteInv)), -2);
      end;
    end
  else //La pendiente inversa es una recta
    begin
      if linea.lType = CurveCW then //Es una curva concava
        begin
          pointCtl1.X := puntoBaseX1 +
          (control1.Valor*magnitud)*RoundTo(Cos(90), -2);
          pointCtl1.Y := puntoBaseY1 +
          (control1.Valor*magnitud)*RoundTo(Sin(90), -2);
          pointCtl2.X := puntoBaseX2 +
          (control2.Valor*magnitud)*RoundTo(Cos(90), -2);
          pointCtl2.Y := puntoBaseY2 +
          (control2.Valor*magnitud)*RoundTo(Sin(90), -2);
        end
      else //Es una curva convexa CurveCCW

```

```
begin
  pointCtl1.X := puntoBaseX1 -
    (control1.Valor*magnitud)*RoundTo(Cos(90),-2);
  pointCtl1.Y := puntoBaseY1 -
    (control1.Valor*magnitud)*RoundTo(Sin(90),-2);
  pointCtl2.X := puntoBaseX2 -
    (control2.Valor*magnitud)*RoundTo(Cos(90),-2);
  pointCtl2.Y := puntoBaseY2 -
    (control2.Valor*magnitud)*RoundTo(Sin(90),-2);
  end;

  //Agregarlos a la Tabla, Insertar a DB
  pointIni.isSet := true;
  pointFin.isSet := true;
  pointCtl1.isSet := true;
  pointCtl2.isSet := true;

  //Insertar a lineas MTM
  lineMTMId := insertMTMLine(ActualMTMPattern, linea.lType, linea.Visible);
  insertMTMPoint(lineMTMId, pointIni.X, pointIni.Y, origen.pType);
  insertMTMPoint(lineMTMId, pointFin.X, pointFin.Y, fin.pType);
  insertMTMPoint(lineMTMId, pointCtl1.X, pointCtl1.Y, control1.pType);
  insertMTMPoint(lineMTMId, pointCtl2.X, pointCtl2.Y, control2.pType);

  //Obtener Nuevo punto de partida
  nuevoOrigen := nextModPoint(fin.LineId, pointFin.Name);
  if nuevoOrigen = SearchErr then
    nuevoOrigen := nextModPoint(fin.LineId, pointIni.Name);

  Result := nuevoOrigen;
end;
```

XIV. GLOSARIO

Casos de uso: El diagrama UML de casos de uso representa la forma en como un Cliente (Actor) opera con el sistema en desarrollo, además de la forma, tipo y orden en como los elementos interactúan (operaciones o casos de uso). Un diagrama de casos de uso depende de los siguientes elementos: Actores, Casos de Uso y Relaciones.

Customer Relationship Management (CRM): Aplicación cuya función es darle seguimiento a los clientes de una empresa.

Diagrama Entidad-Relación: El diagrama de entidad-relación (también conocido como DER, o diagrama E-R) es un modelo de red que describe con un alto nivel de abstracción la distribución de datos almacenados en un sistema.

Formato DXF: Es la abreviatura para “Data Exchange File”. Es un formato para representar gráficas. Actualmente es compatible con la mayoría de sistemas CAD y es utilizado para el intercambio de información entre distintas aplicaciones. Fue creado originalmente por AutoDesk para el sistema AutoCad.

Graduado de patrones: Es el proceso de incrementar o disminuir en proporción un patrón maestro según las medidas del cuerpo brindadas.

Incremento de graduado: Es la diferencia en medida entre dos tallas, ya sea en un cuadro de tallas o un punto específico del patrón.

Marcadores: Guías de papel que se utilizan para el corte de un patrón.

Patrón maestro: Patrón modelo o patrón de tamaño base que puede ser un patrón primario o de bloque, o bien, un patrón de producción de un estilo a través del cual otras tallas son generadas.

Patrón primario o bloque: Patrones especiales cuya función es reflejar el tamaño, forma y postura de la figura humana sin incluir características de estilo.

Sloper: Ver definición de patrón primario.

Smart Card (SC): Tarjeta Inteligente. Dispositivo de almacenamiento.

Super Smart Card: Tarjeta Inteligente con la capacidad de almacenar las medidas del cuerpo del consumidor, preferencias de estilo del vestuario y llevar un registro de compras previas.

Tiro delantero: Medida que determina la altura del pantalón. Por lo general inicia en la cintura y finaliza en la división de las piernas.

UML: Significa “Unified Modeling Language”. Es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar y documentar cada una de las partes que comprende el desarrollo de software.

XV. ANEXO: CÓDIGO FUENTE

Listado de archivos de sistema MTM:

Capa de datos:

- ▶ Data_connDB.pas
- ▶ Data_Types.pas
- ▶ Data_MedidasPatron.pas
- ▶ Data_OpcionesEstilo.pas
- ▶ Data_PatronModelo.pas
- ▶ Data_PatronMTM.pas
- ▶ Data_VistaPatron.pas

Capa de negocios:

- ▶ Bizz_MedidasPatron.pas
- ▶ Bizz_OpcionesEstilo.pas
- ▶ Bizz_VistaPatron.pas

Capa de usuario

- ▶ Graf_MedidasPatron.pas
- ▶ Graf_MedidasPatron.dfm
- ▶ Graf_OpcionesEstilo.pas
- ▶ Graf_OpcionesEstilo.dfm
- ▶ Graf_VistaPatron.pas
- ▶ Graf_VistaPatron.dfm

Programa principal

- ▶ Mtm_main.pas
- ▶ Mtm_main.dfm
- ▶ Mtm_app.dpr

