

Desarrollo de un prototipo de telar plano programable para tejido artesanal

Development of a programmable rectangular loom prototype for handcrafted fabric

Mag. Víctor Alfonso Erazo Arteaga¹
Universidad Técnica del Norte - Ecuador
vaerazo@utn.edu.ec

Mag. Byron Hernán Cortez Pazmiño²
Universidad de las Fuerzas Armadas - Ecuador
bhcortez@espe.edu.ec

Mag. David César Loza Matovelle³
Universidad de las Fuerzas Armadas - Ecuador
dcloza@espe.edu.ec

Fecha Recepción: 11/07/16 - Fecha Aprobación: 02/09/16

Resumen: La baja producción de tejidos obtenidos en el telar de pedales y el uso de fibras sintéticas como el orlón, ha provocado que los artesanos del sector de Otavalo deseen mecanizar sus procesos productivos. Tomando en cuenta que los telares industriales no realizan diseños propios de la región, se decidió construir un prototipo de telar plano que se adapte a las necesidades económicas y culturales del tejedor artesanal Otavaleño. Mediante análisis modular, se diseña un brazo para inserción de trama continua, el sistema de levantamiento de marcos y los mecanismos de urdimbre. Al estudiar detenidamente el proceso de tejido, se elabora una interface para controlar varios actuadores de manera sencilla que replacen los movimientos llevados a cabo por el tejedor, con la finalidad de suprimir el esfuerzo físico y su complejidad. Una vez construida la máquina, se determinó que la velocidad de tejido obtenida es de 1.2m/hora, duplicando la producción manual.

Palabras clave: Máquinas de producción textil, máquinas para tejer, tejido artesanal, telar.

Abstract: The low production of the loom obtained by handmade and the use of synthetic fibers such as Orlon, has caused that the industry of Otavalo artisans wishing to automatize their production. Take in count that the industrial looms doesn't make own designs of the region. That is the reason why we was decided to build an automatic prototype of craft loom that fits the needs of the population. With the use of a modular analysis we evaluate the function of a craft machine of four pedals. We designed an arm for insertion of continuous frames, the lifting system of frameworks and mechanisms of urdimbre. With a carefully studying of the weaving process, a program was development with the control of various actuators that replace the movements made by the user, in order to suppress physical effort. It was determined that the rate of tissue on the machine is 1.2m / hour, doubling the manual production.

Keywords: Loom, knitting machines, weaving craft, textile production machines.

1. Introducción.

Existen 6000 pequeños empresarios textiles indígenas en el Cantón de Otavalo, de los cuales 330 se dedican a la exportación de sus productos, principalmente a Estados Unidos, Europa, Asia y Brasil [1]. En el telar de pedales se produce una media de tres metros de tela diarios, esta cantidad depende de la agilidad del operador y del tipo de tejido a fabricar [2]. Con la finalidad de incrementar la producción, se han introducido diferentes telares mecánicos que se modifican o reconstruyen después de haber sido dado

de baja en las industrias textiles del país [3], en estas máquinas se obtienen alrededor de 60 metros de tela diarios "ante esta desventaja es razonable que la mayoría de artesanos haya optado por dejar de tejer en telares manuales" [2].

El empleo de maquinaria industrial en este proceso artesanal ha colocado la identidad textil del sector en el camino de la extinción [4]. Ya que dichas máquinas no poseen las facilidades para crear diseños propios de la cultura Otavaleña, mismos que "son herencias ancestrales y pasan de generación en generación" [5].

1. Ingeniero Mecánico Industrial, Magister en Diseño, Producción y Automatización Industrial. Docente Investigador de la Universidad Técnica del Norte.
2. Ingeniero Mecánico Industrial, Magister en Diseño, Producción y Automatización Industrial. Docente Investigador de la Universidad de las Fuerzas Armadas.
3. Ingeniero Mecánico, Magister en Investigación de Ingeniería de Procesos, Magister en Pedagogía. Docente Investigador de la Universidad de las Fuerzas Armadas.

Construir y automatizar un telar permite conocer detenidamente el proceso artesanal y darle competitividad frente a otras tecnologías; sin embargo, pocos han sido los intentos por brindar una solución tecnológica a este problema social. En 1984, en la Escuela Politécnica Nacional, se instala un mecanismo a un telar manual de lanzadera, el cual sustituye los movimientos producidos por el operador, a fin de disminuir su esfuerzo físico y conservar la apariencia del tejido hecho a mano, se mecaniza parcialmente el sistema de inserción de trama y apertura de calada mediante un motor [6].

En 1992, en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se busca aumentar la producción y rentabilidad en la elaboración de la lona de cabuya mediante el diseño de un telar semiautomático, con base a experiencias de artesanos tejedores. Se obtiene un tejido de 750 mm de ancho con un paso de trama igual a 5 mm y de urdimbre 7 mm [7]. En el año 2010, en la Universidad Industrial de Santander se construye un prototipo de telar mecánico para el Centro Artesanal Uribe de San Gil, "capaz de realizar tejidos artesanales de una manera más rápida al telar manual" [8]. Cabe destacar que ninguno de los prototipos mencionados posee un sistema de programación. Además, son de dos marcos lo que indica que el tejido obtenido no tiene figuras. En el año 2009, en la Universidad Tecnológica América se realiza un telar plano de tejido programable, en el cual la inserción de trama se realiza mediante lanzadera impulsada con un sistema de aire comprimido y la programación del tejido a obtener mediante la conexión de un computador externo [5].

Crear un sistema particular de trama y urdimbre con buena eficiencia y bajo costo es el reto de este proyecto. Para esto, en la sección 2 se analizan las partes básicas que comprenden un telar artesanal, su principio de funcionamiento y las necesidades de los artesanos. Se realiza un análisis funcional del prototipo y se obtienen los parámetros de diseño, la selección de alternativas y el diseño detallado de la propuesta. En la sección 3 se plantea un sistema de automatización programable con base en el tejido a obtener. En la sección 4 se expone los resultados obtenidos y se los tabula comparándolos con el prototipo creado en el 2009. En la sección 5 obtienen conclusiones y, finalmente, en la sección 6 se realizan los agradecimientos pertinentes.

2. Diseño del Telar.

2.1. Requisitos de Diseño.

Se define como tejido al cuerpo en forma de lámina, que se constituye de dos series de hilos cruzados paralelamente entre sí, uno longitudinal llamado urdimbre y otro transversal denominado trama. De acuerdo con las formas que poseen los tejidos, las máquinas que se utilizan en el proceso artesanal pueden ser de cuatro, seis y ocho pedales (equivalente al número de marcos). Como se indica en la Figura 1, los hilos longitudinales se colocan en un rodillo denominado enjullo de urdimbre, de forma aleatoria se atraviesan por los lizos contenidos en un marco de madera y un peine ubicado en el batán, una vez que han sido tensados se anudan en el enjullo de tela. Cuando se accionan los pedales, los hilos de urdimbre se levantan formando una apertura denominada calada. A través de ésta el tejedor inserta un hilo de trama y lo ajusta con el batán, este proceso se repite varias veces, posteriormente se recoge el tejido haciendo girar el enjullo de tela [5].

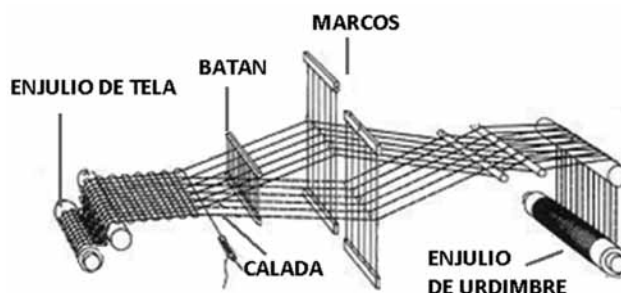


Figura 1. Proceso artesanal.

Se eligió una máquina de cuatro marcos ya que un telar de dos pedales no posee figuras en su tejido, mientras que una máquina que posea mayor cantidad de marcos necesita mayor inversión. Al diseñar y construir con éxito este prototipo se asume que es posible la creación de una máquina de seis u ocho pedales, porque el principio de funcionamiento es el mismo.

Se empieza por realizar la casa de la calidad. Donde los requerimientos de los usuarios (voz del cliente) se transforman en datos técnicos de diseño (voz de ingeniería). Se evalúa el grado de cumplimiento de los prototipos anteriores y se establecen las especificaciones técnicas de la máquina en orden de importancia. Todo esto se resume en la Tabla 1.

Tabla 1. Resumen de la casa de la calidad.

Voz del cliente	Voz de ingeniería	Valor de referencia	Prioridad
Inserción de trama continua	Mecanismos de inserción de trama	1 Hilo/Seg.	6
Que no requiera elevado trabajo físico	Proceso de tejido automático	1 m/h	2
Variedad de diseño de tejido	Tipo de automatización	Flexible	1
Bajo costo	Instrumentación	110 V	5
Bajo consumo de energía eléctrica	Potencia	750 W	8
De fácil mantenimiento	Nivel de automatización	Nivel 1	4
Calidad de tejido similar al que se obtiene en telar manual	Principio de funcionamiento	Tafetán	3
Fácil operación	Comunicación con el usuario	HMI	7

El Análisis Funcional es una herramienta de diseño que permite encontrar las funciones primarias y secundarias del producto. Las funciones primarias son aquellas por las que el cliente compra el producto y las funciones secundarias son aquellas que permiten que la función primaria se ejecute satisfactoriamente [9]. La función primaria del telar a fabricar se muestra en la Figura 2. Se toman en cuenta los materiales, energías y señales que intervienen en el proceso.

Para garantizar la calidad de la tela se obtienen las funciones secundarias al analizar cada uno de los pasos en el proceso de tejido. Como indica la

Figura 3, debido a que dentro del proceso existen varias funciones, resulta conveniente agruparlas en módulos, con la finalidad de buscar una solución común mediante un análisis de criterios ponderados.

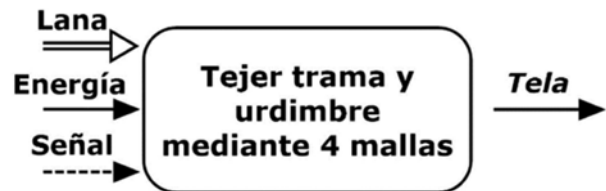


Figura 2. Función primaria del Telar.

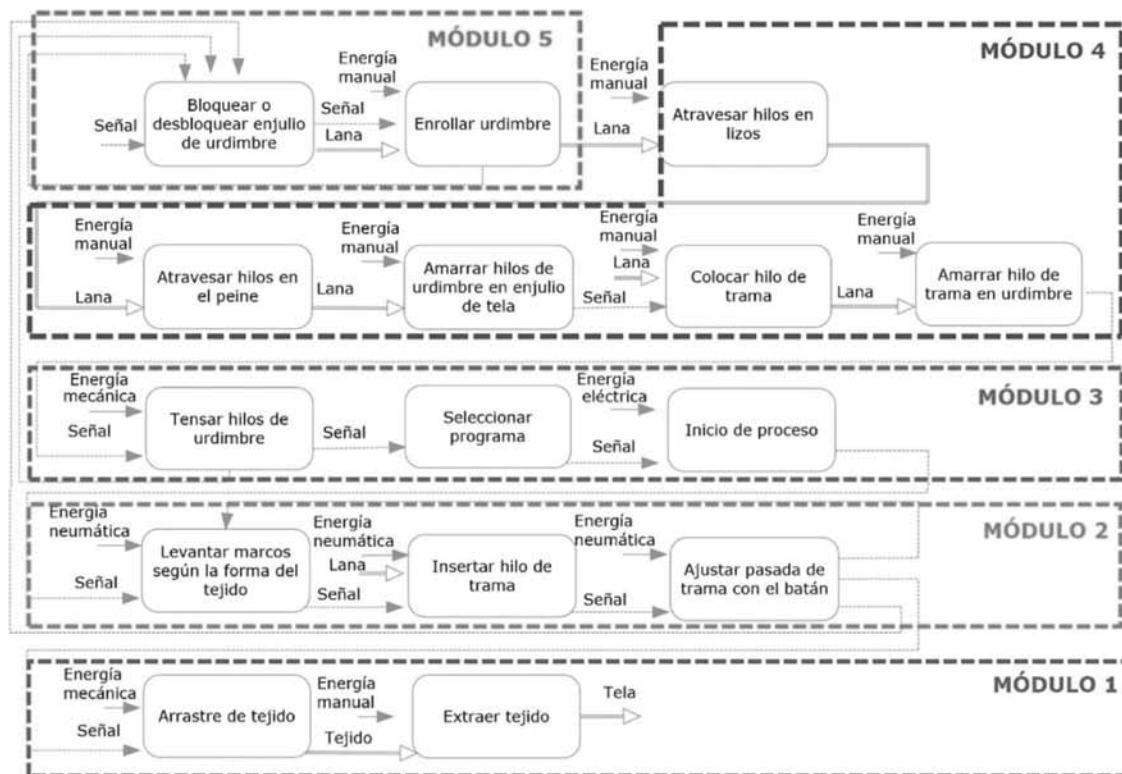


Figura 3. Separación de funciones secundarias por módulos.

En la Tabla 2, se describe los módulos analizados y se muestra la solución que se ha encontrado a cada uno de ellos.

Tabla 2. Resumen análisis modular.

Módulo	Funciones	Solución	Descripción
Módulo 5 Control para enjullo de urdimbre	Bloquear y desbloquear enjullo de urdimbre	Freno de disco	Frenar el enjullo mediante un freno de disco que se controla mediante un sensor.
	Enrollar Urdimbre	Manual	
Módulo 4 Preparación de los hilos	Atravesar hilos en los lizos	Manual	Para atravesar los hilos de urdimbre por los lizos, los tejedores utilizan el código de urdido para los diferentes ligamentos
	Atravesar hilos en peine		
	Amarrar hilos en enjullo de tela		
	Colocar hilo de trama		
Módulo 3 Selección de tejido	Tensar hilos de urdimbre	Manual	Controlar el sistema de arrastre desde HMI, y controlada por un PLC, hasta que la urdimbre se encuentre tensada satisfactoriamente.
	Seleccionar programa	Pantalla HMI	
	Iniciar procesos	PLC	
Módulo 2 Formación de Tejido	Levantar marcos según tejido	Cilindros neumáticos.	Levantamiento de marcos individual, brazo de inserción y peine intercambiable
	Insertar hilo de trama	Mecanismo de cuatro barras y cilindro neumático	
	Ajustar pasada con el batán	Batán	
Módulo 1 Control para enjullo de tela	Arrastre de tejido	Motor-reductor trifásico con Inversión de giro	El tejido es enrollado en el enjullo mediante un motor eléctrico que invierte el giro para la recolección.
	Extracción de tela		

2.2. Diseño Mecánico.

Las soluciones obtenidas muestran los principales componentes y sistemas con los que se construyó el prototipo. Con la ayuda de software CAD se los integro mediante la implementación de componentes secundarios como pernos y rodamientos.

La Figura 4, brinda una idea general de la forma y principales partes que constituyen la máquina.

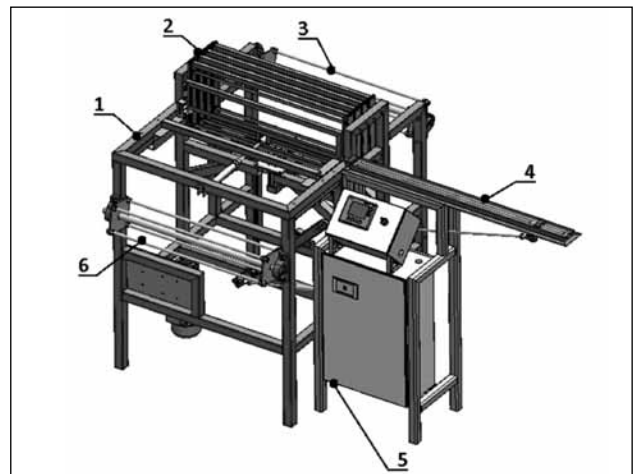


Figura 4. Telar Automático: 1) Estructura. 2) Marcos. 3) Enjullo de urdimbre. 4) Mecanismo inserción de trama. 5) Sistema de control. 6) Enjullo de tela.

El diseño y resultados que se indican pertenecen al mecanismo de inserción de trama y las principales partes mecánicas que lo conforman; debido a que soportan mayor carga estática, dinámica e influyen directamente en el tejido como se muestra en la Figura 5.

El mecanismo consta de un actuador lineal, que al retraerse provoca un movimiento giratorio de la barra B, así logra que la barra E atravesase al otro lado del telar. La fuerza que ésta genera se traslada a través del hilo de trama hasta una lámina giratoria F, formando una abertura M, donde ingresará el vástago de un actuador lineal G, dejando dos hilos de trama a la vez.

Como parte del diseño mecánico se realizan todos los cálculos necesarios y se los valida mediante software CAE. La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos a causa de las fuerzas presentes en el sistema de inserción de trama.

Tabla 3. Resultados del diseño mecánico del sistema de inserción.

Elemento	Material	Esfuerzo Software	Esfuerzo Calculo	Factor de seguridad
Barra C	ASTM A513	6.314 MPa	6.715 MPa	40
Barra D	ASTM A36	1.69 MPa	1.6 MPa	156
Barra E	NTC 2098	1.505 MPa	1.21 MPa	3.5

Tabla 4. Resultados de los actuadores neumáticos.

Número de Cilindro	Diámetro Émbolo (mm)	Diámetro vástago (mm)	Carrera de cilindro (mm)	Ciclos (1/min)	Fuerza N	Caudal (m3/min)
Marco 1	20	8	100	30	56,534049	0,0052
Marco 2	20	8	125	30	56,534049	0,0064
Marco 3	20	8	175	30	56,534049	0,009
Marco 4	20	8	200	30	56,534049	0,0103

Calculando las reacciones y las fuerzas de rozamiento, se llega a determinar que se necesita una fuerza de 76.52 N para que se produzca el movimiento de la barra de inserción E. Para asegurar la apertura de calada, los marcos se levantan por actuadores lineales independientes, las longitudes de los mismos se calculan en función del diámetro de la barra E. La fuerza necesaria para levantar los marcos es de 49.05 N, se obtiene de la sumatoria de peso en todos los elementos que la conforman, debido a la presencia

de rodamientos se desprecian los rozamientos. Aplicando un 15% más a la fuerza requerida se calcula el diámetro de émbolo en los cilindros neumáticos. Los datos se muestran en la Tabla 4.

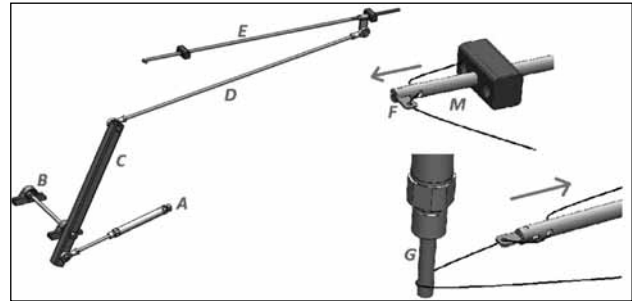


Figura 5. Mecanismo inserción de trama A) Actuador lineal. B) Rodamientos. C) Barra giratoria D) Barra eslabón. E) Barra de inserción. F) Lamina giratoria. G) Actuador atrapa trama.

SM1, SM2, SM3, SM4

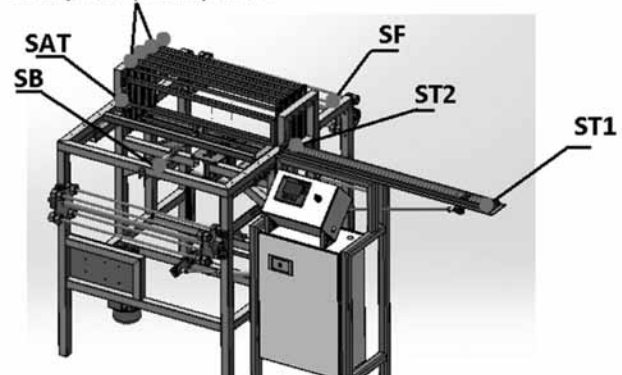


Figura 6. Ubicación de sensores en la máquina.

3. Diseño de automatización.

La cantidad de actuadores y sensores que posee la máquina influyen en el costo de fabricación, en la Figura 6, se indica la cantidad de sensores que se consideran necesarios, así como sus posiciones basadas en el principio de funcionamiento de la máquina. Se puede estipular que para cada sensor existirá un pre-actuador, mediante la Tabla 5 se indica cada uno de ellos y su respectiva nomenclatura.

Tabla 5. Denominación de entradas/salidas.

Entrada	Características	Salida	Características
SM1	Sensor colocado en posición final actuador de marco número 1	M1	Electroválvula 5/2 monoestable para cilindro neumático de marco 1
SM2	Sensor colocado en posición final actuador de marco número 2	M2	Electroválvula 5/2 monoestable para cilindro neumático de marco 2
SM3	Sensor colocado en posición final actuador de marco número 3	M3	Electroválvula 5/2 monoestable para cilindro neumático de marco 3
SM4	Sensor colocado en posición final actuador de marco número 4	M4	Electroválvula 5/2 monoestable para cilindro neumático de marco 4
ST1	Sensor colocado en posición inicial brazo de inserción	IT	Electroválvula 5/2 monoestable para cilindro neumático de brazo de inserción
ST2	Sensor colocado en posición final brazo de inserción	AT	Electroválvula 5/2 monoestable para cilindro neumático que atrapa la trama
SAT	Sensor colocado en posición final actuador que atrapa la trama	B	Electroválvula 5/2 monoestable para cilindro neumático batan
SB	Sensor colocado en la posición final, actuador de batan	F	Electroválvula 5/2 monoestable para cilindro neumático freno
SF	Sensor magnético colocado en freno de urdimbre	A	Variador de frecuencia para motor eléctrico trifásico.

En la máquina se pueden programar tejidos desde 2 hasta 40 pasos o seleccionar un tejido previamente elaborado mediante un sistema HMI. Como se indica en la Figura 7, utilizando una estructura de programación intuitiva y de fácil comprensión el operador tiene acceso al sistema.

El tejido se obtiene mediante una secuencia de pasos, éstos se expresan numéricamente. Por ejemplo, un tejido de 27 pasos será: 12-13-12-23-34-41-24-41-13-41-24-12-23-34-41-12-13-12-24-12-41-34-23-12-23-34-41. Los números representan los marcos del telar que se levantan para formar la calada, en este código sube el marco 1 conjuntamente con el 2, se inserta la trama, se ajusta la pasada con el batán y bajan los marcos 1,2. A continuación se levanta el marco 1 conjuntamente con el 3, se inserta la trama, se ajusta la pasada con el batán y bajan los marcos 1,3. Así sucesivamente hasta completar el conjunto de pasos, esto se repite varias veces hasta alcanzar el largo de tejido deseado [10].

En todo el proceso la inserción de trama y su ajuste se repite para todos los programas, lo cual permite dividir la programación creando una subrutina. Un contador se activa cada vez que se accione el sensor colocado en el batán, así se determina en que paso se encuentra el tejido, al llegar al último paso se resetea el contador, permitiendo repetir el ciclo. Para elaborar

el programa de 27 pasos, se toma en cuenta que los tejidos tienen figuras simétricas, los mismos marcos se levantan en distintos pasos.

La Tabla 6 indica las repeticiones y en qué conteo suceden, en la Tabla 7, se indica los marcos que deben estar levantadas cuando el programa se encuentre en la repetición correspondiente.

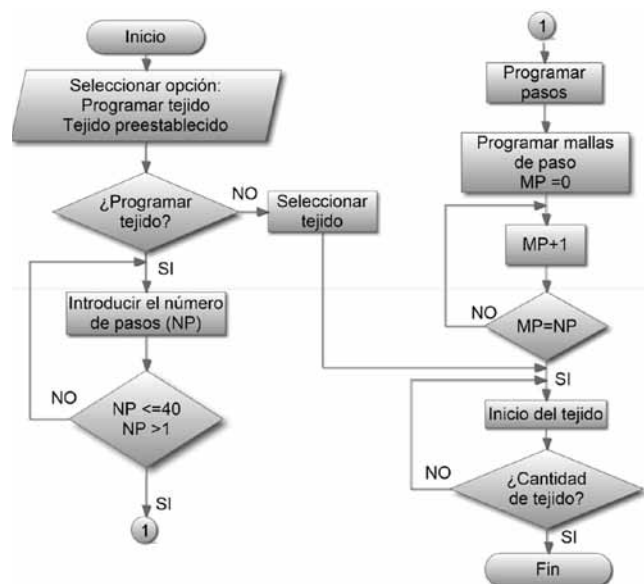


Figura 7: Programación HMI.

Tabla 6. Repeticiones de las pisadas.

Repeticiones (R)	Marcos levantadas (M)	Conteo (C)	Función Booleana
1	12	0,2,11,15,17,19,23	$R1=C0+C2+C11+C15+C17+C19+C23$
2	13	1,8,16	$R2=C1+C8+C16$
3	23	3,12,22,24	$R3=C3+C12+C22+C24$
4	34	4,13,21,25	$R4=C4+C13+C21+C25$
5	41	5,7,9,14,20,26	$R5=C5+C7+C9+C14+C20+C26$
6	24	6,10,18	$R6=C6+C10+C18$

Tabla 7. Secuencia de marcos levantados en un tejido de 27 pasos.

Marcos	Repeticiones	Función Booleana
1	1,2,5	$M1=R1+R2+R5$
2	1,3,6	$M2=R1+R3+R6$
3	2,3,4	$M2=R2+R3+R4$
4	4,5,6	$M4=R4+R5+R6$

Con estas condiciones, la subrutina será llamada con la siguiente función (1):

$$SBR = SM1 \bullet SM2 + SM1 \bullet SM3 + SM2 \bullet SM3 + SM3 \bullet SM4 + SM4 \bullet SM1 + SM2 \bullet SM4 \quad (1)$$

Las funciones (2), (3) y (4) pertenecientes a la subrutina son:

$$IT = \overline{SB} \bullet \overline{SAT} \bullet (\overline{ST1} + \overline{ST2}) \quad (2)$$

$$AT = (ST2 + SAT) \bullet \overline{SB} \bullet (\overline{ST1} + \overline{ST2}) \quad (3)$$

$$B = SAT \bullet ST1 \bullet \overline{ST2} \quad (4)$$

Para el modo programación se utilizaron 160 variables, estructuradas por pasos y marcos, como ejemplo se tiene: M1.1 correspondiente a la entrada del marco número 1 en el paso 1, programada desde el HMI. Para el modo programación se ha de ingresar el número de pasos y se programará en cada uno de éstos qué marcos se levantarán. Relacionando esto, con los conteos la función (5) para el marco 1 será:

$$M1 = M1.1 \bullet C0 + M1.2 \bullet C1 + M1.3 \bullet C2 + \dots + M1.40 \bullet C39 \quad (5)$$

De lo cual se deduce que para cualquier marco la función (6) es:

$$M = \bigvee_{i=1}^n [M1.i \bullet C(i-1)] \quad (6)$$

En el caso de la programación, las repeticiones son iguales a los pasos, usando la Tabla 6 como base se obtiene la función (7).

$$R_n = (\overline{M1.n} + SM1) \bullet (\overline{M2.n} + SM2) \bullet (\overline{M3.n} + SM3) \bullet (\overline{M4.n} + SM4) \bullet (C(n-1)) \quad (7)$$

Entonces, la subrutina será llamada mediante la función (8).

$$SBR = \bigvee_{i=1}^n Ri \quad (8)$$

4. Resultados.

La máquina se construyó y probó en el taller de INOXmaq en la ciudad de Quito, Ecuador. El objetivo fue comprobar el funcionamiento correcto de la máquina para los tejidos de dos y cuatro marcos, durante un periodo de 4 horas de trabajo continuo en 7 días. Para cada tipo de tejido a elaborar se atravesaron hilos de urdimbre por los lizos y se colocó un hilo de trama en el brazo de inserción, obteniendo los parámetros mostrados en la tabla 8, el tejido obtenido ha sido aprobado satisfactoriamente por el Doctor Luis Santillán, gerente de la microempresa Confecciones y Artesanías "Mundo Quichua" quien, mediante una técnica empírica verifica la resistencia de la tela, la prueba consistió en apoyar sus dedos sobre el tejido y observar si estos aparecen de lado contrario tal como se indica en la Figura 8.

Tabla 8. Datos de calibración obtenidos mediante pruebas de funcionamiento.

Tipo de tejido	Presión de trabajo	Tensión de urdimbre	Frecuencia de arrastre	Velocidad de tejido	Apertura de calada	Recorrido de batan
Dos marcos	3 Bar	280 N	28 Hz	1.2 m/hora	15 mm	200 mm
Cuatro marcos	3.5 Bar	340 N	30 Hz	1.2 m/h	15 mm	200 mm

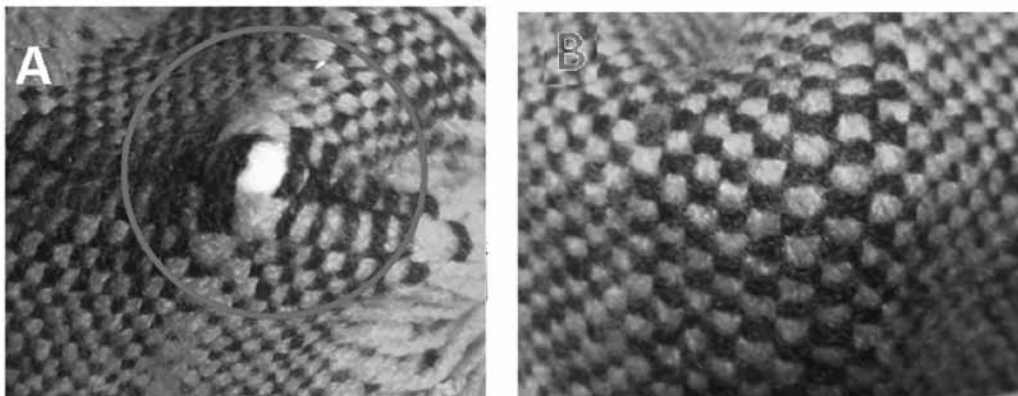


Figura 8: Método para evaluación de tejido A) Tejido defectuoso. B) Buen tejido.

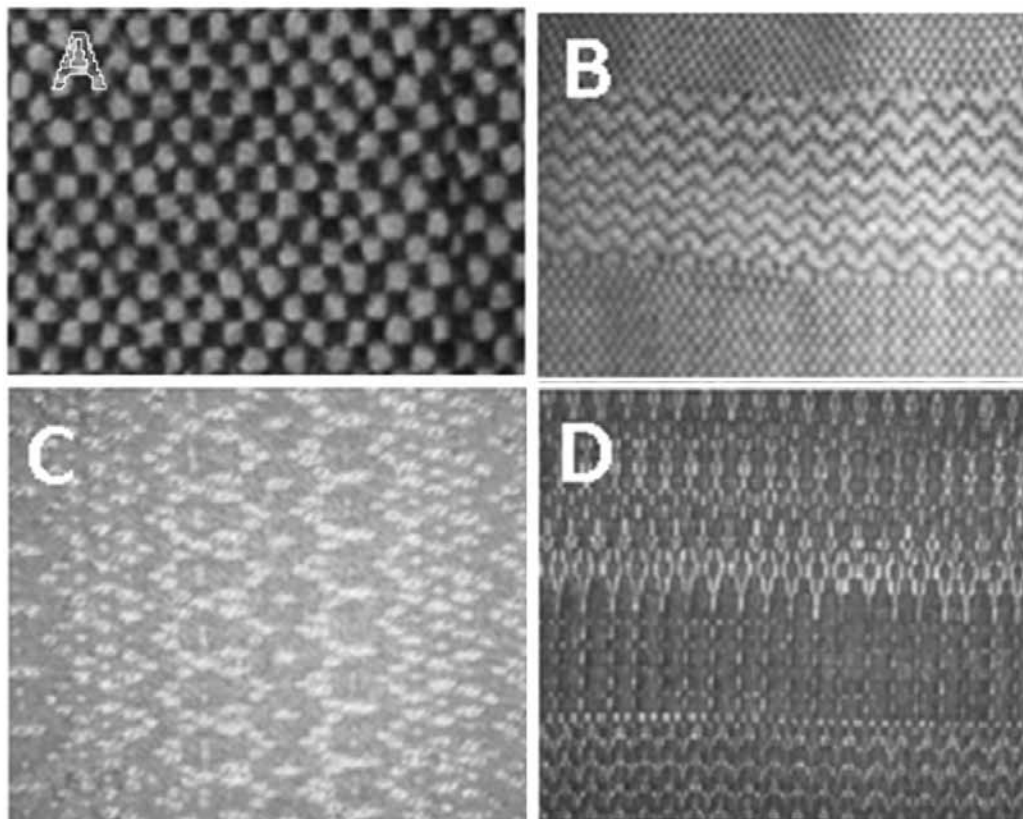


Figura 9: Tejido obtenido A) Tejido a dos marcos. B) Tejido a cuatro marcos, 27 pasos. C) Tejido a cuatro marcos, 4 pasos. D) Tejido a cuatro marcos, 40 pasos.

En la Figura 9, se muestran cuatro tipos de tejidos que se obtuvieron al programar diferentes pasos.

Los resultados obtenidos en este prototipo se los compara con el telar fabricado en el 2009 por C. Tixi y V. Erazo, con la finalidad de establecer una serie de

requisitos de diseño que deberá cumplir un tercer prototipo. En la Tabla 9, se compara cada uno de los sistemas que conformaron los dos prototipos, con la finalidad de observar sus ventajas y desventajas.

En la Tabla 10, se muestra medidas y requisitos generales de cada prototipo.

Tabla 9. Comparación de sistemas.

Sistema	Prototipo y sistema	Ventajas	Desventajas
Inserción de trama	1. Lanzadera	De fácil construcción	- Poca cantidad de hilo - Inserción Ineficiente
	2. Brazo de inserción	- Inserción continua - Inserción de dos hilos	- Cantidad de piezas - Voluminoso - Requiere formador de orillo
Ajuste de pasada	1. Batan abatible	- De fácil construcción - Fácil calibración	- Ocupa mucho espacio en la maquina
	2. Batan lineal	- De volumen reducido	- Gran cantidad de piezas - Recorrido corto - Dificultad para el montaje
Extracción de tejido	1. Rodillo de apriete	- El tejido se obtiene rápidamente	- Difícil calibración - Arrastre disperejo
	2. Enjullo de tela	- Arrastre uniforme	- El tejido se obtiene mediante proceso adicional
Programación de tejido	1. Computador	- N/A	- El tablero se extrae - Conocimiento de programación - Dificultad al cambiar de programa - Accesorios adicionales
	2.HMI	- Fácil uso - Programación según necesidad hasta 40 pasos - No requiere accesorios - No requiere conocimientos adicionales	- Costo

Tabla 10. Comparación general.

Parámetro	Prototipo 1	Prototipo 2	Observación
Largo	2,3 m	1,18 m	Determinan el espacio físico que se requiere para instalar el equipo.
Ancho	2 m	1,95 m	
Alto	1.8 m	1.2 m	
Consumo de aire	0,15 m3/min	0,076 m3/min	Parámetros que influyen en el tamaño del compresor
Presión de trabajo	4,48 Bar	4,08 Bar	Depende de la velocidad de trama
Ancho de tejido útil	0,75 m	0,65 m	
Velocidad de tejido	1 m/h	1.2 m/h	

5. Conclusiones.

La programación de tejido mediante pantalla HMI y controlador PLC, facilita el orden en el que se levantan los marcos. La inserción de trama continua brinda autonomía de cuatro horas o más, ya que el hilo es tomado de un carrete, cono o estambre. La máquina, trabajando con cuatro marcos alcanza 1.2 metros de tela por hora, esta velocidad se mantiene independientemente del números de pasos que se

encuentre ejecutando. Con estos datos se puede concluir que la producción de tejidos artesanales será el triple de la actual

6. Agradecimientos.

Un agradecimiento especial al magister Iván Zambrano Orejuela, docente de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional por la colaboración prestada durante el desarrollo de este proyecto. Al

Ingeniero Hernán Jaramillo director del Instituto de Antropología de la Universidad de Otavalo, por dedicar su valioso tiempo a responder nuestras inquietudes. Al personal que labora en el Laboratorio de Procesos de Manufactura de la Universidad de la Fuerzas Armadas –ESPE, en especial al Ing. Roberty Velasco por el apoyo brindado.

Referencias

- [1] Gobierno Autónomo Descentralizado de Otavalo. Actualización del plan de vida y formulación del plan de ordenamiento territorial del cantón Otavalo, Otavalo: GAD-Otavalo, 2012.
- [2] A. Ponce Pérez . El tejido como relato social. Buenos Aires: Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. UP, 2013.
- [3] H. Jaramillo Cisneros. Visión Panorámica de la artesanía textil de Otavalo. Sarance, n° 26, pp. 29-51, 2010.
- [4] O. Rosero de la Rosa. Aproximación a la economía Otavaleña y su impacto cultural. Sarance, n° 25, pp. 104-105, 2006.
- [5] V. A. Erazo Arteaga y C. P. Tixi Caiza. Telar plano semiautomático. Universidad Tecnológica América, 2009.
- [6] C. Burbano Franco, P. Jiménez López, M. Gándara Dávalos y C. López Benalcázar, Mecanización de telares de madera. Escuela Politécnica Nacional . Quito-Ecuador, 1984.
- [7] A. P. Heredia Cevallos. Diseño y construcción de un telar semiautomático. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba - Ecuador, 1994.
- [8] P. F. Cadena González y W. Roa Espinosa, Diseño y construcción de un prototipo de telar mecánico para elaborar tejidos de productos artesanales. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga - Colombia, 2010.
- [9] C. Riba. Diseño concurrente. Universidad politécnica de Cataluña. Cataluña-España, 2002.
- [10] B. Marylene. El telar. Segunda edición. Parramón Ediciones S.A. España, 1992.