

# **DESARROLLO DE MÁQUINA DE SERIGRAFÍA AUTOMATIZADA PARA LA INDUSTRIA TEXTIL**

***Julio Ortega Alejos***

Instituto Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato  
*j.ortega@itsur.edu.mx*

***José Eli Eduardo Gonzáles Durán***

Instituto Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato  
*je.gonzales@itsur.edu.mx*

***Cristian Cesar Bedolla Jiménez***

Instituto Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato  
*cristian.bejim@gmail.com*

***José Francisco García Romero***

Instituto Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato  
*josegciaromero@gmail.com*

***Salvador Ramírez Zavala***

Instituto Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato  
*salvador.ramirez.za@gmail.com*

## **Resumen**

En este documento se describe el desarrollo de una máquina de serigrafía automatizada para su uso en la industria textil de la zona metropolitana Uriangato-Moroleón-Yuriria. La máquina consta de tres estaciones de aplicación de tinta y una de presecado, la operación de la máquina se gobierna con un Controlador Lógico Programable de la marca Mitsubishi y con una Interfaz Hombre Máquina (HMI). El desarrollo propuesto permite optimizar los tiempos de producción, tener un control estadístico de la producción y disminuir la fatiga laboral de los operadores de las micro y pequeñas empresas textiles.

**Palabras(s) Claves:** Automatización, Controlador Lógico Programable, Electroneumática, Interfaz Hombre Máquina, Serigrafía.

## **Abstract**

*This document describes the development of an automated screen printing machine for use in the textile industry of the Uriangato-Moroleón-Yuriria metropolitan area. The machine consists of three ink application stations and a pre-drying station, the machine operation is controlled by a Mitsubishi Programmable Logic Controller and a Human Machine Interface (HMI). The proposed development allows to optimize the production times, to have a statistical control of the production and to reduce the labor fatigue of the operators of the micro and small textile companies.*

**Keywords:** Automation, Electropneumatic, Human Machine Interface, Programmable Logic Controller, Serigraphy.

## **1. Introducción**

En la Zona Metropolitana Moroleón-Uriangato-Yuriria, el comercio y la industria textil son la actividad económica principal, representan el motor de la economía local y se encuentra integrada principalmente por micros y pequeñas empresas [1, 2].

La cadena productiva de la industria textil cuenta con diversos procesos y actividades industriales y de servicio, siguiendo típicamente una estructura de 7 componentes básicos: materia prima, fibras, hilados y tejidos, diseño, acabados, confección y comercialización [3].

Uno de los procesos involucrados en la elaboración de las prendas es el de serigrafía. Los talleres de la región usualmente realizan el proceso de serigrafía manualmente siguiendo los pasos de: colocación de prenda, giro de brazos de la máquina, estampado por razeos, presecado y retiro de la prenda; la cantidad de colores que se deseen impregnar en la prenda determina la repetitividad de los pasos mencionados, en la figura 1 se muestra el proceso para una sola tinta.



Figura 1 Procedimiento manual del proceso de serigrafía.

Entre las debilidades de la industria textil de la región se identifican:

- El alto costo de la producción y las tecnologías obsoletas para procesos productivos no le permiten ser competitiva con el incremento del mercado ilegal de textiles y de textiles de importación de bajo precio. Son pocos los talleres en la región que usan máquinas automatizadas de serigrafía puesto que sus costos son elevados, así como su mantenimiento, puesto que son máquinas importadas principalmente de Japón, China y EU.
- Capacidad de producción. Los talleres de la región no dan abasto a la demanda del producto durante las temporadas altas de producción por falta de maquinaria.
- Fatiga laboral. Un trabajador requiere de tres minutos para procesar una prenda de forma manual; haciendo esto de forma continua durante las ocho horas de su jornada diaria. Es evidente que la calidad no es la misma en todas las prendas que procesó el mismo trabajador durante su jornada, puesto que se presenta fatiga muscular.
- Riesgos laborales. Los riesgos a los que está expuesto el trabajador de un taller de serigrafía se pueden considerar como: Dermatológicos, puesto que se está en constante contacto con los químicos de las tintas textiles, además de solventes para limpiar los cuadros de serigrafía; Vías respiratorias por la inhalación de polvo, fibras de algodón y demás componentes que están presentes en las telas con que se trabaja, también gases y vapores que se generan al momento de realizar combinaciones de tintas, además de ser expuestas a fuego para el proceso de secado.

## 2. Métodos

El elemento substancial de una máquina de serigrafía es la estación para la impregnación de la tinta, la cual está conformada principalmente por una malla y raceros; la malla es un lienzo con múltiples perforaciones sobre la cual se encuentra el diseño de la imagen que se desea transferir a la prenda, para ello, sobre la malla se vierte la tinta y posteriormente se distribuye uniformemente utilizando los raceros, a los cuales se debe de aplicar suficiente presión para transferir correctamente la tinta a través de la malla, esta operación se hace de ida y vuelta, para aplicar y regresar la tinta.

El inicio del desarrollo consistió en diseñar la estación de aplicación de la tinta. En la figura 2 se muestra el diseño en SOLIDWORKS de una estación de tinta con dos raceros montados sobre un actuador lineal (pistón de doble efecto). El objetivo de un racero es correr la tinta sobre la malla con suficiente presión para transferir la imagen sobre la prenda, mientras el vástago del pistón está saliendo; el objetivo del otro racero es regresar la tinta cuando el vástago está entrando, para que esté disponible en la siguiente aplicación.

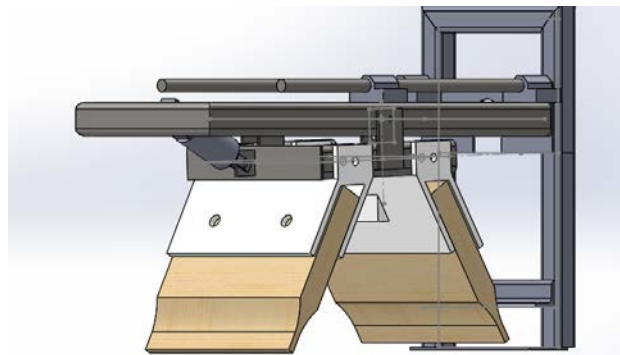


Figura 2 Diseño de estación de aplicación de tinta.

Posterior al diseño de la estación para la aplicación de tinta, se diseñó una estructura para 3 estaciones de tinta y una estación de presecado; una vez completado el diseño mecánico se procedió a la automatización del sistema, la cual consistió en la selección de actuadores, sensores y dispositivo programable, diseño del circuito de control y monitoreo de la máquina; para finalmente realizar la

implementación física. El diseño mecánico de la máquina se muestra en la figura 3.

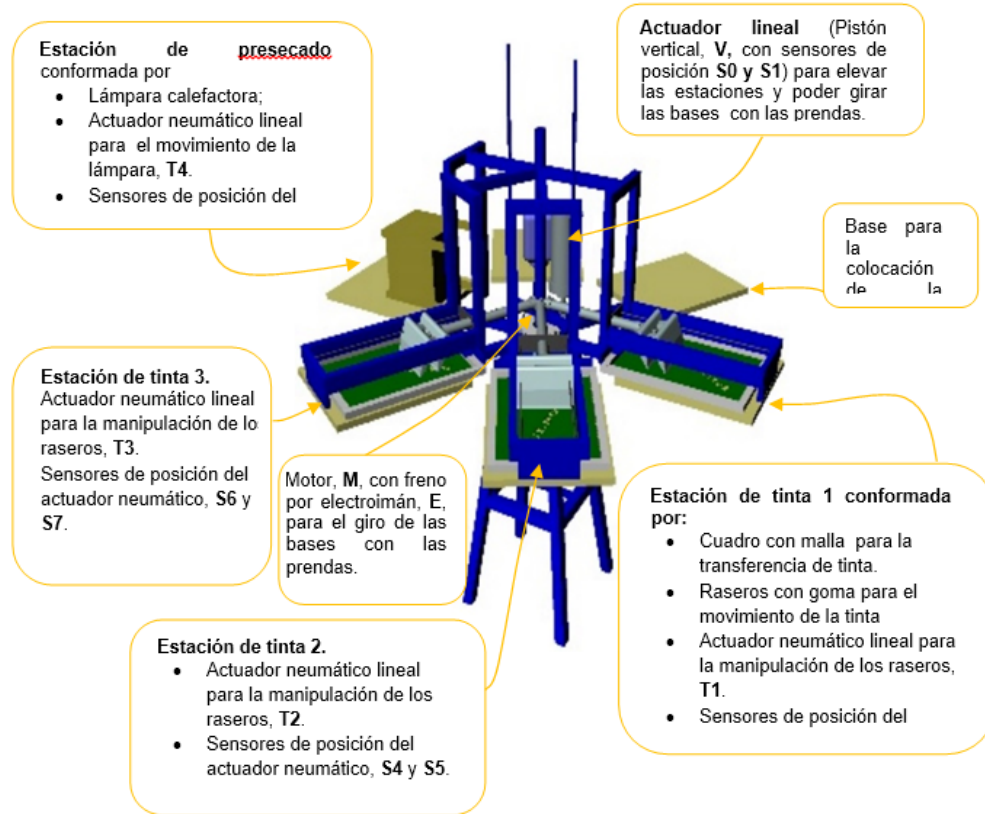


Figura 3 Sistema propuesto.

### Lógica de Control

El diagrama SAMA de la figura 4 muestra en la parte superior 13 sensores de posición que representan la entrada a nuestro controlador PLC representado por un rectángulo, los romboides hacen referencia a la Interfaz Hombre-Máquina (HMI), dando salida del sistema a las electroválvulas que controlan los pistones. El significado de la nomenclatura para cada sensor se describe en tabla 1 y para el actuador en tabla 2.

Se utilizó un Controlador Lógico Programable (PLC) de la marca Mitsubishi de la familia FX, FX3GE-24MR, 14 entradas, 10 salidas junto con una Interfaz Hombre Máquina (HMI) marca Mitsubishi de la serie GS-21xx (800 x 480), DC 24 V, táctil [5,6,7].

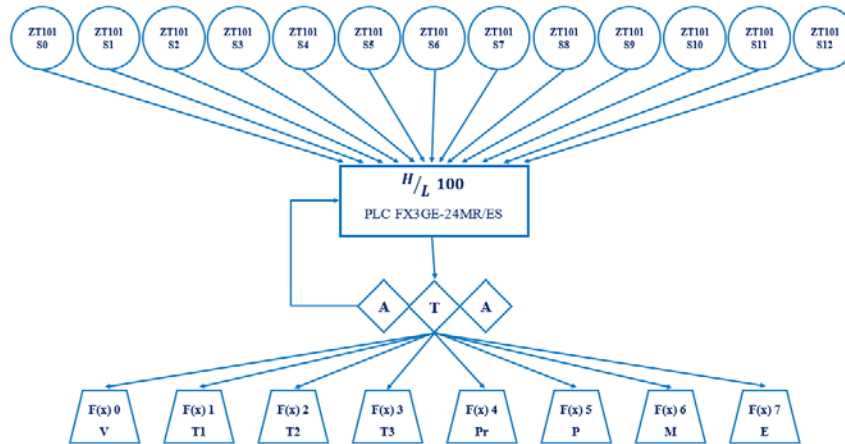


Figura 4 SAMA Máquina Automatizada de Serigrafía.

Tabla 1 Descripción de la nomenclatura para los sensores.

| Nombre | Tipo               | Descripción  |
|--------|--------------------|--|
| S0     | Entrada a PLC, X0  | <b>Sensor P. Vertical Low.</b> Medición del sensor S0 ubicado en el Pistón Vertical inactivo con vástago adentro como sensor activo. |
| S1     | Entrada a PLC, X1  | <b>Sensor P. Vertical High.</b> Medición del sensor S1 ubicado en el Pistón Vertical activo con vástago afuera como sensor activo.   |
| S2     | Entrada a PLC, X2  | <b>Sensor P. Tinta 1 Low.</b> Medición del sensor S2 ubicado en el Pistón V Tinta 1 inactivo con vástago adentro como sensor activo. |
| S3     | Entrada a PLC, X3  | <b>Sensor P. Tinta 1 High.</b> Medición del sensor S3 ubicado en el Pistón Tinta 1 activo con vástago afuera como sensor activo.     |
| S4     | Entrada a PLC, X4  | <b>Sensor P. Tinta 2 Low.</b> Medición del sensor S4 ubicado en el Pistón Tinta 2 inactivo con vástago adentro como sensor activo.   |
| S5     | Entrada a PLC, X5  | <b>Sensor P. Tinta 2 High.</b> Medición del sensor S5 ubicado en el Pistón Tinta 2 activo con vástago afuera como sensor activo.     |
| S6     | Entrada a PLC, X6  | <b>Sensor P. Tinta 3 Low.</b> Medición del sensor S6 ubicado en el Pistón Tinta 3 inactivo con vástago adentro como sensor activo.   |
| S7     | Entrada a PLC, X7  | <b>Sensor P. Tinta 3 High.</b> Medición del sensor S7 ubicado en el Pistón Tinta 3 activo con vástago afuera como sensor activo.     |
| S10    | Entrada a PLC, X8  | <b>Sensor P. Presecado Low.</b> Medición del sensor S8 en el Pistón de Presecado inactivo con vástago adentro como sensor activo.    |
| S11    | Entrada a PLC, X9  | <b>Sensor P. Presecado High.</b> Medición del sensor S9 en el Pistón de Presecado activo con vástago afuera como sensor activo.      |
| S12    | Entrada a PLC, X10 | <b>Sensor P. Paro Low.</b> Medición del sensor S10 ubicado en el Pistón Paro inactivo con vástago adentro como sensor activo.        |
| S13    | Entrada a PLC, X11 | <b>Sensor P. Paro High.</b> Medición del sensor S11 ubicado en el Pistón Paro activo con vástago afuera como sensor activo.          |
| S14    | Entrada a PLC      | <b>Sensor de posición.</b> Medición del sensor S12 ubicado en el sistema para detectar posición de los brazos como sensor activo.    |

Tabla 2 Descripción de la nomenclatura para los actuadores.

| Nombre | Tipo               | Descripción   |
|--------|--------------------|---|
| V      | Salida de PLC, Y0. | Señal digital Y0 para controlar la posición del Pistón Vertical, con el vástago afuera está activo.     |
| T1     | Salida de PLC, Y1. | Señal digital Y1 para controlar la posición del Pistón Tinta 1, con el vástago afuera está activo.      |
| T2     | Salida de PLC, Y2. | Señal digital Y2 para controlar la posición del Pistón Tinta 2, con el vástago afuera está activo.      |
| T3     | Salida de PLC, Y3. | Señal digital Y3 para controlar la posición del Pistón Tinta 3, con el vástago afuera está activo.      |
| Pr     | Salida de PLC, Y4. | Señal digital Y4 para controlar la posición del Pistón Presecado, con vástago afuera está activo.       |
| P      | Salida de PLC, Y5. | Señal digital Y5 para controlar la posición del Pistón Paro, con el vástago afuera está activo.         |
| M      | Salida de PLC, Y6. | Señal digital Y6 para controlar estado de alimentación del Motor, si se energiza está activo.           |
| E      | Salida de PLC, Y7. | Señal digital Y7 para controlar estado de alimentación del Electroimán, si esta energizado está activo. |

Los pintones se seleccionaron de doble efecto con una carrera 20 cm, los cuales son controlados por electroválvulas 5/2 biestables, con doble mando eléctrico pilotadas, montadas sobre manifolds con capacidad de 10 MPa.

Mientras que los sensores utilizados fueron del tipo reed switch final de carrera a 24 V CD, los cuales se montaron sobre las camisas de los pistones. Tanto los sensores, pistones y electroválvulas fueron de la marca SMC.

La lógica de programación se desarrolló en base a los siguientes estados de operación:

- La máquina inicia su operación, el pistón vertical sube las estaciones de aplicación de tinta, el pistón de paro está esperando que llegue el brazo a la posición en donde esté una estación de aplicación de tinta, mientras que el motor esta energizado para desplazar las bases con las prendas.
- Cuando el sensor detector de brazo se activa cuando llegó a una estación de aplicación de tinta, el pistón de paro baja para permitir el avance a la estación correcta, se frena el motor.
- Se activa el motor y avanza con el pistón de paro desactivado.
- El brazo está seguro y no puede colisionar con el pistón de paro por eso vuele a subir el pistón de paro y el motor continua avanzando.

- Se está en espera que el sensor de posición detecte una nueva prenda en la estación correspondiente al color deseado.
- Se detectó una nueva prenda, el motor se desactiva porque ya no se necesita más giro puesto que ya está en posición correcta para la aplicación de la tinta.
- Se bajan las estaciones de tinta y se activa el electroimán para evitar que los brazos giren.
- Se efectúa la aplicación de la tinta, raceos.
- Se hacen las repeticiones de raceo según se necesiten por estación, las estaciones de tinta permanecen abajo y el electroimán energizado.
- Se detecta que ya se terminaron las repeticiones y sube las estaciones de aplicación de tinta.
- Comienza a energizar el motor para que los brazos giren a la siguiente estación para aplicar el siguiente color.

### **Programación de la HMI**

La HMI se programó para desplegar diferentes pantallas con el objetivo de facilitar la configuración de la máquina a los operadores:

- En la primera pantalla se cuenta con un menú donde se podrá colocar el número de prendas a procesar, número de tintas que utiliza el diseño y las repeticiones en cada estación de aplicación de tinta y de presecado.
- Una implementación importante en esta máquina es que el operador puede configurar el tiempo que considere necesario para la colocación y el retiro de las prendas. En la misma pantalla se tendrá un control donde mostrará el tiempo que durará cada lote de producción, se indicará también el momento en que se tendrá que suministrar más tinta a cada estación.
- En una segunda pantalla se presentan estadísticos de los costos de la producción y las ganancias, tomando en cuenta salarios del operador, costos de tinta, energía utilizada, entre otras variables.



- En la tercera pantalla de control se colocaron controles de ejecución, pausa y paro, cada uno con sus respectivos indicadores, además de un indicador de error.
- La última pantalla cuenta con indicadores de estado de sensores y actuadores, mostrando al operador el estado de operación de la máquina.

### 3. Resultados

En la figura 5 se muestra la versión 1.0 de la máquina de serigrafía automatizada para la industria textil. Todo el sistema de control se encuentra oculto en la parte inferior de la máquina, mientras que la HMI se encuentra disponible como un control remoto para que se manipule por el operador.



Figura 5 Versión 1.0 de la máquina de serigrafía automatizada.

Las pantallas de la HMI se describen a continuación:

- **Tiempos:** En esta pantalla se establece la cantidad de repeticiones de cada tinta y pre-secado, así como la cantidad de piezas que se producirán, con estos datos se hace un cálculo para la cantidad de tiempo en el que se producirá la pieza. La figura 6 muestra la pantalla tiempos.
- **Costos:** Indica los costos por unidad, se introducen los valores de costos de distintos servicios y tintas y se hace un cálculo dependiendo del número de piezas deseadas. La figura 7 muestra la interfaz correspondiente a la pantalla costos.

- Control: Esta pantalla permite a controladores iniciar el proceso, pausarlo o reiniciarlo además cuenta con indicadores del proceso, como indicador de error además de tener un botón de paro de emergencia, adicional a esto se cuenta con indicadores de tiempos y piezas. La figura 8 muestra la pantalla control.usuario.

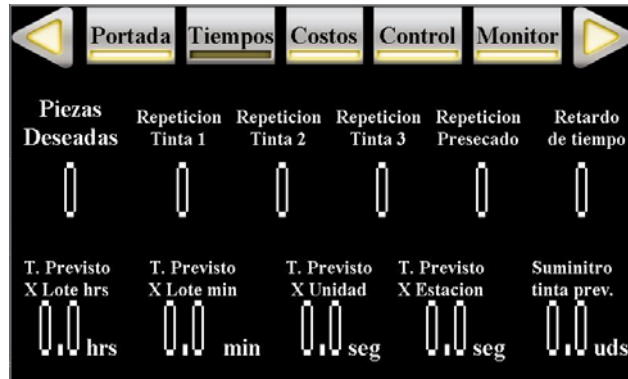


Figura 6 Pantalla Tiempos HMI.

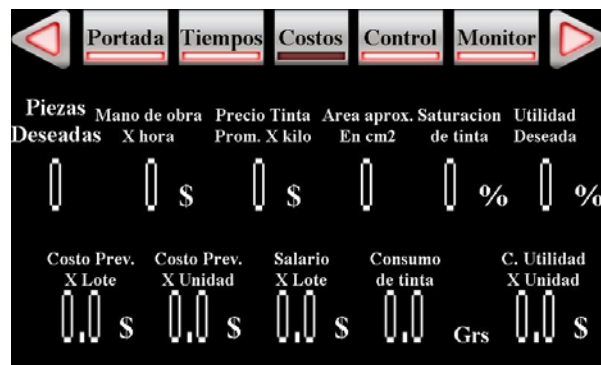


Figura 7 Pantalla Costos HMI.



Figura 8 Pantalla Control HMI.

- Monitor: La pantalla monitor nos permite verificar en tiempo real el estado de los sensores de cada actuador, desde pistones hasta motor y electroimán. La figura 9 muestra la estructura de la pantalla monitor HMI.

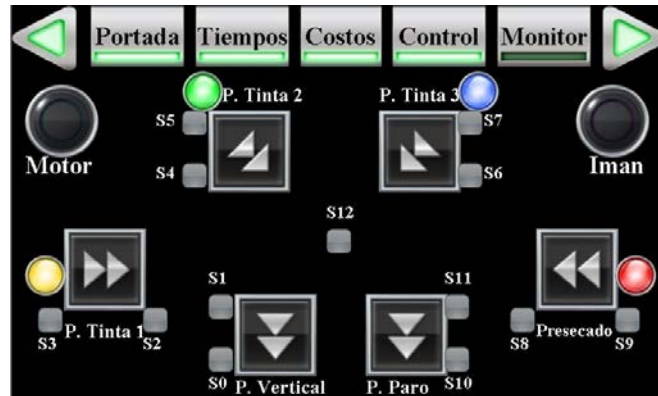


Figura 9 Pantalla Monitor HMI.

#### 4. Discusión

Se obtuvo una solución óptima que mejorará el proceso de serigrafía, disminuyendo no solo los tiempos de producción un 80%, sino también la fatiga y esfuerzo laboral del operador; el desarrollo cuenta con una prestación muy particular que consiste en el control y supervisión de la manufactura, presentando estadísticas reales, calculando tiempos de producción, salario de trabajadores directos, consumo de material, costos de producción para proponer un presupuesto al público con la utilidad deseada; otra prestación importante es que el sistema permite monitorear la producción en tiempo real, producto terminado, piezas faltantes, tiempo transcurrido, tiempo estimado para acabar la producción, tiempo de producción de una pieza, indicador de suministro de tinta, indicadores de estado actual del sistema con sensores y actuadores, mientras se encuentra en las diferentes formas de trabajo.

Se desarrolló un prototipo completamente funcional, de fácil manejo y de fácil mantenimiento por lo que se considera que puede ser utilizado en la industria de serigrafía, es una alternativa viable para sustituir la maquinaria tradicionalmente usada para este proceso (pulpo mecánico) y de esta manera aumentar la producción y causar un impacto positivo no solo para la industria textil de

Moroleón-Uriangato-Yuriria sino que también favorecer otras zonas de México incluso competir con maquinaria extranjera del mismo tipo.

Los equipos automatizados que se encuentran en el mercado tienen un costo mínimo de \$500, 000.00 pesos Mexicanos, mientras que el desarrollo propuesto tendría un costo aproximado de \$150,000.00.

El tiempo de producción de una prenda en un equipo que se encuentra en el mercado es de aproximadamente 30 segundos; la siguiente etapa del proyecto consiste en caracterizar al sistema desarrollado ante una producción continua, para determinar el tiempo de producción de una prenda, detectar errores y optimizar su desempeño.

Los autores agradecen el apoyo de la Secretaría de Innovación Ciencia y Educación Superior (SICES) por el financiamiento a través de la convocatoria Investigadores Jóvenes 2017 para la optimización de la propuesta, así como al Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato, la dirección de Desarrollo Económico de Uriangato, la Cámara Nacional de la Industria del Vestido y la empresa Peras Fashion, por los apoyos brindados.

## **5. Bibliografía y Referencias**

- [1.] INEGI, La industria textil y del vestido (Actualización 2016).
- [2.] Gobierno del estado de Guanajuato, Periódico Oficial del estado de Guanajuato No.173, 2010.
- [3.] INADEM, Diagnóstico nacional del sector textil y tendencias globales a nivel internacional.
- [4.] Centro de estudios de competitividad, ITAM, La industria textil en México, diagnóstico, perspectiva y estrategia.
- [5.] Mitsubishi electric, Manual de operación de PLCs serie FX.
- [6.] Mitsubishi electric, Manual de operación de HMI series GOT.
- [7.] Mitsubishi electric, Programación de Autómatas serie FX, rev 1.0.