

## Automatización de máquina de transferencia de color para estampado de camisas tipo polo de algodón 100%

Ismael Ramírez<sup>1</sup>, Noé Alba Baena<sup>1</sup>, José María Orozco<sup>1</sup>, Javier Molina<sup>1</sup>, Virginia Estebané Ortega<sup>1</sup>, René Ramón Martínez Arroyo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

### Resumen

La automatización es aplicada debido a que los procesos necesitan ser cada vez más flexibles, eficaces y productivos, lo que se traduce en requisitos cada vez mayores de integración, las nuevas tecnologías permiten afrontar estos nuevos retos. En este proyecto se realiza la automatización de una máquina de estampado textil de transferencia de calor manual mediante la integración de un sistema digital, neumático y electrónico, para medir y controlar las variables de temperatura, tiempo y presión, ya que en la máquina manual la temperatura se controla con un termostato, sin ser exacta; la presión es ejercida por medio de una palanca mecánica. Para realizar la comparación de los estampados de la máquina manual y la automática se utilizó la tela tipo pique 100% algodón, tomando el tiempo, la presión y la temperatura en el estampado, así como el tiempo total del proceso incluyendo la recopilación de los datos. Al automatizar esta máquina se disminuye del 28% al 10% los defectos en la calidad del estampado, al reducir la desviación estándar de los promedios de la temperatura de un 10 a un 3 y el proceso de 7 min, a 3 min, aproximadamente.

**Palabras clave:** Automatización, Estampado, Algodón.

### Introducción

La automatización para mejorar la productividad, efectividad y la calidad, se realiza por medio de la utilización de la Tecnología de Manufactura Avanzada (TMA) (Maldonado-mac, Guill, Barr, & Garc, 2011) y la manufactura integrada por computadora (CIM) (García, y Castillo, 2007). El estampado textil por medio de transferencia de calor a nivel micro y pequeña empresa, en su mayoría utilizan las prendas hechas de algodón 100%, el proceso se realiza con una plancha de transferencia de calor manual (Figura 1). El estampado

por medio de transferencia de calor se trata de una técnica muy sencilla de estampado en textiles, plásticos y papel (Secretaría de Economía, s.f.).



Figura 1. Plancha de transferencia de calor manual

### **Antecedentes de la invención**

Esta invención se refiere en general a una máquina para la aplicación y transferencia de estampados en prendas de vestir, en particular para puntos de venta al por menor. Esto con la finalidad de satisfacer la necesidad de los clientes de: variedad de colores en tintas y en telas, buena calidad en la impresión, tener buenos acabados en la impresión y que los trabajos tengan la limpieza necesaria, verificar que los colores implantados en las telas hayan tenido una buena fijación y hacer la entrega puntual de todos los contratos (Secretaría de Economía, s.f.).

Se han realizado varios tipos de máquinas de transferencia de calor tales como prensas y similares, han logrado mejorar la medición y el control de la temperatura y el tiempo. Las que han logrado conjuntar el control y manejo de las variables de temperatura, presión y tiempo son las planchas a nivel industrial, ya que el costo es sustancialmente elevado, por lo que en su mayoría en las planchas manuales se han limitado a tan sólo

2 de las tres variables. Tomando como referencia las siguientes patentes: 4058055 (Douglas, 1977), 5435883 A (Myers, 1995), EP 0983848 B1 (Baggen, & Griehl, 2003), EP 2218574 A1 (Albanese, 2010), US 2005/0278984 (Kenney, 2004) y US 8418739 B2 (Robinson, 2010); se logra la automatización a la máquina de transferencia de calor manual.

### **Sumario de la invención**

En consecuencia el objeto de la invención es lograr la integración de un sistema digital, neumático, y electrónico para controlar y medir las variables de temperatura, tiempo y presión en cada estampado textil. Lo anterior para lograr disminuir la desviación estándar en los promedios de la temperatura, para reducir del 28% al 10% los defectos de la calidad del estampado. Los promedios de la temperatura se miden en grados centígrados. La temperatura determina la calidad de los estampados y se mide por atributos.

Como consecuencia de la automatización, el proceso total del estampado se reduce de 7 a 3 min.

## **Métodos**

### **Máquina de transferencia de estampado automática.**

La automatización se inicia con el sistema neumático, se utiliza un pistón (FESTO, 2012), que se activa con una válvula de posición MPYE 5/3 vías (FESTO, 2013), un filtro para aire (Grainer, 2014) y un compresor de aire (Brochas y Productos, 2014). La integración del sistema neumático

al sistema electrónico se realiza con tres relevadores. El sistema eléctrico empieza con el cable que se conecta directamente a la luz, al que se le cambia la clavija por seguridad, se coloca una botonera donde está el encendido botón verde y paro de emergencia botón rojo, para que en caso de algún accidente el pistón libere inmediatamente la placa superior, el sistema

eléctrico se conecta a la resistencia y a un toma corriente de 2 entradas para alimentar todo el sistema automático con un múlticonector, un convertidor de tensión AC/CC (STEREN, s.f. a) que alimenta el Arduino y un convertidor de tensión múltiple (STEREN, s.f. b) para alimentar el sistema electrónico.

Para el sistema eléctrico se diseñan los circuitos electrónicos en tablilla de cobre en el programa Proteus v-8 para poder quitar la tablilla de prueba. Un amplificador para la señal de la temperatura (OMEGA, s.f.). Para los sensores de presión se diseña un acoplador de impedancias recomendado por el proveedor (ELECTRONICS, s.f.). Y un circuito electrónico para completar el sistema automático. Se instala un botón de inicio para el proceso de estampado. Los sensores de temperatura y los circuitos electrónicos se colocan en cajas de plástico para protegerlos.

Se hace la programación del Arduino, donde se reciben los impulsos eléctricos que son datos analógicos y los convierte a digitales. Con el programa de Visual C# 2010 Express, se miden y controlan las variables de presión, tiempo y temperatura, así como el funcionamiento de la automatización. Visual C++, despliega una pantalla que

muestra los datos de las variables de presión, temperatura y tiempo, el producto que se está trabajando, la temperatura y tiempo establecido, la lectura de cada uno de los sensores de temperatura y presión, así como el promedio de la temperatura y la presión. También muestra 6 opciones de producto, accediendo a la programación, es posible configurar cada una de estas opciones dependiendo de los tipos de telas que quiera estampar. Una gráfica de tiempo contra la presión y otra el tiempo contra la temperatura. La comunicación con los circuitos electrónicos y la computadora se realiza con un bluetooth que se conecta al circuito electrónico, sin necesidad de un cable.

Una vez integrado todo el sistema automático, se calibró la presión de la máquina, se utiliza el relleno de guata (material textil no fabricado con polímeros de algodón que se usa como relleno), una vez realizado el ajuste, se cubrió con neopreno para proteger los sensores de la temperatura. Encima del neopreno se colocan los sensores de temperatura y una tela de fieltro encima para que no se vean los sensores. La figura 2 muestra la máquina de estampado de transferencia de calor para camisas tipo Polo de Algodón 100%, Vista frontal (Figura 2a) Vista trasera (Figura 2b).

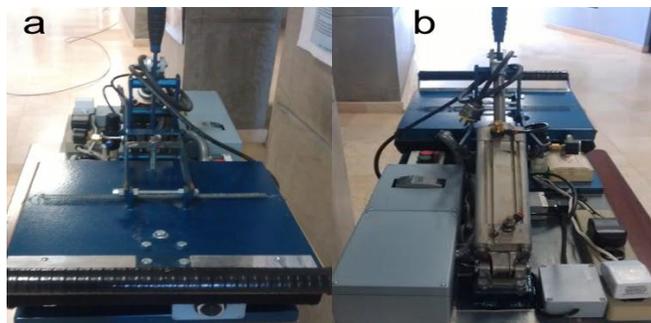


Figura 2. Máquina de estampado de transferencia de calor automática

## Resultados

### Validación del prototipo de máquina de transferencia de calor automática.

La validación del proyecto se hizo por medio de las mediciones de las temperaturas con una constante de 100°C y un tiempo de 1.50 minutos tanto para la máquina de transferencia de calor manual, como para el prototipo de máquina de transferencia de calor automática, se escoge hacerlo así de acuerdo a lo estudiado en la patente 4058055, se toman 126°C en 26 segundos (Douglas, 1977).

Al realizar las pruebas en la máquina de transferencia de calor manual, la interface Arduino estaba siendo alimentado de corriente eléctrica por el cable USB de la computadora, al hacer esto la alimentación de la energía del Arduino, que es de 5 volts, por lo tanto se bloqueó dicha interfaz con el programa, la interfaz se hizo para medir las temperaturas y la presión, por eso no se tomaron más que 28 muestras de la máquina manual, posteriormente cuando se corrige el problema de la interface al ponerle una fuente de alimentación independiente de 5 volts y la corrección del programa, así como

la sustitución del LM35 por el termopar tipo K nos permitió hacer más muestras, un total de 55. Para medir la presión, se utiliza el FSR o sensor de fuerza para conocer la fuerza que se ejerce a un objeto, se selecciona este sensor de fuerza resistivo, el cual, a partir de un correcto acondicionamiento se puede obtener un voltaje dependiendo de la fuerza aplicada en la superficie del sensor.

El proceso de la recolección de datos de las muestras de temperatura y tiempo antes de la modificación, se hizo totalmente manual, la temperatura se copia de la PC, el tiempo del cronómetro de un celular y se compara la temperatura con la expresada en el multímetro. El tiempo del proceso de las primeras muestras tarda aproximadamente 9 min., cada muestra con 2 operadores sin experiencia actuando simultáneamente en el estampado y en la recopilación de los datos de temperatura, tiempo y presión. Los resultados de las primeras 28 muestras se muestran en la figura 3. En la figura 4 se muestran los resultados de las 55 muestras de la máquina automática.

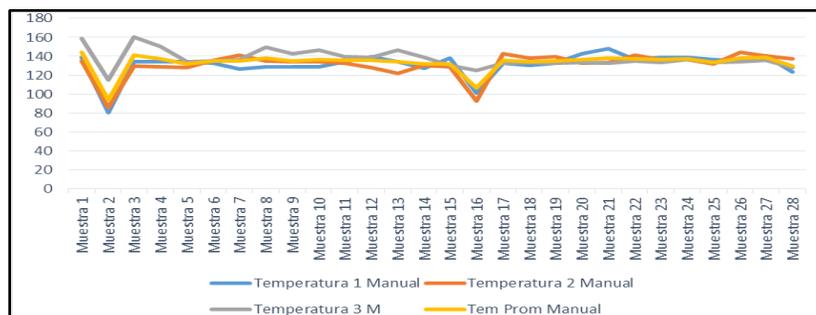


Figura 3. Muestras de temperatura de máquina manual

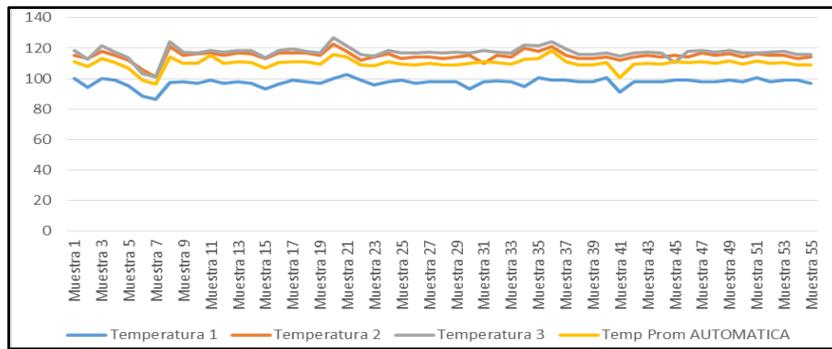


Figura 4. Temperaturas de máquina automática

Para poder tener un punto de partida se compararon todos los resultados de los promedios de las temperaturas de la

máquina de transferencia de color manual contra el prototipo de transferencia de calor automática en la figura 5.

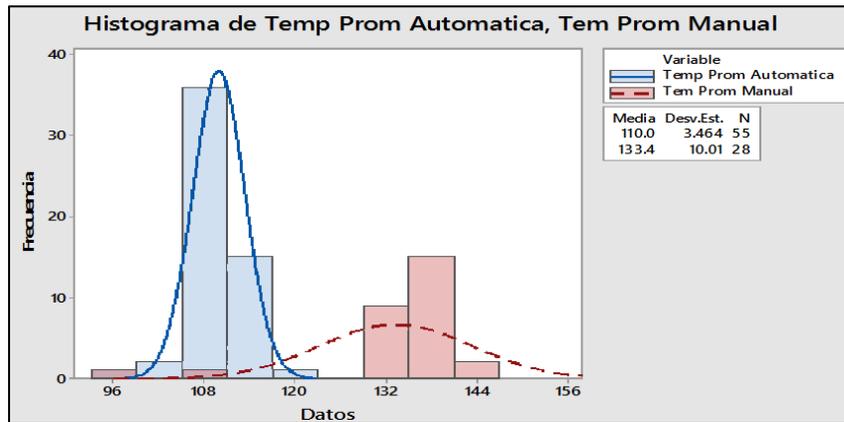


Figura 5. Histograma de comparación de promedios de temperatura, en máquina manual contra la automática

Los resultados de la prueba de normalidad de Anderson-Darling se muestran en la figura 6, de los datos de las muestras de temperatura de la máquina de transferencia de calor manual (Figura 6a), donde nos muestra que la varianza es de 100.24, con un

intervalo de confianza del 95%. Los datos de las muestras de temperatura de la máquina de transferencia de calor automática, donde nos muestra que la varianza es de 12.00, con un intervalo de confianza del 95% (Figura 6b).

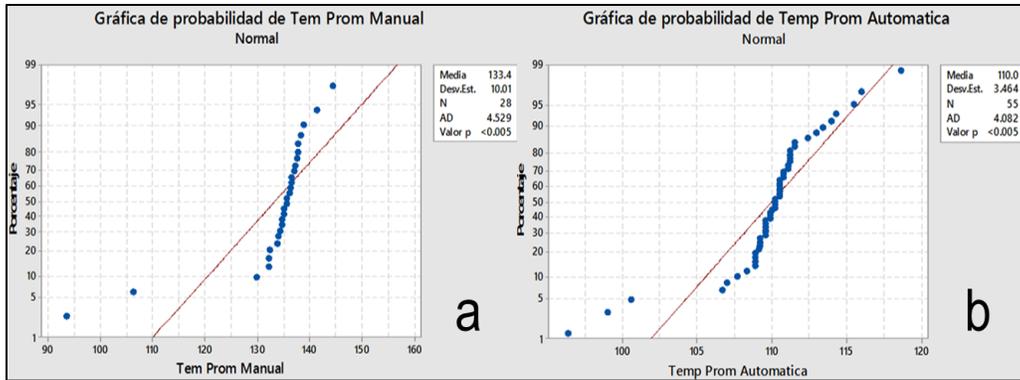


Figura 6. Prueba de normalidad de Anderson-Darling

Como no se encuentra normalidad en las pruebas realizadas, se busca el tipo de distribución que presentan los datos de las mediciones a los promedios de temperatura por lo que se aplica la prueba de bondad del ajuste, los resultados se muestran en la figura 7, para la máquina de transferencia de calor manual, es la de Transformación de

Johnson, ya que nuestro valor “p” más alto es de 0.821 y el de AD menor a 0.219 (Figura 7a). La distribución del prototipo de transferencia de calor automática, es la de Transformación de Johnson, ya que nuestro valor “p” más alto es de 0.630 y el de AD menor a 0.280 (Figura 7b).

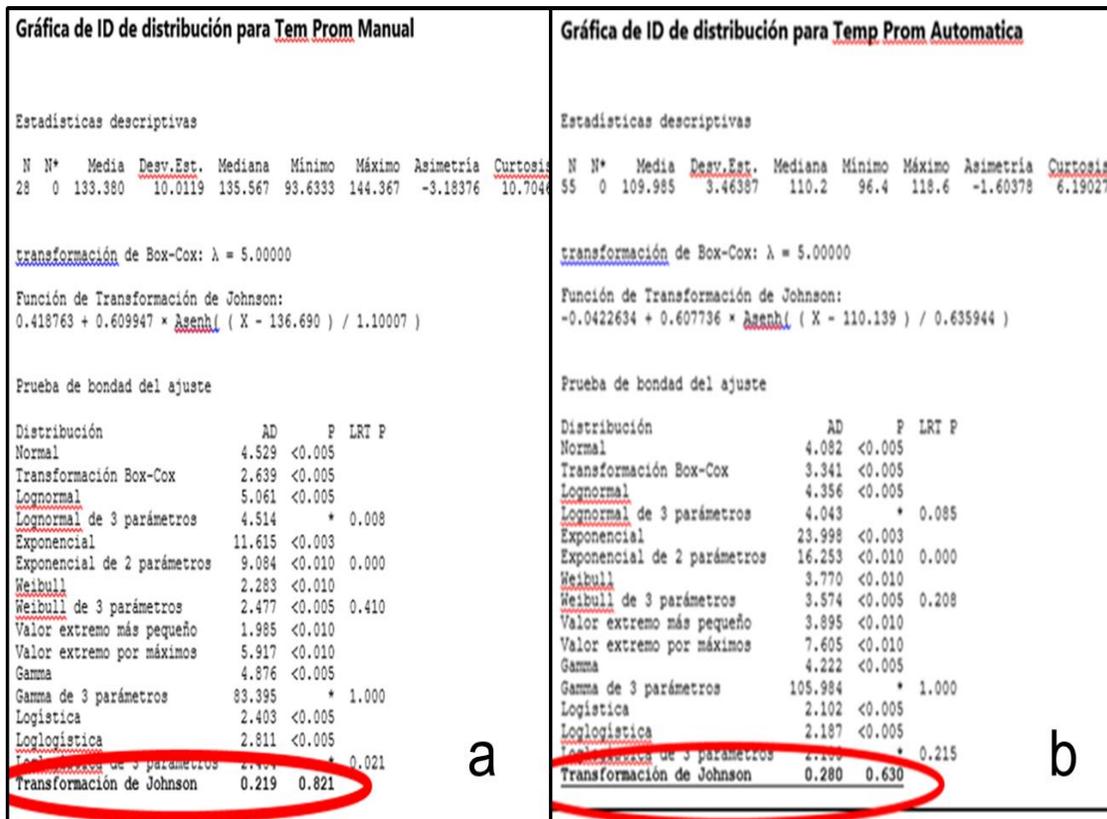


Figura 7. Resultados de la prueba de bondad del ajuste.

Pertenecen a la Transformación de Johnson, se aplica dicha transformación (Figura 8) y los resultados se muestran en la figura 8a

para la máquina de transferencia de calor manual y en la figura 8b para el prototipo de transferencia de calor automática.

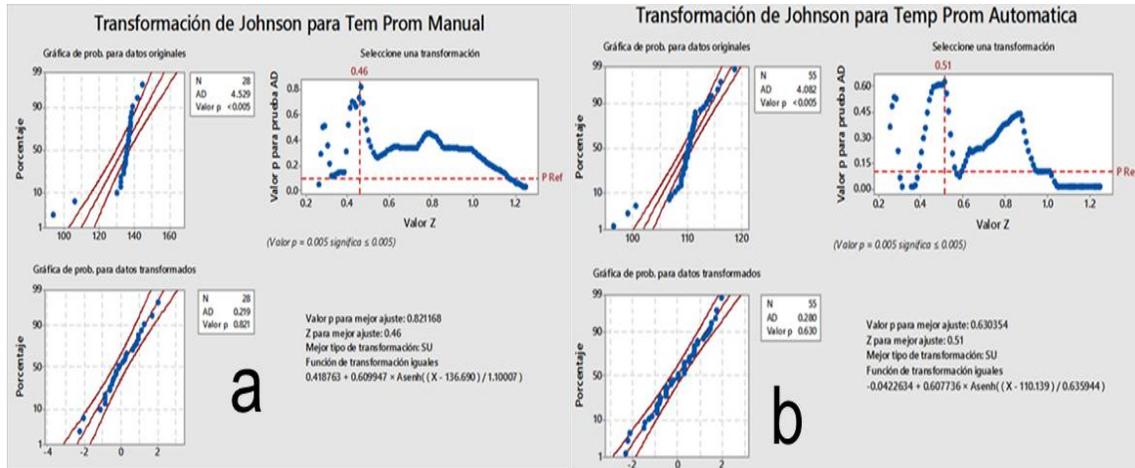


Figura 8. Aplicación de la transformación de Johnson

Con la transformación de Johnson (Figura 9) se muestra una distribución normal en los promedios de la temperatura de ambas

máquinas (Figura 9a). En la figura 9b, se muestra como queda el Histograma individual de los promedios de temperatura.

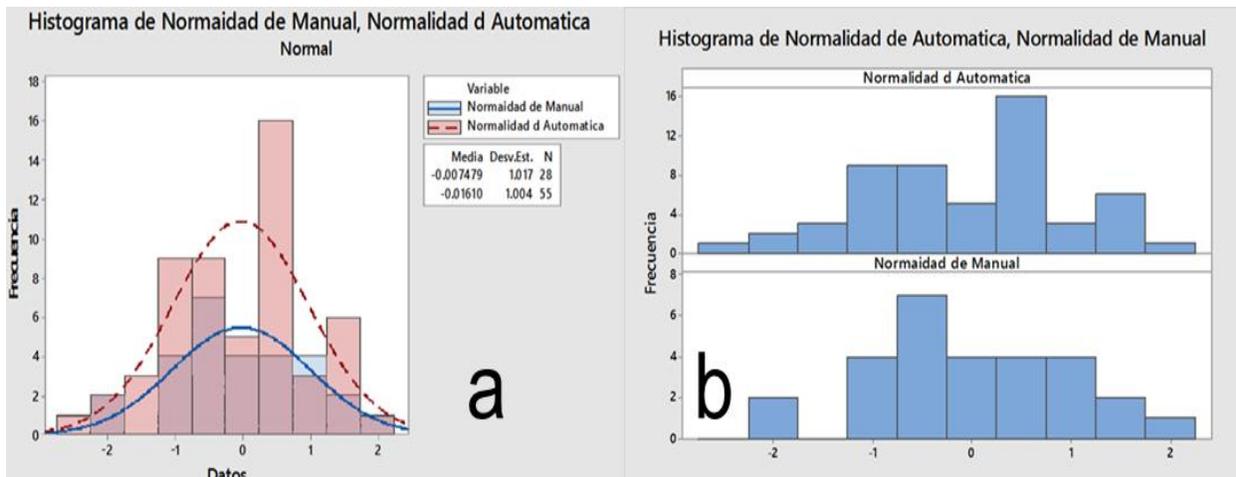


Figura 9. Histograma de normalidad.

## Hipótesis

$$H_0: \sigma_{mm} = \sigma_{ma}$$

$$H_a: \sigma_{mm} > \sigma_{ma}$$

$H_0$  = La desviación estándar de los promedios de la temperatura de la máquina manual (mm) es igual a la desviación de los promedios de la temperatura de la máquina automática (ma).

$H_a$  = La desviación estándar de los promedios de la temperatura de la máquina manual (mm) es mayor a la desviación de los promedios de la temperatura de la máquina automática (ma).

Para comprobar las hipótesis se hizo la prueba de dos varianzas (Figura 10), para determinar si las varianzas o las

desviaciones estándar de 2 grupos difieren como muestra la figura 10a. Debido a la evidencia estadística la hipótesis nula se rechaza ya que el valor-P es menor a 0.05 en ambos casos (Figura 10b).

Por lo tanto decimos que la hipótesis alterna se acepta y nos demuestra que la varianza (100.23) y la desviación estándar (10.1) en la máquina manual es mayor que en la varianza (11.99) y la desviación estándar (3.46) de la máquina automática.

La figura 11 muestra la importancia de controlar la temperatura ya que es la que determina la calidad del producto en comparación con la presión.

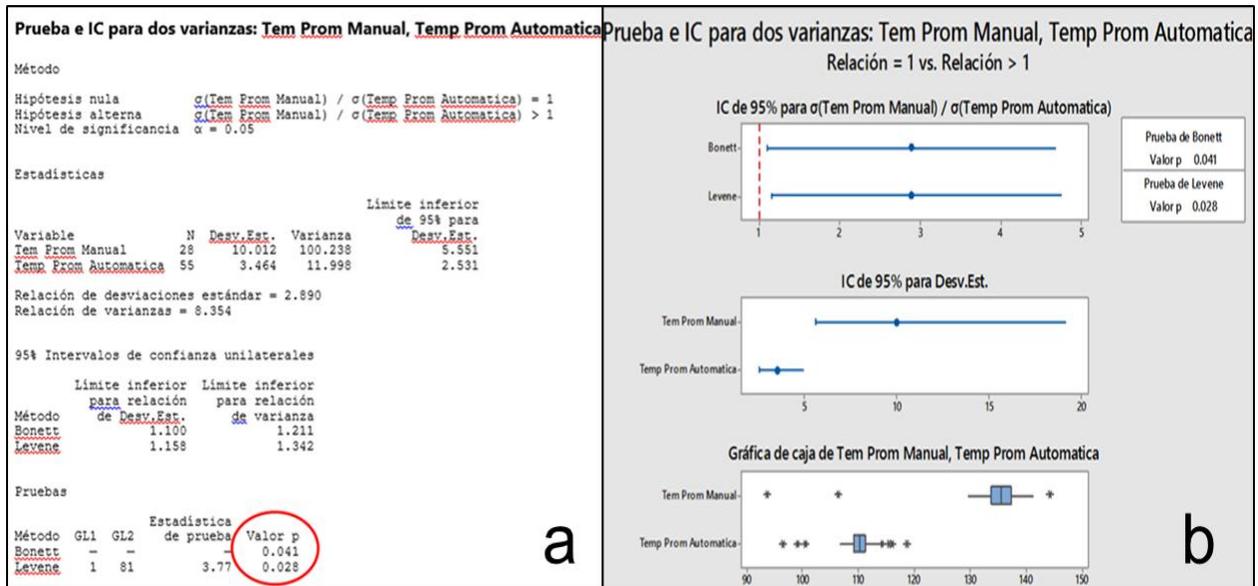


Figura 10. Prueba para dos varianzas.

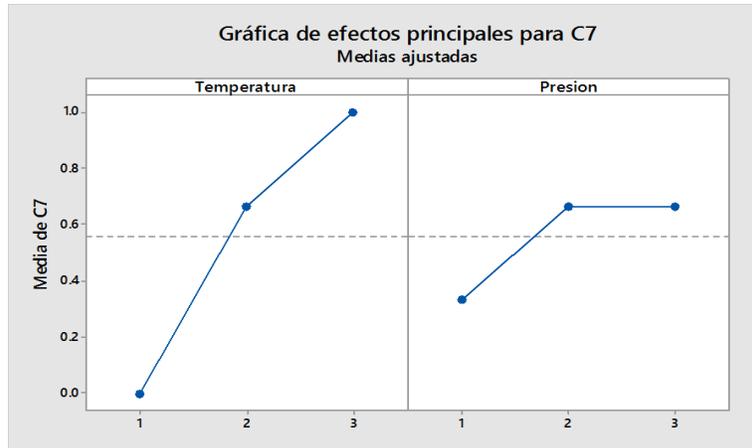


Figura 11. Diseño de experimentos.

Se observa en el análisis de la varianza en el valor-p de la temperatura es (0.049) menor que el valor-p de la presión (0.444), aunque los dos son significativos ya que el valor-p está por debajo de 0.05, el de la temperatura es el más importante de los dos. En los coeficientes el valor-p de la temperatura es (0.230) menor que el valor-p de la presión (0.519) y cuando la presión es la constante el valor-p de la temperatura es (0.024) menor que el valor-p de la presión (0.519). Con esto podemos decir que aunque la presión se encuentre nominal o baja no afectar tanto como cuando la temperatura este baja aunque la presión este en buenas condiciones.

En la Figura 12 de control Xbarra, podemos observar que la temperatura promedio de la máquina manual se encuentra más alejada de su valor objetivo que es de 100°C con una media de 133.38, un límite superior de 153.4 y un límite inferior de 113.46 (Figura 12a) y la temperatura promedio máquina de transferencia automática se encuentra más cerca de su valor objetivo que es de 100°C con una media de 109.03, un límite superior de 122.47 y un límite inferior de 95.59.

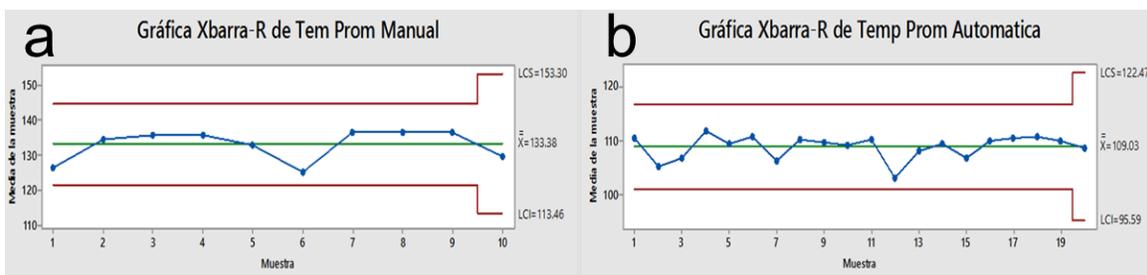


Figura 12. Gráficas de Xbarra-R de promedio de temperaturas.

### Error máximo permitido

Se calculó del error con el número de muestra por proporción, se eligió este método debido a que la calidad es medida

por medio de atributos, de cuantas buenas y cuantas malas.

Como se puede ver en la Tabla 1, el porcentaje de error para 28 muestras de la máquina manual es del 16% y el porcentaje

de error para 55 muestras de la máquina automática es del 5%.

Tabla 1 Cálculo del error.

Temperatura Promedio de Datos de Máquina Manual						
Núm. Muestras	Buenas	Cálculo	Malas	Cálculo	Error	% Error
28	20	0.71428571	8	0.28571429	0.16733201	16 %
Temperatura Promedio de Datos de Máquina Automática						
Núm. Muestras	Buenas	Calculo	Malas	Calculo		% Error
110	98	0.89090909	12	0.10909091	0.05826003	5 %

## Conclusiones y Recomendaciones

La integración de un sistema automático reduce la variación estándar del proceso, al medir las variables de presión, temperatura y tiempo. La pantalla con los datos en tiempo real, permite la tomas de decisiones rápida y oportunamente. La calidad en los estampados sube a un 90% de aceptabilidad. El tiempo en el proceso de estampado se redujo de 7 min a 3 min aproximadamente, y de 2 operadores a uno.

El error disminuyó de un 16% en la máquina de transferencia manual, tomado como tamaño de muestra 28 piezas; a un 5% en el prototipo de transferencia de calor automático con un tamaño de muestra de 110 piezas.

Las gráficas de control demuestran claramente que con un valor objetivo de 100°C, la máquina de transferencia manual presentaba una mayor desviación estándar, que el prototipo de transferencia de calor automático.

En futuras modificaciones de la máquina de transferencia manual tipo almeja, se recomienda un pistón con un vástago más largo, que permita abrir y cerrar la placa superior en su capacidad total.

En cuanto a los sensores de presión, es necesario buscar unos con mayor resistencia a la temperatura o que cuenten con un recubrimiento aislante.

## Referencias

Albanese, Pietro (2010). European Patent No EP 2218574, 18 Ago. 2010.

Baggen, M. J. H., & Griehl, H. J. (2003). European Patent No. EP 0983848 B1. Munich, Germany: European Patent Office.

Brochas y Productos. (2014). Catalogo de productos (p. 60). Recuperado el 9 de octubre de 2014. <http://www.byp.com.mx/byp/cbyp.pdf>

Douglas, L. L. (1977). U.S. Patent No. 4058055. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

ELECTRONICS, (n.d.). FSR Force Sensing Resistor Integration Guide and Evaluation Parts Cataog. Camarillo, CA. Recuperado el 8 de octubre de 2014. <http://www.jameco.com/Jameco/Products/ProdDS/2128260.pdf> FESTO. (2013). Válvulas posicionadoras MPYE, 1–8. Recuperado el 8 de octubre de 2014. [http://www.festo.com/cat/es-mx\\_mx/data/doc\\_es/PDF/ES/MPYE\\_ES.PDF](http://www.festo.com/cat/es-mx_mx/data/doc_es/PDF/ES/MPYE_ES.PDF)

FESTO. (2012). Cilindros normalizados DNCB según ISO 15552. Recuperado el 8 de octubre de 2014. [http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/258178/DNCB\\_ES.pdf](http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/258178/DNCB_ES.pdf)

Higuera, A. G., & García, F. J. C. (2007). CIM, el computador en la automatización de la producción (Vol. 50). Univ de Castilla La Mancha.

Grainer. (2014) Filtro regulador para linea de aire. Consultado el 8 de octubre de 2014. <http://www.grainger.com.mx/articulos/filtro-regulador-linea-aire-speedaire-WS4ZK75>

Kenney, D. (2004). U.S. 2005/0278984 Patent Application 10/790,433.

Maldonado-mac, A., Guill, L., Barr, L., & Garc, J. L. (2011). Evaluación Ergonómica para la Selección de Tecnología de Manufactura Avanzada: una Propuesta de Software. *Revista de La Ingeniería Industrial*, 5(1940-2163), 154–164. Consultado el 25 de agosto de 2014.

<http://academiajournals.com/downloads/MandonadoI E2011.pdf>.

Myers, D. A. (1995). U.S. Patent No. 5435883. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

OMEGA. (n.d.). Ready-Made Insulated Thermocouples Ready-Made Insulated Thermocouples (pp. 22–23). Recuperado el 8 de octubre de 2014. [http://www.omega.com/Temperature/pdf/5LSC\\_5SR TC.pdf](http://www.omega.com/Temperature/pdf/5LSC_5SR TC.pdf)

Robinson, B. B. (2010). Patente de EE.UU No. US8418739 B2 Patentes de EEUU.

Secretaría de Economía. (n.d.). Serigrafía y estampado en playeras (pp. 1–197). México, D.F. Consultado el 8 de Octubre de 2014. [http://www.inaes.gob.mx/doctos/pdf/guia\\_empresa l/serigrafia\\_y\\_estampado.pdf](http://www.inaes.gob.mx/doctos/pdf/guia_empresa l/serigrafia_y_estampado.pdf)

STEREN. (n.d. a). Convertidor de tensión CA/CC Manual de instrucciones. Consultado el 12 de octubre de 2014. <http://imagenes.steren.com.mx/doctosMX/ELI-1200-instr.pdf>

STEREN. (n.d. b). Convertidor de tensión múltiple ELI-1000BL (p. 1). Consultado el 12 de octubre de 2014. <http://imagenes.steren.com.mx/doctosMX/ELI-1000BL-instr.pdf>.