

# Diseño y Aplicación de Automatización a una Máquina Industrial Lavadora de Jeans

Andrés Sebastián Erazo Sosa

ozare1@hotmail.com

Facultad de Ingeniería Electrónica, Escuela Politécnica del Ejército

Av. El Progreso S/N, Sangolquí, Ecuador

**Resumen:** El presente proyecto trata acerca de la creación de un proceso real y aplicable de control y monitorización de una planta de lavado industrial de prendas de vestir jeans. El principal objetivo a tratarse está en el lavado óptimo de las prendas y un tratamiento mejorado dentro del proceso de lavado, incluyendo sub procesos de tinturado y tratamiento con químicos de estas prendas. El proyecto se basa en la implementación de un sistema de control a una lavadora industrial de la empresa Procesos y Colores, con las características de operación local y remota; además de un aspecto adicional como es el monitoreo del proceso. Todo esto de acuerdo a las especificaciones solicitadas por los gerentes y operadores de la planta industrial y las limitaciones y disponibilidades de la máquina.

## Introducción

La aplicación específica es la monitorización y control de un sistema de lavado automático, a través de la utilización de un Controlador Lógico Programable de marca Siemens. Como sensores específicos se tiene un sensor por cada tipo de medición. Para el control del nivel de líquido se usa un sensor de caudal debido a que el movimiento del líquido dentro de la máquina hace imposible el uso de boyas u otros sensores de nivel. En cuanto al control de temperatura, se usa una PT100 de manera directa al líquido usado en el

proceso, para de esta manera hacer mediciones lo más cercanas posibles a las que se encuentre la materia prima. Además, se realizará el control del motor trifásico acoplado a la máquina mediante el uso del controlador general del proceso.

Otro punto a tomar en cuenta es la operación a distancia de la lavadora y su monitorización. Para esto se utilizará el software de InTouch Wonderware, con el cual se desarrollará un entorno amigable para el usuario que sea destinado a la operación de este software. Por este motivo, de acuerdo a las especificaciones requeridas por la empresa, el software deberá permitir todas las bondades de operación local de la máquina y además el uso de las ventajas que ofrece el computador por la utilización de su capacidad de procesamiento en cuanto a procesos ya definidos de lavado.



Figura. 1. Logotipo empresa auspiciante  
“Procesos y Colores”

El lavado y tinturado industrial de prendas Jean en la empresa Procesos y Colores, Figura.1., marca un punto muy importante en el proceso de confección de estas. Es aquí donde se dan las características de forma, color, acabados y retoques a las prendas de tal manera que nuevos diseños puedan ser obtenidos.

### Descripción de los Elementos

A pesar que el sistema depende de elementos mecánicos, eléctricos, electrónicos y estructurales; la automatización realizada basa su funcionamiento y aplicación en los elementos de carácter electrónico; los mismos que trabajando en conjunto entre ellos y con los demás elementos, completan un funcionamiento del sistema. Los elementos electrónicos son el Controlador Lógico Programable con su interfaz humano-máquina, los sensores y los actuadores.

#### A. Controlador Lógico Programable



**Figura. 2. Controlador del Sistema y Software de programación.**

El proceso a automatizar muestra un algoritmo básico de funcionamiento el mismo que debe ser representado por un controlador. Se dispuso para el proceso de

automatización el micro controlador lógico programable de Siemens S7-200, específicamente su CPU-224. Sus características, tamaño y economía permiten al sistema un manejo de sus variables, da a la planta una oportunidad de crecimiento y ayudan en la ejecución de los procesos que se necesitan en un espacio reducido. Además su comunicación directa con una interfaz humano-máquina facilita al usuario el manejo del proceso, Figura. 2. Este hardware viene acompañado con el software de programación STEP 7 versión 4.0 que dentro de un entorno de Windows nos da facilidades y procedimientos a seguir para la creación de un algoritmo que satisfaga las necesidades del sistema.

#### B. Interfaz Humano - Máquina



**Figura. 3. Interfaz Humano – Máquina en Modo Local**

La pantalla de Siemens TD-200, Figura. 3., es una herramienta a ser utilizada en el proyecto. Su utilidad viene dada por sus características de:

- Trabajo en el campo
- Versatilidad en cuanto a programación
- Operación sencilla

Sin embargo la TD-200 no puede interactuar con los usuarios de manera autónoma. Los equipos adicionales, además de software de programación, necesarios para instalar y utilizar el TD 200 son:

- Sistema de automatización de la gama S7-200, en nuestro caso el CPU-224.

- Unidad de programación (PG) S7-200; para lo cual se utilizará el software de MicroWin.
- Cable de programación adecuado para la PG.

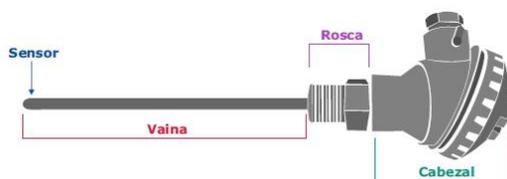
### C. Sensores

Como se indico previamente, la necesidad de automatización del sistema viene dado por una necesidad aun mayor de control de las variables que entran en juego en el proceso. Es por esta razón que dispositivos que nos permitan obtener una lectura de los datos de las mismas son necesarios.

#### *Sensor de temperatura PT-100 industrial -*

Para la medición de la temperatura, se ha utilizado un PT-100 Industrial; colocado de manera directa al contacto de este con el fluido. Un sensor de temperatura industrial viene definido por cuatro partes que lo conforman, Figura. 4.

- Sensor
- Vaina
- Rosca
- Cabezal



**Figura. 4. Sensor de Temperatura y sus partes**

*Sensor de Caudal Burkert-* En cuanto al sensamiento del nivel de fluido, se ha utilizado un sensor de caudal de Berkert™

Fluid Control Systems, Figura. 5. Por medio de este se realiza un conteo de la cantidad de líquido que ingresa a la lavadora. La medición del nivel de manera directa no es posible debido a que la lavadora se encuentra en movimiento durante el ingreso del líquido. Este dispositivo de sensamiento se comporta como un sistema de medida de fluido en línea. La selección del mismo se dio debido a su acoplamiento a la línea de caudal de la planta y además a sus características de medición, que van desde 0.27 a 311 galones por minuto; lo cual cubre el rango de medición de acuerdo al diámetro de tubería disponible para la alimentación hídrica del sistema.



**Figura. 5. Sensor de Flujo**

### D. Actuadores

Debido al trabajo con tuberías, el control del paso de fluidos o gases por las mismas se lo ha realizado con una lógica de escalera en el PLC; el mismo que define un modo de operación electro-neumático para una organización de válvulas con sus respectivos cilindros que permita una operación dentro de los rangos definidos en los tiempos necesarios para el proceso de paso o cierre de las tuberías de alimentación de variables del sistema. Se tiene para el proceso el uso de tres válvulas de FESTO seleccionadas de acuerdo a la necesidad de control y divididas de la siguiente forma:

- 2 Válvulas 5/2 de activación eléctrica y retorno automático por muelle
- 1 Válvula 3/2 de activación eléctrica y retorno automático por muelle

### **Parámetros de Calidad**

Debido a que un parámetro de calidad no es más que la comparación entre valores predefinidos o comparables entre dos sistemas tangibles o mejorados en el tiempo. El modo de definición de la calidad inherente en el presente sistema se da de manera tal que se lo compara con su funcionalidad antes de la implementación del sistema y el mismo luego de la implementación de la misma. Las características que presentaba el sistema en su inicio son las siguientes, en cuanto a las características mejoradas del mismo:

#### *A. Conteo del ciclo de trabajo*

Esta variable en sus inicios era controlada por un cronometro manual externo, iniciado, controlado y reseteado por el usuario. Este no daba una alarma de fin de ciclo, sino mas bien solo servía como un contador. De este modo era responsabilidad del usuario el estar pendiente del tiempo de lavado y realizar los respectivos paros en el sistema.

Como parámetro de calidad en cuanto a esta variable, la implementación de un reloj interno en el controlador junto a su muestra del conteo en las dos interfaces, local y remoto, muestran una mejora en el control del tiempo de lavado en características de precisión, independencia y además señalización del fin de trabajo.

Para esta última característica, se ha tomado como modelo a seguir las características de alarma sonora y lumínica de otras máquinas de la empresa para mostrar el fin del proceso de lavado programado. La

característica que difiere a esta máquina de las demás es la no manipulación por parte del usuario de esta característica. Esto se explica mejor enunciando que el operador no setea el inicio de la alarma, esta se activa dependiendo del proceso cuando este se acabe; ya sea que termine con lavado solamente, con rebose, o con un proceso completo de enjuague. Y además su desactivación es automática controlada por un temporizador implementado en el controlador.

#### *B. Control de Motores*

A pesar que esta característica del sistema no ha variado mucho, su contexto de funcionamiento es el cual se ha adaptado a las necesidades de los operadores. En sus inicios, el sistema se encontraba con un control directo de inicio y paro de motores con un selector, de manera directa. Realizado de igual manera un control de giro con valores destinados a un correcto funcionamiento.

Para una mejora en la calidad del proceso, el arranque de los motores se lo configuró de tal manera que el nivel de agua se encuentre en un mínimo requerido. Umbral necesario para que las prendas no giren al vacío y se sustenten en un fluido, mas no en un cuerpo sólido metálico como es el caso de la canasta de carga.

Entre otras de las actualizaciones se realizó un estudio comparativo del tiempo de giro necesario para que las prendas logren acomodarse, que se reduzca el tiempo de pérdida en inercia del motor al cambio de giro, y para que los químicos se mezclen en cantidades dispuestas evitando prendas dañadas. Es decir el cambio de giro debe proporcionar un golpe que cumpla con las funciones expuestas anteriormente, sin descuidar el eje del motor.

Finalmente, debido a que el sistema cuenta con capacidades de lavado de prendas en un

ciclo completo de lavado – rebose – enjuague, se ha creado una lógica la misma que no apague al motor al finalizar el lavado, sino que los mantenga activo si el caso lo amerita cuando se realiza un rebose y/o un enjuague.

### *C. Bloqueos Manual - Automático*

Debido a que los operadores se encontraban familiarizados con un modo manual de funcionamiento, un bloqueo para el modo automático se ha realizado de tal manera que permita observar al operador el tipo de funcionamiento por el cual la máquina está pasando y que de este modo no se cometan errores en cuanto a manipulación de controles en modo manual al estar funcionando el modo automático. Cabe recalcar que el modo automático puede ser controlado desde cualquiera de las dos interfaces que el sistema posee. Tomándose en cuenta que la gran diferencia es que el proceso automático presenta restricciones en cuanto a modificaciones cuando el sistema está en funcionamiento, pero permitiendo el cambio de ciertos valores flexibles para ciertos procesos que requieren una variación por ejemplo de temperatura en tinturados de prendas a diferentes niveles de agua, en modo ascendente.

### *D. Control de Temperatura*

En un comienzo, la temperatura del sistema era medida por un termómetro industrial de mercurio. Este era de visión por el operador y se encontraba en contacto directo con el líquido. El control del cambio de temperatura se lo realizaba con una válvula manual o llave de paso la misma que el operador la manipulaba; esta se encuentra directamente en el tubo.

Para la mejora en cuanto a calidad en este aspecto, se implemento un medidor electrónico de temperatura substituyendo a este termómetro. Este viene implementado

con un dispositivo que trasforma la lectura de corriente en datos adquiribles directamente por una entrada del controlador. Donde la lectura ha sido configurada de tal manera que cumpla con el valor real de temperatura leído.

En cuanto al control de la temperatura, se implementó una electroválvula con un cilindro el mismo que permite el paso o no del vapor al sistema. Donde además la válvula manual utilizada anteriormente, permanece como una válvula de seguridad para casos que lo ameriten.

### *E. Control del Nivel de Agua*

El sistema se encontraba manipulado por una lectura tipo regla-escalera (vidrio marcado con diferentes niveles de agua) la misma que mostraba el nivel de agua a partir de los doscientos litros cada cien litros. Y el ingreso de agua se lo realizaba a partir de una válvula manual o llave de paso la misma que el operador la manipulaba; esta se encuentra directamente en el tubo.

Como parámetro que mejora la calidad, se tiene la implementación de un cuenta litros mediante el control de flujo que ingresa a la máquina. Permitiendo al sistema una medición a partir de los 10 litros hasta la totalidad del tanque de lavado completamente lleno. La precisión obtenida permite un mejor resultado en cuanto a mezclas y una obtención de variedad de productos debido a la manipulación de más rangos de numeración en cantidades para realizar mezclas.

Otra ventaja debido al control de flujo en el sistema, es que este permite una inicialización de los motores y del proceso de lavado en si con un mínimo requerido de líquido en la lavadora. Obteniéndose de este modo un tiempo de operación menor en el sistema por un arranque más rápido y además una medición continua del líquido

en la máquina a pesar de que dicho líquido se encuentra en movimiento.

Para el ingreso del agua al igual que con el control de la temperatura, se implementó una electroválvula con un cilindro el mismo que permite el paso o no del agua al sistema. Donde además la válvula manual utilizada anteriormente, permanece como una válvula de seguridad para casos que lo ameriten.

Cabe recalcar que se tiene solamente una tubería de acceso en cuanto a vapor y agua, es decir el control del ingreso de agua de rebose y enjuague se da con los mismos actuadores ya mencionados y por la misma tubería.

### Resultados

La automatización fue dirigida a tres campos del sistema donde se realiza el control, lectura y escritura de datos. Los datos recopilados y su análisis se presentan a continuación.

#### A. Conteo del ciclo de trabajo

La comparación de valores viene dada en la siguiente manera:

Procesos Numeración	Tiempo Minutos
1	30
2	120
3	60
4	50
5	10
6	140
7	130
8	120
9	40
10	45
11	60
12	100
13	80
14	75

15	120
16	80
17	60
18	120
<b>Total</b>	1440

**Tabla. 4.1.** Valores de tiempo de procesos para 18 procesos diferentes.

$$\text{Horas del Día} = 1440 \text{ minutos}$$

Para un error constante en un usuario promedio, el 10% del tiempo vendría a ser perdida, obteniéndose:

Procesos Numeración	Tiempo Minutos	Perdidas 10%
1	30	33
2	120	132
3	60	66
4	50	55
5	10	11
6	140	154
7	130	143
8	120	132
9	40	44
10	45	49,5
11	60	66
12	100	110
13	80	88
14	75	82,5
15	120	132
16	80	88
17	60	66
18	120	132
<b>Total</b>	1440	1584

**Tabla. 4.2.** Valores de pérdidas por manipulación del sistema por el usuario

Obteniéndose un resultado de pérdida de tiempo:

$$\begin{aligned} \text{Horas del Día con pérdidas} &= 1584 \text{ minutos} \\ &- 1440 \text{ minutos} \\ &= 144 \text{ minutos} \\ &= 2 \text{ horas y } 24 \text{ minutos} \end{aligned}$$

Cantidad de horas recuperadas con la automatización realizada, debido a que el error producido por el Controlador Lógico

programable es prácticamente del 1% en el peor de los casos, se ha reducido la pérdida del tiempo del operador a un valor como se puede observar en la siguiente tabla:

Procesos Numeración	Tiempo Minutos	Perdidas	
		10%	1%
1	30	33	30,3
2	120	132	121,2
3	60	66	60,6
4	50	55	50,5
5	10	11	10,1
6	140	154	141,4
7	130	143	131,3
8	120	132	121,2
9	40	44	40,4
10	45	49,5	45,45
11	60	66	60,6
12	100	110	101
13	80	88	80,8
14	75	82,5	75,75
15	120	132	121,2
16	80	88	80,8
17	60	66	60,6
18	120	132	121,2
<b>Total</b>	1440	1584	1454,4

**Tabla. 4.3.** Valores de pérdidas por manipulación del sistema por el PLC

*Horas del Día con pérdidas*

$$= 1454,4 \text{ minutos} - 1440 \text{ minutos}$$

$$= 14,4 \text{ minutos}$$

$$= 14 \text{ minutos y } 24 \text{ segundos}$$

#### B. Control de temperatura

Para el correcto control de la medición de la temperatura, se ha desarrollado un trabajo de ajuste al valor real con el uso del sensor RTD. Los datos obtenidos se presentan en la siguiente tabla, donde además se muestra el error producido por el sistema automatizado.

Grados	Voltaje	Compensado	Error
24	0,33	25,25	1,25
29	0,7	30,50	1,50
37	1,3	38,75	1,75

51	3,3	53,75	2,75
59	4,6	62,38	3,38

**Tabla. 4.4.** Valores compensados de temperatura y error por el PLC

Por otro lado, para su comparación con un operador para un error del 10%, se obtienen los datos como se muestran en la siguiente tabla.

Grados Real	Operador	
	10%	Error
24	26,4	2,40
29	31,9	2,90
37	40,7	3,70
51	56,1	5,10
59	64,9	5,90

**Tabla. 4.5.** Valores de temperatura y error por el usuario

#### C. Control del nivel de agua

Al igual que el caso de la temperatura, error del operador puede provocar errores en mediciones de esta variable. Mediante el uso de la siguiente tabla, una comparación directa sería:

Litro	Operador		PLC	
	10%	Perdida	1%	Perdida
100	110	10	101	1
150	165	15	151,5	1,5
200	220	20	202	2
250	275	25	252,5	2,5
300	330	30	303	3
350	385	35	353,5	3,5
400	440	40	404	4
450	495	45	454,5	4,5
500	550	50	505	5
550	605	55	555,5	5,5
600	660	60	606	6
650	715	65	656,5	6,5
700	770	70	707	7
	<b>Prom:</b>	40		4

**Tabla. 4.6.** Tabla comparativa de error por parte del PLC y el operador

Un simple cálculo de un promedio para todos los valores muestra una diferencia radical en cuanto a los valores en pérdida cuando se opera sin el control y cuando se opera con este.

### **Conclusiones**

Se logró la implementación de un sistema tal que permite a la empresa la redirección del personal a tareas que requieren una permanencia de talento humano de manera constante, como carga de prendas y manejo de químicos. Dejando a las máquinas ocuparse de procesos repetitivos, aburridos y peligrosos para las personas, como es el lavado en sí.

Se ha logrado una reducción en el tiempo de proceso de la máquina. La automatización nos otorgó un tiempo de proceso más óptimo hacia la actividad a llevarse a cabo, permitiendo la realización de varios lavados extras en el mismo tiempo en el cual se realizaba un solo lavado.

El lavado industrial de prendas es una empresa entre tantas sobre la cual se puede realizar una automatización completa, ya sea para cada una de sus máquinas, para cada uno de sus procesos, o como un complejo sistema de interacción entre todas las máquinas de la empresa; como se pudo observar en el presente proyecto y su visión propia de expansión.

Como mejora en cuanto al algoritmo de control, se realizó un código el mismo que reemplaza las funciones básicas del operador de una manera más exacta y propicia. Eliminando pérdidas innecesarias de recursos y prendas de lavado.

En cuanto a la temperatura, la aplicación de una herramienta de medición permitió la reducción del gasto de vapor. Dando una utilidad mayor a los calderos de la planta y provocando un ahorro en cuanto a

combustible para la utilización de dichos calderos.

El requerimiento del control de un proceso industrial, marca su punto principal en la mejora del servicio o producto prestado por la empresa y su crecimiento en el mercado debido a la calidad que esta presenta, el cumplimiento de plazos de entrega, el incremento de producción y la reducción de costos; características otorgadas al proceso automatizado.

El agua a utilizarse se optimizó gracias al presente trabajo. En el mismo, mediante la medición constante de fluido se obtuvo una precisión de más menos 3 litros; lo cual en comparación al anterior funcionamiento muestra un ahorro en cuanto a este fluido y una aproximación más real a la mezcla de los químicos con las prendas mediante el agua.

Un mal manejo de los recursos ocupados por un sistema; como los vistos en el presente trabajo: agua, temperatura y tiempo, puede restar las ganancias producidas por el proceso en un valor igual a pérdidas de producción sumadas a gastos al ocupar en exceso estos recursos ya mencionados.

La implementación de dos interfaces, software de InTouch y pantalla física TD-200, mejora la interacción con el sistema y provoca en el operador un crecimiento en cuanto a actividades técnicas que este ahora realiza y su disponibilidad de tiempo para atender más procesos.

### **Bibliografía**

- SIEMENS, Simantic. “*Visualizador de textos TD 200*”. Manual de Usuario, Edición 1, 2000.
- SIEMENS, Simantic. “*Manual del sistema de automatización S7 200*”.

Manual de Usuario, Edición 08,  
2005.

- LOGITEK S.A. “*Curso InTouch Básico v7.1*”, Nivel 1
- Electro Cables S.A. “Características de cables”
- Datos tomados de la página virtual de Wonderware Home Page [www.wonderware.com](http://www.wonderware.com)
- Datos tomados de la página virtual de Siemens Global Website [www.siemens.com](http://www.siemens.com)



**Andrés S. Erazo S.** nació en la ciudad de Quito, Ecuador, en 1987. Recibió el título de pregrado en Ingeniería Electrónica,

Automatización y Control en el 2012 en la Escuela Politécnica del Ejército y el título de egresado de pregrado en Licenciatura Aplicada al Idioma Inglés en el mismo año. Entre los campos de interés está el estudio de microelectrónica y la programación de diversos dispositivos para que funcionen de manera autónoma.