



## **SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA EL PROCESO CIP DE LA LÍNEA UNO DE PEPSI COLA VENEZUELA PLANTA MARACAIBO**

**Realizado por:**

**Ing. Salvador Abrahamsz** / Correo: [salvadorabrahamsz@gmail.com](mailto:salvadorabrahamsz@gmail.com)

**Ing. Carlos Navarro** / Correo: [navarrocarlos32@gmail.com](mailto:navarrocarlos32@gmail.com)

**Ing. Braulio Sánchez** / Correo: [braulio.sa@gmail.com](mailto:braulio.sa@gmail.com)

**Tutor Académico:**

**MSc. José González** / Correo: [ijgonzlez1@urbe.edu.ve](mailto:ijgonzlez1@urbe.edu.ve)

**Tutor Metodológico:**

**Dra. Massiell Marcano** / Correo: [mvmarcano@urbe.edu.ve](mailto:mvmarcano@urbe.edu.ve)

El proceso de sanitización Cleaning-in-Place (CIP) conforma una parte fundamental de las operaciones de cualquier línea de producción de alimentos, ya que en éste recae la responsabilidad de cumplir y garantizar los estándares de salubridad y la inocuidad del producto que estará en manos del consumidor final.



Actualmente, la línea uno de Pepsi Cola Venezuela Planta Maracaibo, está constituida por, además de otras máquinas, una mezcladora, una llenadora y las tuberías que las interconectan con una sala donde se preparan las mezclas químicas del CIP y los jarabes de las bebidas. Estos componentes requieren de una limpieza interna para garantizar la bioseguridad del producto y evitar contaminación entre diferentes sabores de bebidas al cambiar de jarabe base. Para ello se lleva a cabo un proceso de CIP que actualmente no cuenta con un sistema de control o de monitoreo de variables; esto implica que son los operadores quienes se dan a la labor de vigilar el estado del proceso y controlar los tiempos de las diferentes etapas del mismo basándose en una parametrización recomendada por la empresa.

En consecuencia, se deriva en un proceso más laborioso que requiere múltiples operarios en comunicación verbal constante para llevar a cabo la limpieza, quienes a su vez deben de tomar manualmente lecturas de la concentración, temperatura y presión del líquido de limpieza para ajustar los tiempos de dicha limpieza. En consecuencia, esto significa un proceso CIP más largo y con posible introducción de errores humanos que tienen como consecuencia la pérdida de tiempo de producción y productos químicos de alto valor, que finalmente, generan tanto una disminución de la producción como una pérdida de dinero por reposición de materiales que pueden llegar a causar el cierre operativo de la empresa o llevarla a la bancarrota.

La implementación de un sistema de supervisión y control para el proceso CIP de la línea uno de Pepsi-Cola Venezuela Planta Maracaibo otorgaría a los operadores una manera de monitorear las condiciones del proceso, midiendo temperatura, flujo y concentración de la mezcla de limpieza, con una mínima intervención humana, facilitándoles así a los operarios mantenerse dentro de los parámetros deseados para el proceso de forma rápida y confiable, eliminando así la necesidad de coordinar verbalmente diferentes operadores o de realizar acciones manuales. De esta forma también se alertará a los operadores si el proceso encuentra una variable fuera de los valores establecidos y eso les permitirá tomar una decisión correctiva informada. Este sistema ahorraría tiempo a la empresa y ayudaría a garantizar que el proceso CIP ocurra de manera segura según las normas establecidas.

## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Utilizando como herramienta la entrevista con el personal que ejecuta el proceso CIP, se determina que la actividad de limpieza no se realiza de manera automática y se debe involucrar



varias personas para llevar a cabo la limpieza interna de las tuberías, con los diferentes detergentes que la empresa según sus estándares de calidad recomienda para garantizar que el proceso CIP realice la limpieza de manera efectiva.

Como resultado de las entrevistas realizada en las áreas de envasado y sala de jarabe, se puede observar varias oportunidades en la ejecución del proceso de limpieza, el sistema no se encuentra automatizado y depende de la experticia técnica del operador de turno para percibirse de las posibles desviaciones mientras está en proceso de recirculación de los diferentes químicos que pasa por el interior de las tuberías, dichas tuberías es por donde suele pasar el producto a envasar en las diferentes presentaciones que la empresa ofrece a sus consumidores, al iniciar el proceso CIP se debe validar constantemente las variables del proceso. Dichos resultados se ilustran a modo de resumen en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Resumen de aplicación de entrevistas**

| Cantidad de Personas | Cargo que Desempeña            | Proceso Actual   | Recomendación   |
|----------------------|--------------------------------|--|---|
| 3                    | Operadores Sala de Llenado     | 1. Proceso de CIP ejecución de forma manual.<br>2. Tiempo de contacto por detergente 30 minutos.<br>3. Varias intervenciones en el proceso de enjuague para medir concentración del agua, garantizando   | Automatizar el proceso de limpieza  |
| 3                    | Operadores Sala de Jarabe      | 1. Permanente comunicación con el personal de envasado.<br>2. Descuido de otras actividades del área por realizar el CIP.  | Automatizar la comunicación entre ambas áreas   |
| 2                    | Supervisores de Envasado       | 1. Corren riesgo de pérdida de químicos por una mala operación.<br>2. Exposición elevada por parte del operador a los gases desprendido por los químicos<br>3. Involucrar varias personas de áreas diferentes para ejecutar una buena limpieza | Automatizar el control de las variables del proceso CIP en frío y caliente para cumplir las exigencias de calidad                   |
| 2                    | Supervisores de Sala de Jarabe | 1. Preparación de las soluciones para el CIP es manual.<br>2. Mano de obra subutilizada para ejecutar una sola actividad.  | Automatizar la preparación de las soluciones y envío del producto a los diferentes equipos de envasado para realizar el proceso CIP |

**Fuente: Abrahamsz, Navarro, Sánchez (2024)**



Se verificó mediante la observación directa que la temperatura del detergente no se controla de manera automática, esta variable tiene como set point 70°C, por debajo del valor de consigna no cumple con las especificaciones de calidad y por encima dañaría los elastómeros de las válvulas de llenado, también el tiempo de exposición por parte de los operadores a los gases desprendidos por la soda caustica y el detergente 21C, son muy elevados por monitorear de forma presencial las variables de proceso.

En la determinación de requerimientos, se precisó que, además de los elementos que conforman a un sistema de control como lo son el HMI, el PLC y sus respectivos módulos, eran necesarios elementos capaces de censar el estado de las variables del círculo de Sinner ilustradas en la figura 1.



Figura 1. Círculo de Sinner  
Fuente: Martínez (2019)

Con este fin, se procuraron una serie de elementos, que fueron además instalados en sitio para monitorear las variables. Iniciando por un sensor de temperatura TR760, empleado para monitorear la temperatura de salida de los fluidos a la Línea 1 hacia la sala de jarabe. Esta medición es debido al papel que juega en la esterilización de los conductos y tuberías. Siendo también importante ya que, de excederse la temperatura de 80°C, los sellos de goma de las tuberías podrían



sufrir daños. Como se observa en el cuadro 2, el TR760 es perfectamente capaz de dar datos fiables en todo el rango de mediciones necesarias.

**Cuadro 2. Especificaciones sensor de temperatura WIKA TR760**



| Temperature<br>(ITS 90)<br>°C | Basic value<br>Ω | Limiting error DIN EN 60751 |        |         |        |
|-------------------------------|------------------|-----------------------------|--------|---------|--------|
|                               |                  | Class A                     |        | Class B |        |
|                               |                  | °C                          | Ω      | °C      | Ω      |
| -200                          | 18.52            | ± 0.55                      | ± 0.24 | ± 1.3   | ± 0.56 |
| -100                          | 60.26            | ± 0.35                      | ± 0.14 | ± 0.8   | ± 0.32 |
| -50                           | 80.31            | ± 0.25                      | ± 0.10 | ± 0.55  | ± 0.22 |
| 0                             | 100              | ± 0.15                      | ± 0.06 | ± 0.3   | ± 0.12 |
| 50                            | 119.40           | ± 0.25                      | ± 0.10 | ± 0.55  | ± 0.21 |
| 100                           | 138.51           | ± 0.35                      | ± 0.13 | ± 0.8   | ± 0.30 |
| 200                           | 175.86           | ± 0.55                      | ± 0.2  | ± 1.3   | ± 0.48 |
| 300                           | 212.05           | ± 0.75                      | ± 0.27 | ± 1.8   | ± 0.64 |
| 400                           | 247.09           | ± 0.95                      | ± 0.33 | ± 2.3   | ± 0.79 |
| 500                           | 280.98           | ± 1.15                      | ± 0.38 | ± 2.8   | ± 0.93 |
| 600                           | 313.71           | ± 1.35                      | ± 0.43 | ± 3.3   | ± 1.06 |

Fuente: [www.wika.com/media/Data-sheets \(2024\)](http://www.wika.com/media/Data-sheets (2024))

El tiempo de acción de cada paso del CIP se monitorea mediante el PLC, mostrándose en conjunto con el HMI para hacer accesible el dato al operador.

El transmisor de conductividad Rosemount 5081, junto con el sensor toroidal 228-02-21-56-61, del mismo fabricante fueron instalados en la vía de retorno del CIP con el fin de brindar un dato de conductividad, y por tanto concentración de químicos. Esto con el fin de garantizar la correcta acción química de la limpieza.

En el caso de la acción mecánica, el transmisor de presión suspendido VEGA BR52 se empleó para censar la presión de los fluidos que circulan a través de la llenadora de Línea 1, siendo fundamental que existan al menos 0.8 BAR de presión a través del sistema para así generar un flujo turbulento que garantice una adecuada acción mecánica de limpieza sobre las superficies. La importancia de esto radica en presurizar adecuadamente las tuberías para remover cualquier residuo y garantizar el contacto del fluido con la totalidad de la tubería. Las características de dicho sensor se ilustran a detalle en el cuadro 3.

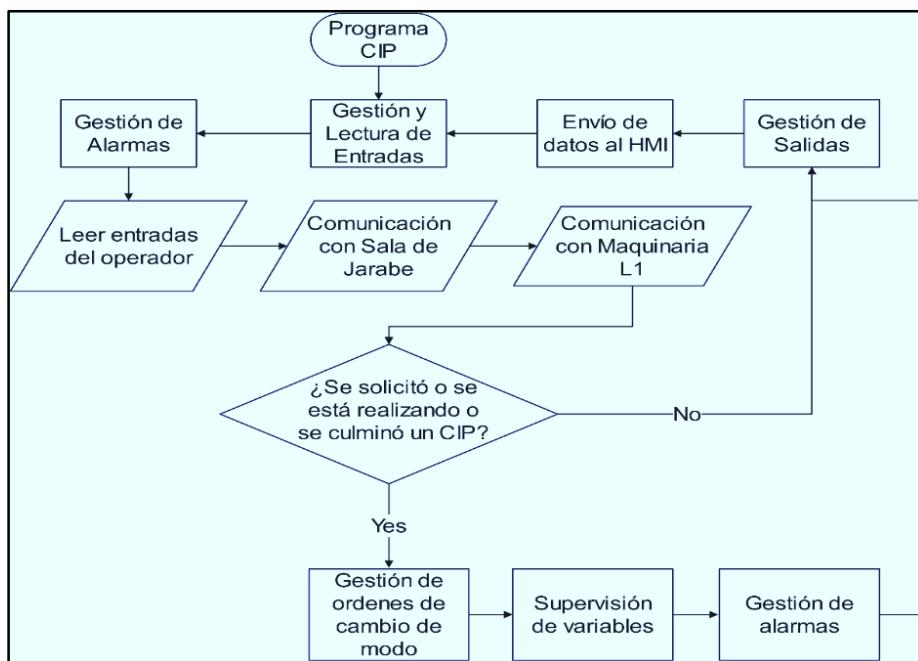



|                    |  |   |
|--------------------|--|---|
| <b>VEGAWELL 52</b> | <b>Celda de medida</b>                   | CERTEC®   |
|                    | <b>Material membrana:</b>                | $\text{Al}_2\text{O}_3$ Cerámica  |
|                    | <b>Productos</b>                         | Líquidos, incluso con componentes abrasivos   |
|                    | <b>Conexión a proceso</b>                | Borne de retención, racor de retención G1 suelto, rosca G1½ A                               |
|                    | <b>Material</b>                          | PE, PUR, FEP  |
|                    | <b>Cable de suspensión/Tubo de unión</b> |   |
|                    | <b>Material sensor</b>                   | 316L  |
|                    | <b>Junta de la celda de medida</b>       | FKM, EPDM, FFKM   |
|                    | <b>Líquido separador</b>                 | Sistema de medición seco  |
|                    | <b>Rango de medición</b>                 | 0 ... +25 bar/0 ... +2500 kPa<br>(-14.5 ... +362.6 psig)                                    |
|                    | <b>Rango de medición mínimo</b>          | 0,1 bar/10 kPa (1.45 psig)  |
|                    | <b>Temperatura de proceso</b>            | -20 ... +80 °C (-4 ... +176 °F)   |
|                    | <b>Error de medición</b>                 | < 0,1 %; < 0,2 %  |
|                    | <b>Salida de señal</b>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 4 ... 20 mA</li> <li>● 4 ... 20 mA/HART</li> </ul> |

**Cuadro 3. Especificaciones transmisor de presión VEGA BR52**

Fuente: [www.vega.com/es-es](http://www.vega.com/es-es) (2024)

Para cumplir con el objetivo de diseñar un sistema de control y supervisión que se al sistema de automatización del proceso CIP de la línea uno de Planta Pepsi Maracaibo se diseñó el ordinograma general, procurando que en él se ilustre todo el funcionamiento del sistema. Éste se ilustra mediante la elaboración de un diagrama de flujo para la lógica del sistema. Véase la figura 2.



**Figura 2. Ordinograma general del sistema.**

Fuente: Abrahamsz, Navarro, Sánchez (2024).



Tras culminar el proyecto planteado, se realizaron pruebas definitivas que comprueban que el sistema cumple con los lineamientos de seguridad y sanitización; y como plantea Escaño (2019), además, se debe comprobó que el sistema funciona correctamente en todos los estados esperados del mismo. Siendo así, que pueda funcionar de manera manual, automática o semiautomática, dependiendo de los requerimientos puntuales del operador encargado del proceso. De igual forma, el sistema detecta e informa de los defectos o circunstancias que impidan o limiten su funcionamiento.

Establecida la integración del sistema de control, se procedió con la calibración de los dispositivos de medición que se utilizaron para supervisar las distintas variables del proceso CIP mediante el uso de soluciones patrones certificadas para exactitud por un ente externo, garantizando la precisión y exactitud de cada instrumento de medición. Iniciamos la prueba de escalamiento entre los instrumentos de campo y el programador lógico programable PLC.

En el ensayo final con las pruebas del sistema completo, se notó que el sistema supervisa las variables de forma adecuada, muestra gráficas de comportamiento de todas las variables de proceso con datos comprobables, siendo además capaz de almacenar esta información para evaluar el proceso CIP después de la ejecución y finalización del mismo.

## CONCLUSIONES

El desarrollo de cada una de las fases de esta investigación condujo a la total y efectiva implementación del sistema de supervisión y control del proceso de sanitización CIP. Esta investigación representa un avance significativo en la eficiencia y calidad de la sanitización realizada en la línea 1 de Pepsi Cola Venezuela Planta Maracaibo, ya que se demuestra que la aplicación del desarrollo tecnológico es útil para mejorar los procesos industriales, aumentando la fiabilidad y control de los resultados de estos. Es posible, entonces, concluir que la automatización de este proceso aporta beneficios significativos en términos de eficiencia, precisión y control de calidad, que a la larga se traducen en beneficios económicos para la empresa.

En cuanto a la interfaz hombre-máquina (HMI) conectado al PL, éste ofrece al operador la capacidad de visualizar en tiempo real las variables del proceso, iniciar un nuevo CIP o contestar a una solicitud remota del CIP. Estableciendo así, una manera unificada para inicio al modo CIP en los equipos de producción de la Línea 1. Esto representa un avance hacia una posible



automatización total del proceso CIP en todas las líneas de la planta. Siendo de suma importancia y valor el registro proporcionado por el sistema de los CIP incursionados en el pasado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Creus, A. (1995). **Instrumentación industrial**. México, Editorial: Alfaomega grupo editor, S.A. de C.V.
- Escaño, J. (2019). **Integración de sistemas de automatización industrial**. Editorial: Paraninfo.
- García E. (2001). Automatización de Procesos Industriales. Universitat Politècnica de València. Valencia, España.
- Martínez, M. (2019). **Sistema de limpieza CIP en una industria de fabricación de quesos**. Universidad de Valladolid. Valladolid, España.
- Ogata, Canto y Bencomo (2003). **Ingeniería de Control Moderna**. Madrid: Pearson Educación.
- Ortega, L & Ravelo R (2014). **Propuesta de Arquitectura de Información para el HMI en el ambiente de configuración de los sistemas SCADA**. Trabajo de Diploma. Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, cuba.
- Sanchis, Roberto (2010). **Automatización industrial**. España. Universitat Jaume I.
- Zapata, Cardillo y Chacón (2010). **Aportes Metodológicos para el Diseño de Sistemas de Supervisión de Procesos Continuos**.
- Zapata, M. (2021). **Fundamentos de Automatización y Redes Industriales**. Quito, Ecuador: Editorial Universidad Tecnológica Indoamérica.