

Design of an Automatic Sixpack Bottle Filling System using RFID Technology for adaptation to The Lucas Nülle IPA23 Plant

Daniel Cevallos V, Mgr¹, César A. Martín, PhD², Holger Cevallos, PhD³ and Erasmo Israel García Ochoa, MSc⁴

^{1,2,3}Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador, ESPOL, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC), Ecuador, dacevall@espol.edu.ec, cmartin@espol.edu.ec, hcevallo@espol.edu.ec

⁴Universidad Internacional del Ecuador UIDE, Quito 170411, Ecuador, ergarcia@uide.edu.ec

Abstract– The Process Control Laboratory of the Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) includes an IPA 23 training plant of the Lucas Nülle brand on a small scale that has the following stations: Material buffering station (IPA 2), filling station (IPA 3), sealing station (IPA 4). The resulting plant obtained with these substations is a simulation plant of a sixpack production line for bottles filled with an adjustable amount of liquid A. The significance of this laboratory lies in its role within the professional training process of both undergraduate and graduate students at ESPOL, providing them with learning opportunities in subjects related to automation and control. The IPA 23 plant does not package a product other than the one found in the main tank of the filling station without first conducting an automatic pre-washing process in the dosing pipes. This process prevents the filling of bottles with concentrations of residual product from previous liquids housed in the dosing system. Furthermore, it lacks technology for product identification, which would offer flexibility and enhance inventory management. In view of the above problem, an auxiliary filling module containing the 2 pressurized bottles was implemented: one for liquid B and another for pre-washing. Radio-Frequency Identification technology (RFID) was adapted, which includes: communication module, reader and transponders, providing greater ease in product identification by the system and better control in production inventory. The programming and implementation of the control panel of the auxiliary module were also carried out. All of this will contribute to enhancing the flexibility of controlling the operation of the training plant and conducting laboratory experiments related to flexible production systems by undergraduate and graduate students at ESPOL. This will enable students to practically visualize a more flexible production line compared to its previous state, thereby contributing to their learning and training process in addressing industrial problems involving processes with low flexibility and difficulties in adapting to variations in production processes.

Keywords-- Automation, Grafct, Flexible Production, Radio-Frequency Identification Technology RFID.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

Diseño de un Sistema Automático de Llenado de Botellas Sixpack utilizando Tecnología RFID para su Adaptación a la Planta Lucas Nülle IPA23

Daniel Cevallos V, Mgtr¹, César A. Martín, PhD², Holger Cevallos, PhD³, and Erasmo Israel García Ochoa, Mgtr⁴

^{1,2,3}Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Ecuador, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC), Ecuador, dacevall@espol.edu.ec, cmartin@espol.edu.ec, hcevallo@espol.edu.ec

⁴Universidad Internacional del Ecuador UIDE, Quito 170411, Ecuador, ergarcia@uide.edu.ec

Abstract—*The Process Control Laboratory of the Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) includes an IPA 23 training plant of the Lucas Nülle brand on a small scale that has the following stations: Material buffering station (IPA 2), filling station (IPA 3), sealing station (IPA 4). The resulting plant obtained with these substations is a simulation plant of a sixpack production line for bottles filled with an adjustable amount of liquid A. The significance of this laboratory lies in its role within the professional training process of both undergraduate and graduate students at ESPOL, providing them with learning opportunities in subjects related to automation and control. The IPA 23 plant does not package a product other than the one found in the main tank of the filling station without first conducting an automatic pre-washing process in the dosing pipes. This process prevents the filling of bottles with concentrations of residual product from previous liquids housed in the dosing system. Furthermore, it lacks technology for product identification, which would offer flexibility and enhance inventory management. In view of the above problem, an auxiliary filling module containing the 2 pressurized bottles was implemented: one for liquid B and another for pre-washing. Radio-Frequency Identification technology (RFID) was adapted, which includes: communication module, reader and transponders, providing greater ease in product identification by the system and better control in production inventory. The programming and implementation of the control panel of the auxiliary module were also carried out. All of this will contribute to enhancing the flexibility of controlling the operation of the training plant and conducting laboratory experiments related to flexible production systems by undergraduate and graduate students at ESPOL. This will enable students to practically visualize a more flexible production line compared to its previous state, thereby contributing to their learning and training process in addressing industrial problems involving processes with low flexibility and difficulties in adapting to variations in production processes.*

Keywords—Automation, Grafcet, Flexible Production, Radio-Frequency Identification Technology RFID.

I. INTRODUCCIÓN

La planta IPA 23 del laboratorio de Control de Procesos de la ESPOL, Fig. 1, simula una línea de producción del llenado de envases de botellas [1], compuesta por las siguientes estaciones principales: Estación de almacenamiento (IPA 2), estación de llenado (IPA 3) y estación de sellado (IPA 4). La importancia de dicho laboratorio radica en el proceso de formación profesional de los estudiantes de grado y postgrado de la ESPOL para su aprendizaje en temas relacionados a la

automatización y control. La automatización, una metodología cada vez más prevalente en una amplia gama de sectores y disciplinas, se utiliza con el fin de llevar a cabo actividades recurrentes o que demandan un considerable tiempo de ejecución. Esta estrategia, además de optimizar la eficiencia de los procesos, conlleva la liberación de los usuarios de la carga laboral asociada, lo que les posibilita destinar sus recursos temporales y cognitivos a labores de mayor trascendencia y aportación de valor [2]. Por consiguiente, el entrenamiento de los estudiantes en esta área de conocimiento les proporcionará las habilidades necesarias para adaptarse a entornos laborales modernos y dinámicos, dotándolos de competencias técnicas y analíticas que serán altamente valoradas en el mercado laboral actual y futuro.

La estación de llenado IPA 3 carece de una tecnología que permita la identificación de productos, lo que limita la flexibilidad y gestión del inventario de producción. La estación cuenta únicamente con un tanque que contiene un líquido "A", lo que resulta en una falta de diversidad de productos disponibles para la selección de envasado. Además, no dispone de un sistema de prelavado para los residuos de líquido que puedan quedar alojados en las tuberías de dosificación. [3] [4]. Esto limita a la planta IPA 23 como un recurso pedagógico en la automatización, demostración didáctica de líneas de producción con estructuras que permitan la flexibilidad productiva y la visualización de un inventario de producción. Para resolver este problema, se adaptará la tecnología de Identificación por Radiofrecuencia (RFID por sus siglas en inglés) que consta de un módulo de comunicación, lector y transpondedores de tal manera que se pueda identificar el nivel y el tipo de producto a envasar. En la actualidad, se está utilizando gradualmente la tecnología RFID en educación, industria y sectores de servicios [5]. En este proyecto se empleará transpondedores pasivos debido a que son asequibles, compactos y resistentes en contraste con los transpondedores activos [6]. Se facilitará al usuario la configuración manual de la tecnología RFID como la activación y desactivación de la antena del RFID y también la lectura y escritura en los transpondedores. Para diversificar el proceso productivo se instalará dos botellas: una con líquido "B" para diversificar la producción y otra con agua para prelavar el sistema de dosificación y así evitar

llenar botellas con un determinado producto mezclado con los residuos de líquidos anteriores almacenados en las tuberías. Esto permitirá a los estudiantes visualizar de manera práctica una línea de producción más flexible en comparación con su estado anterior, lo que contribuirá a su proceso de aprendizaje y formación para abordar problemas industriales que involucren procesos con poca flexibilidad y presentan dificultades para adaptarse a variaciones en los procesos productivos. [7].

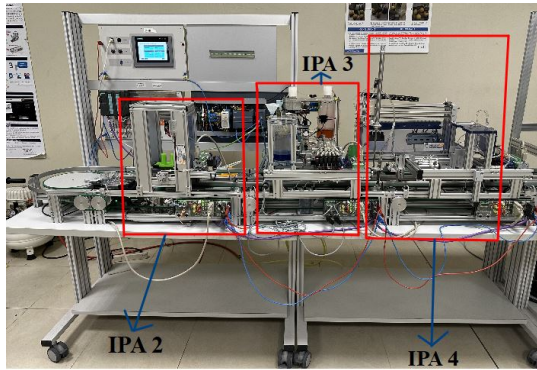


Figura 1. Planta IPA 23 del Laboratorio de Control de Procesos de la ESPOL

II. METODOLOGÍA

II-A. Aplicación del diagrama funcional GRAFCET

Para el automatismo del proceso en la estación de llenado, se aplicaron diagramas funcionales GRAFCET [8], un modelo de la representación gráfica del respectivo comportamiento del sistema lógico secuencial definido mediante sus entradas y salidas [9]. Esta representación gráfica ayudó a tener una idea clara de la secuencia del proceso y así obtener las condiciones de transición de las etapas, y las acciones relacionadas a las mismas de la siguiente manera:

- Cada etapa puede estar asociada a una o varias acciones, lo cual será válido siempre y cuando la etapa correspondiente se encuentre activa.
- Se activará una etapa cuando la etapa inmediatamente anterior activa se desactive, cumpliendo así la condición de transición entre ellas.
- Cuando una determinada acción se ejecute, la etapa a la que esté relacionada tendrá que estar activa.

Se puede observar en la Fig. 2 un ejemplo de GRAFCET para describir su funcionamiento por medio de las etapas, acciones y transiciones: En la etapa 1 se realizará la acción A y se activará la etapa 2 cuando al estar activa la etapa 1 se compruebe el cumplimiento de la transición a. En la etapa 2 se realizará la acción B y de esa misma manera se activará la etapa 3 cuando al estar activada la etapa 2 se compruebe la validez de la transición b. Finalmente en la etapa 3 se realizará la acción C y se desactivará al cumplirse la transición c para luego nuevamente empezar desde la etapa 1. En la Fig. 3 se puede observar el GRAFCET que se implementó para la automatización del lector RFID y en la Fig. 4 el GRAFCET

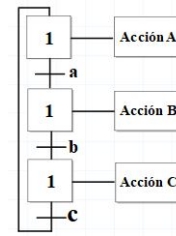


Figura 2. Ejemplo de Grafcet.

para el prelavado del sistema de dosificación de la estación IPA 3.

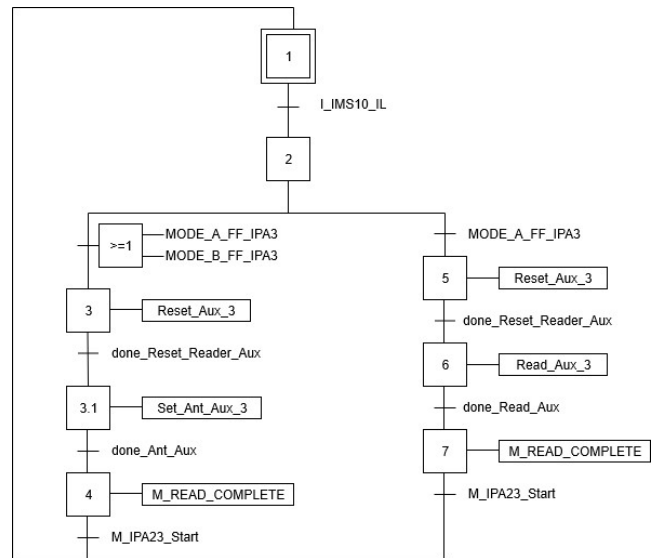


Figura 3. GRAFCET: Subrutina de ejecución automática de las funciones del lector RFID

II-B. Mediciones.

Se estableció las medidas de los tanques y rieles, Fig. 5, para la correcta instalación de la réplica del tanque instalado. Además, se tomó en consideración la presión apropiada para los tanques con el objetivo de no tener problemas en el proceso de dosificación.

II-C. Arquitectura red de comunicación.

Los dispositivos utilizados fueron de la marca SIEMENS, se configuraron y programaron en el software TIA PORTAL V14 SP1. La comunicación se la realizó a través de una red PROFINET, red Ethernet industrial que opera con el protocolo TCP/IP, por lo que se asignó una dirección IP a cada dispositivo para que pueda interactuar en la red. Las direcciones IP se asignaron dentro de las propiedades de los dispositivos dentro del software, además de la máscara de la subred y la dirección IP del router. Todos los dispositivos de la red tuvieron la misma dirección de máscara de subred que el controlador maestro.

La Fig. 6. muestra todos los dispositivos que se comunican

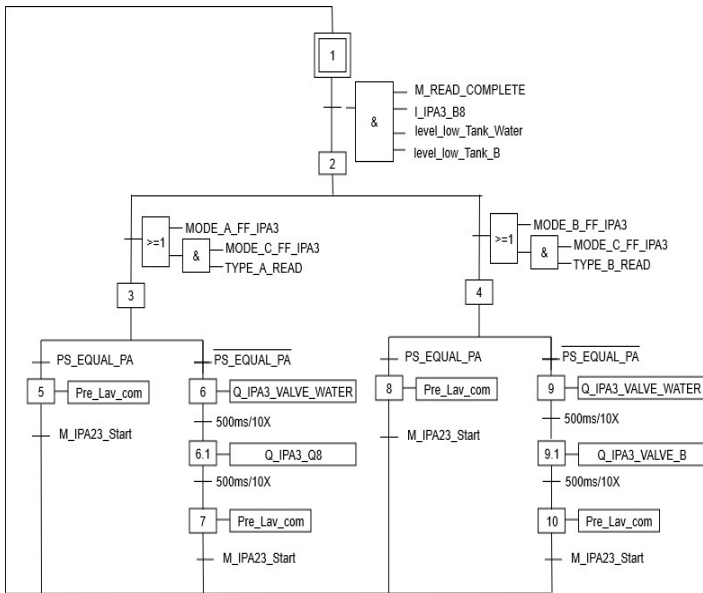


Figura 4. GRAFCET: Subrutina de prelavado del sistema de dosificación de la estación IPA3

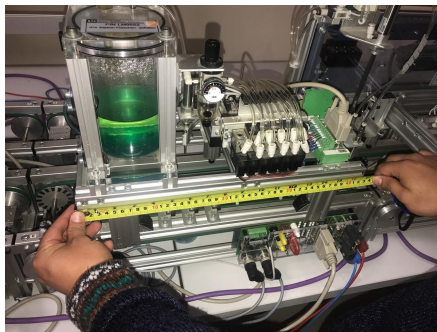


Figura 5. Medición de los rieles

a través de la red PROFINET IE (Industrial Ethernet) entre ellos dos controladores de la serie SIMATIC S7, una interfaz HMI de la serie TP-700 Comfort, un módulo de comunicación SIMATIC RFID 180C que permite interactuar con la información del lector RFID y un Switch de la serie SCALANCE XB005 que es un tipo de Switch que no requirió configuración, por lo tanto, no fue necesario asignarle una IP.

III. TECNOLOGÍA APLICADA

Se realiza una descripción de las tecnologías principales para el correcto funcionamiento del proyecto:

III-A. Familia SIMATIC RF300 de la marca SIEMENS

La tecnología RFID fue aplicada por medio de la familia SIMATIC RF300 de la marca SIEMENS [10]. A continuación, se describe los equipos de la familia RF300 que se utilizaron:

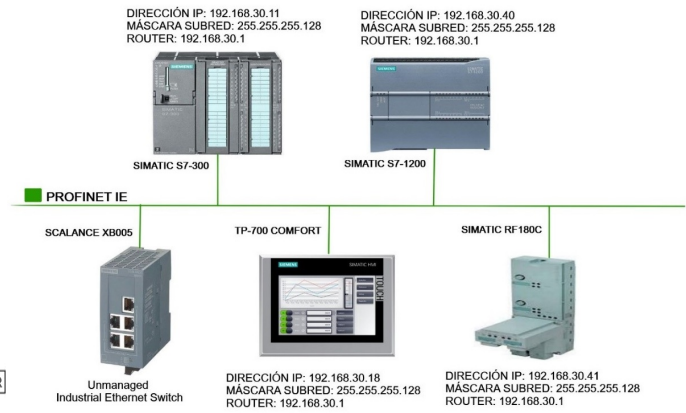


Figura 6. Red de dispositivos comunicados través de una PROFINET IE

III-A1. Módulo de comunicación SIMATIC RF180C: Fue utilizado para llevar al sistema de control la información obtenida en los lectores RFID. Se usó un solo lector para identificar el tipo de líquido que se está trabajando.

III-A2. Lector RFID SIMATIC 310R: Fue empleado principalmente para identificar el código de la tarjeta y así mediante el módulo de comunicación enviar la respectiva información al autómat programable.

III-A3. Transpondedores: Estas tarjetas contendrán el código respectivo de identificación el cual será captado por el lector y mediante el módulo de comunicación enviará la respectiva información al autómat programable dentro del proceso de lectura en la tecnología RFID.

III-B. PLC SIMATIC S7-1200

Este Autómat programable, tiene la función de recibir toda la información adquirida por el módulo de comunicación SIMATIC RF180C para finalmente enviarla al PLC SIMATIC S7300. Esta comunicación fue mediante una red PROFINET.

III-C. PLC SIMATIC S7-300

Se encarga principalmente de recibir la información enviada por el autómat programable S7-1200 para así controlar la estación IPA 3 mediante comunicación PROFIBUS.

III-D. Switch Ethernet Industrial SCALANCE XB005 UNMANAGED IE

Este dispositivo, permitió realizar la configuración de la conexión de la red PROFINET para la respectiva comunicación entre el autómat programable S7-1200 y el módulo de comunicación SIMATIC RF 180C.

IV. RESULTADOS

IV-A. Interfaz hombre-máquina (HMI)

Se obtuvieron interfaces con el objetivo de proporcionar al usuario facilidades de control en los modos de operación de la estación de llenado IPA3 y configuración de la tecnología RFID:

- Modo A: Llenado de los envases con producto del tanque A.
- Modo B: Llenado de los envases con producto del tanque B.
- Modo C: El sistema RFID interviene; si el lector lee que ReadData[0]=100, llena los envases con producto del tanque A, y si ReadData[0]=200, llena los envases con producto del tanque B.

A continuación, se describen las pantallas creadas.

IV-A1. Pantalla de Modos del subsistema IPA 3:

En la Fig. 7 se describen los elementos de la pantalla “F_Modos_IPA3”.

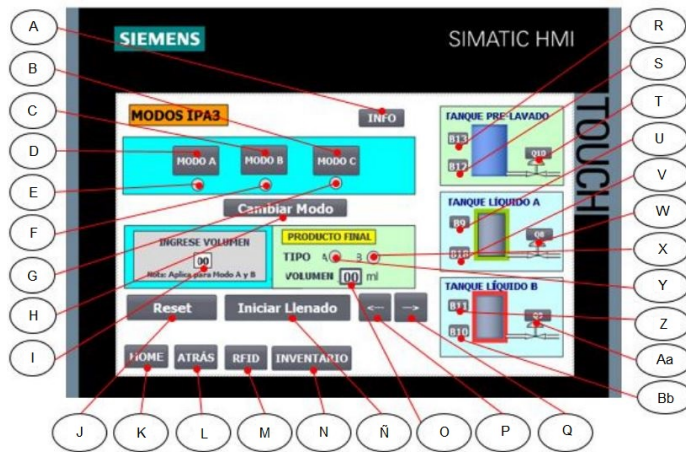


Figura 7. Pantalla “F_Modos_IPA3”

- A. Pulsador para ir a la pantalla de información de los modos de la estación IPA3.
- B. Pulsador para activar el modo C, con la restricción de que previamente se deben desactivar los modos con el pulsado “Cambiar Modo”.
- C. Pulsador para activar el modo B, con la restricción de que previamente se deben desactivar los modos con el pulsado “Cambiar Modo”.
- D. Pulsador para activar el modo A, con la restricción de que previamente se deben desactivar los modos con el pulsado “Cambiar Modo”.
- E. Indicador de que se encuentra activado el modo A.
- F. Indicador de que se encuentra activado el modo B.
- G. Indicador de que se encuentra activado el modo C.
- H. Pulsador para desactivar todos los modos, sirve cuando se necesita cambiar de modo.
- I. Sirve para ingresar el volumen deseado en los envases del sixpack cuando se ha seleccionado el modo A o B.
- J. Pulsador para detener cualquier proceso que se encuentre ejecutándose en la estación IPA3.
- K. Pulsador para ir a la pantalla “Home”.
- L. Pulsador para regresar a la pantalla “IPA 3”.
- M. Pulsador para ir a la pantalla de manipulación manual de las funciones del lector “RF310R”.

- N. Pulsador para ir a la pantalla “INVENTARIO” de la producción de la estación IPA3.
- Ñ. Pulsador que da inicio al proceso de llenado de los envases del sixpack.
- O. Pantalla del volumen de líquido con el que se van a llenar los envases.
- P. Pulsador para la manipulación manual de la banda transportadora de la estación IPA3 en dirección izquierda.
- Q. Pulsador para la manipulación manual de la banda transportadora de la estación IPA 3 en dirección derecha.
- R. Indicador de nivel máximo en el tanque de agua.
- S. Indicador de nivel mínimo en el tanque de agua.
- T. Indicador de apertura de la válvula de salida del tanque de agua.
- U. Indicador de nivel máximo en el tanque de producto A.
- V. Indicador de nivel mínimo en el tanque de producto A.
- W. Indicador de apertura de válvula de salida de producto del tanque A.
- X. Indicador de que el producto final, será producto del tanque B.
- Y. Indicador de que el producto final, será producto del tanque A.
- Z. Indicador de nivel máximo en el tanque de producto B.
- Aa. Indicador de apertura de válvula de salida de producto del tanque B
- Bb. Indicador de nivel mínimo en el tanque de producto B.

IV-A2. Pantalla de Configuración del lector RF310R: Esta interfaz reinicia el lector en caso de que se haya producido algún error, realiza la lectura y escritura en el transpondedor y apaga el campo inductivo del lector RFID. A continuación, se detalla cada uno de los elementos de esta pantalla en la Fig. 8.

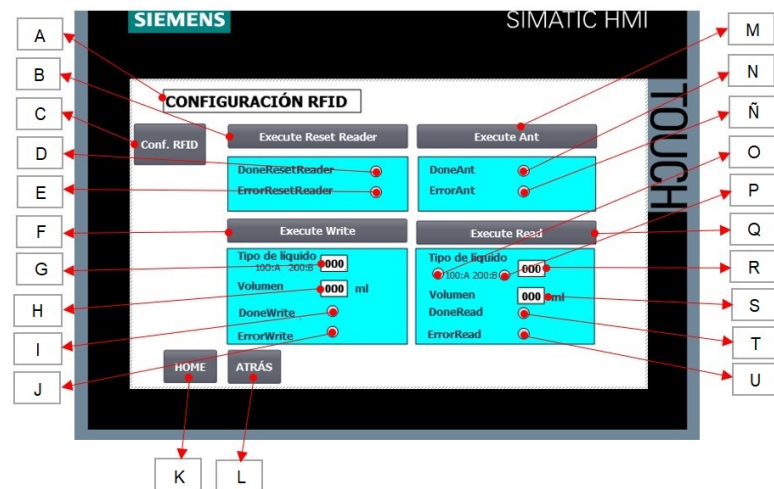


Figura 8. Pantalla HMI – Configuración del lector RF310R

- A. Campo de Texto. Título de pantalla de “CONFIGURACIÓN RFID”.
- B. Switch para activar/desactivar la función del lector Reset_Reader.

- C. Switch para activar/desactivar la manipulación de las funciones, debido a que también están vinculadas con una manipulación automática.
- D. Indicador que la función Reset_Reader se ha ejecutado correctamente.
- E. Indicador que la función Reset_Reader no se ha podido ejecutar correctamente.
- F. Switch para activar/desactivar la función de escritura del lector.
- G. Campo para ingresar los valores 100 o 200 que identifican a los productos A o B respectivamente, en caso de que se desee escribir en un transpondedor.
- H. Campo para ingresar el volumen deseado, en caso de que se desee escribir en un transpondedor.
- I. Indicador que la función Reset_Reader se ha ejecutado correctamente.
- J. Indicador que la función Reset_Reader no se ha podido ejecutar correctamente.
- K. Pulsador para ir a la pantalla “HOME”.
- L. Pulsador para ir a la pantalla “MODOS_IPA3”.
- M. Switch para activar/desactivar la función “Set_Ant” del lector.
- N. Indicador que la función “Set_Ant” se ha ejecutado correctamente.
- Ñ. Indicador que la función “Set_Ant” no se ha podido ejecutar correctamente.
- O. Si el bit de lectura del tipo de producto tiene la identificación del producto A, se activa este indicador.
- P. Si el bit de lectura del tipo de producto tiene la identificación del producto B, se activa este indicador.
- Q. Switch para activar/desactivar la función “Read” del lector.
- R. Lectura del tipo de producto.
- S. Valor leído en el volumen.
- T. Indicador que la función “Read” se ha ejecutado correctamente.
- U. Indicador que la función “Read” no se ha podido ejecutar.

IV-A3. Pantalla de inventario: La pantalla inventario muestra cómo va desarrollando la producción del llenado de envases en la estación IPA 3. Se muestra la producción individual por tanques tanto del número de botellas, número de sixpack y el volumen real que se va envasando. Finalmente, se muestra también el total de producción de la planta IPA3. Los elementos enumerados en la Fig. 9 se describen a continuación:

- A. Número de envases llenado con producto del tanque A
- B. Número de sixpack llenados con producto del tanque A.
- C. volumen utilizado del tanque del producto A.
- D. Pulsador para ir a la pantalla “F_MODOS_IPA3”
- E. Pulsador para ir a la pantalla “Home”
- F. Número de envases llenados con producto del tanque B.
- G. Número de sixpack llenados con producto del tanque B.
- H. Volumen utilizado del tanque del producto B.
- I. Número total de envases llenados en la estación IPA3.
- J. Número total de sixpack llenados en la estación IPA3.

K. Volumen total utilizado de los tanques de la estación IPA3.

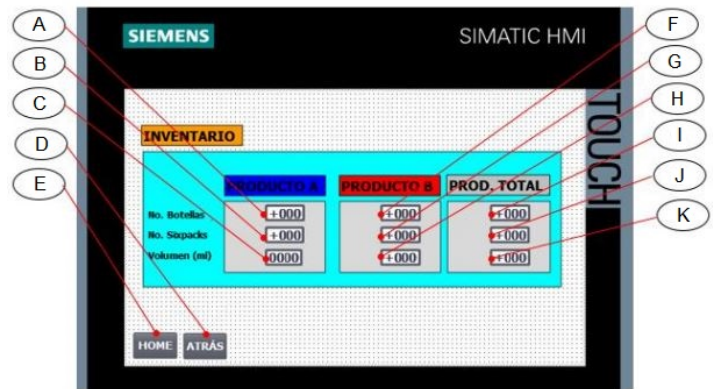


Figura 9. Pantalla “INVENTARIO”

IV-B. Tecnología RFID

IV-B1. Lectura RFID: Para la lectura RFID, fue necesario cambiar el valor de “interface.executeRead ” a “True”, de esa manera preparamos al lector para la lectura. Al realizar esto, se comprobó que el led del lector esté encendido de color verde como se aprecia en la Fig. 10, así comprobamos que nuestro sistema RFID esté listo para realizar la respectiva lectura. Después que el lector identificó el transpondedor, la opción “interface.doneRead” marcó “True” como resultado de que la lectura se realizó de manera exitosa. Posteriormente se



Figura 10. Lector preparado para el proceso de lectura

colocó el transpondedor dentro de la distancia de alcance del lector para así identificarlo como se observa en la Fig. 11. El color amarillo del led nos indica que se está llevando a cabo el proceso de lectura. Finalmente, en la Fig. 12 que la opción “interface.doneRead” se observa que la opción “interface.doneRead” ha adquirido el valor de “True”, lo que indica que la lectura se ha realizado de manera exitosa.

IV-B2. Escritura RFID: Para el proceso de escritura se activa la opción “interface.executeWrite” para habilitar la escritura en las diferentes variables de cada transpondedor como son el “identData.writeData[0]”, “identData.writeData[1]”.



Figura 11. Identificación del transpondedor por medio del lector

Linea	Comando	Variable	Valor
13	// Read Transponder		
14	*interface*.executeRead	BOOL	TRUE
15	*interface*.addrTagRead	DEC	10
16	*interface*.lenDataRead	DEC	100
17	*interface*.doneRead	BOOL	TRUE
18	*interface*.errorRead	BOOL	FALSE
19	*interface*.statusRead	Hex	16#0000_0000
20	*identData*.readData[0]	Hex	16#01
21	*identData*.readData[1]	Hex	16#05
22	*identData*.readData[2]	Hex	16#00
23	*identData*.readData[3]	Hex	16#15

Figura 12. Notificación de lectura exitosa

Finalmente escribimos el respectivo código de identificación sobre dichas variables como se observa en la Fig. 13.

Linea	Comando	Variable	Valor
24	// Write transponder		
25	*interface*.executeWrite	BOOL	TRUE
26	*interface*.addrTagWrite	DEC	10
27	*interface*.lenDataWrite	DEC	100
28	*interface*.doneWrite	BOOL	TRUE
29	*interface*.errorWrite	BOOL	FALSE
30	*interface*.statusWrite	Hex	16#0000_0000
31	*identData*.writeData[0]	Hex	16#01
32	*identData*.writeData[1]	Hex	16#05
33	*identData*.writeData[2]	Hex	16#00
34	*identData*.writeData[3]	Hex	16#15

Figura 13. Escritura en las variables de los transpondedores

IV-B3. Modo "Stand by" RFID: Para activar el modo 'Stand by' en la tecnología RFID, se asigna el valor 'True' a 'interface.executeAnt', lo que activa 'interface.doneAnt' para indicar que el procedimiento se ha completado correctamente, como se muestra en la figura Fig. 14. El modo 'Stand by' desactiva el campo inductivo, lo que resulta en ahorro de energía.

Linea	Comando	Variable	Valor
35	// Set Ant		
36	*interface*.executeAnt	BOOL	TRUE
37	*interface*.antennaAnt	BOOL	FALSE
38	*interface*.doneAnt	BOOL	TRUE
39	*interface*.errorAnt	BOOL	FALSE
40	*interface*.statusAnt	Hex	16#0000_0000

Figura 14. Configuración del modo "Stand by" por medio de la desactivación del campo inductivo del lector RFID

IV-C. Tablero de control para el modulo auxiliar de llenado y tecnología RFID

Con el uso del autómatas programables S7-1200, el módulo de comunicación RF180C para adquirir la información del lector

y transmitirla al PLC mediante comunicación, una fuente de alimentación de 24 V, borneras para las conexiones entre los dispositivos y un switch Ethernet industrial SCALANCE XB005 para la configuración de la topología de bus lineal, se ha ensamblado un tablero de control para el módulo auxiliar de llenado y la tecnología RFID. En la Fig. 15 se especifican los elementos de dicho tablero y en la Fig. 16 el diagrama de conexiones del mismo.

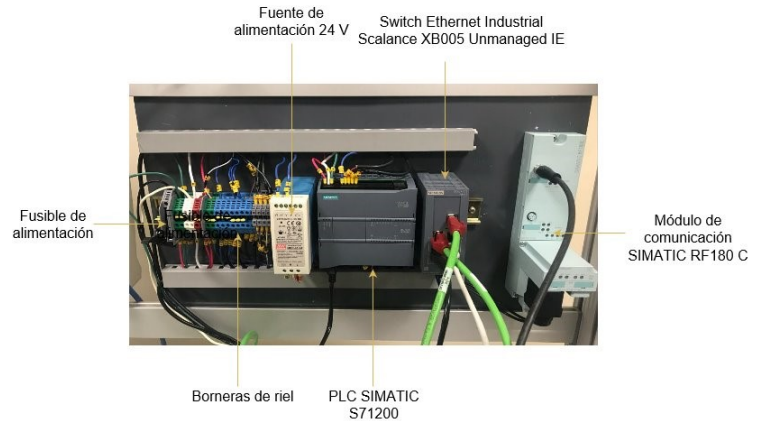


Figura 15. Tablero de control del módulo auxiliar de llenado y tecnología RFID

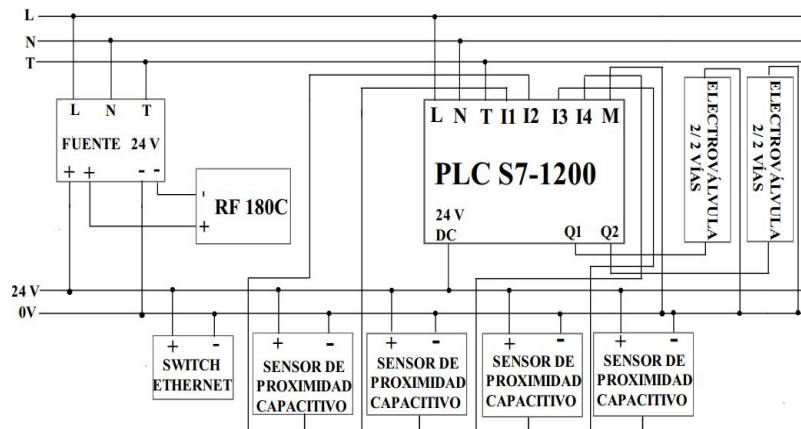


Figura 16. Diagrama de conexiones del tablero de control del modulo auxiliar de llenado y tecnología RFID

IV-D. Módulo de llenado auxiliar

Después de realizar las mediciones de longitud con el objetivo de definir las dimensiones apropiadas para las botellas presurizadas y bases de soporte; y posterior al análisis técnico para la selección de sensores de proximidad capacitivos, y electroválvulas, se armó el módulo de llenado auxiliar el cual está conformado por una botella presurizada que contendrá el producto B, y otra botella presurizada que constará de agua para el prelavado de las tuberías del sistema IPA 3. Fig. 17

V. CONCLUSIONES

1. Se pudo implementar de manera exitosa un sistema de producción flexible en la planta del Laboratorio de Con-

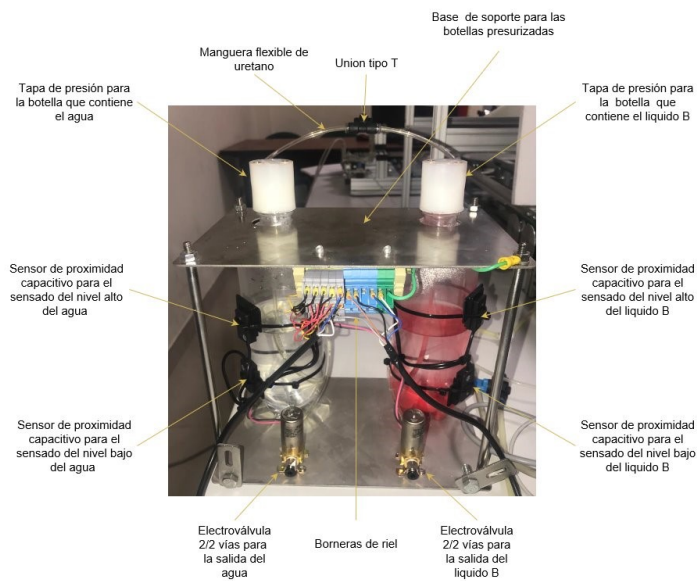


Figura 17. Módulo de llenado auxiliar

[5] Li, K. (2024). Improved RFID mutual authentication protocol against exhaustive attack in the context of big data. *EURASIP Journal on Information Security, Article number: 3* (2024).

[6] Abudalfá, S., & Bouchard, K. (2023). Two-stage RFID approach for localizing objects in smart homes based on gradient boosted decision trees with under- and over-sampling. *Journal of Reliable Intelligent Environments, 10*, 45–54.

[7] Martínez J. G., La producción en serie y la producción flexible, vol. 6. Universidad Nacional Autónoma de México, 2013.

[8] Ojeda F, Automatización con GRAFCET y Autómata Programable, RA-MA S.A. Editorial y Publicaciones; 1er edición. Agosto, 2019.

[9] R. David, "Grafcet: a powerful tool for specification of logic controllers, in IEEE Transactions on Control Systems Technology, vol. 3, no. 3, pp. 253-268, Sept. 1995, doi: 10.1109/87.406973.

[10] Siemens. En siemens, sistemas rfid simatic rf300 (págs. 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45). Alemania, 2017.

trol de Procesos IPA 23 de la ESPOL reacondicionando la estación de llenado IPA 3 por medio de la implementación de un módulo auxiliar de llenado que contiene 2 botellas presurizadas: una que contiene un producto adicional de llenado, líquido B y otra para la realización del prelavado de las tuberías de dosificación. También se realizó la programación e implementación del tablero de control del módulo auxiliar incorporando tecnología RFID para tener un mejor control del inventario contribuyendo a la flexibilidad del sistema.

2. Se proporcionó al Laboratorio de Control de Procesos de la ESPOL recursos pedagógicos para la demostración didáctica de líneas de producción con estructuras que permitan la flexibilidad productiva y el manejo de inventarios de producción. Esto permitirá a los estudiantes visualizar de manera práctica una línea de producción más flexible en comparación con su estado anterior, lo que contribuirá a su proceso de aprendizaje y formación para abordar problemas industriales que involucran procesos con poca flexibilidad y presentan dificultades para adaptarse a variaciones en los procesos productivos.
3. Se utilizaron transpondedores pasivos que no cuentan con alimentación interna y se activan únicamente cuando se encuentran dentro del campo inductivo de alcance, obteniendo energía a través de la emisión de la misma antena. Por lo tanto, este tipo de transpondedores son de bajo costo y contribuyen al ahorro de energía.

REFERENCIAS

[1] N. Becker – M. Eggeling, IPA production facilities, 1th ed, Lucas Nülle, Kerpen – Sindorf, 2016.

[2] Esposito, A., Desolda, G., & Lanzilotti, R. (2024). The fine line between automation and augmentation in website usability evaluation. *Scientific Reports, 14*, 10129.

[3] Manual LUCAS NÜLLE. En P. D.-I. Eggeling, Manual IPA3 (págs. 6, 7, 8, 9).

[4] Lucas Nülle GmbH, Quickchart IPA 3: Estación de llenado, 1th ed., Kerpen – Colonia, 2016.