

# **AUTOMATIZACIÓN DE UNA PLANTA DE ENVASADO USANDO REDES DE PETRI INTERPRETADAS PARA CONTROL**

Ferreira Carballo, Julio César; Ferreira Carballo, Roberto Vidal.

Tutor: Larangeira S., Hugo A.

julyocesar1990@gmail.com; vidalfer1@hotmail.com;

Facultad Politécnica

Universidad Nacional del Este

## **RESUMEN**

Este trabajo consiste en la aplicación de las Redes de Petri Interpretadas para Control (RPIC) en el campo de la automatización industrial, específicamente aplicada a una planta de envasado de cerveza. La RPIC es una extensión de la Red de Petri (RP) convencional.

El problema encarado trata de la lentitud del envasado de cerveza de una planta industrial. Se propone utilizar la RPIC de manera a aumentar el nivel de producción de la planta. Para comparar resultados, se aplicaron dos métodos de automatización: el método Paso a Paso (que supone una automatización improductiva) y el método de proyecto usando RPIC (productiva). Se montó una bancada de prueba en el laboratorio de automatización y control de la FPUNE, compuesta por cuatro Controladores Lógicos Programables (CLPs), uno de ellos con funciones de control y los demás para simular la planta.

Se realizaron pruebas y levantamiento de datos consistentes en la cantidad de botellas producidas por unidad de tiempo. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios pues se constató que hubo un aumento de la productividad de la planta que se incrementa proporcionalmente con el tiempo: a los 100 segundos, el número de botellas procesadas por el método RPIC era el doble del método paso a paso, pero a los 200 segundos, esta diferencia ya era triple, verificándose así la hipótesis de trabajo.

**Palabras clave:** Sistema de Envasado, Red de Petri Interpretada para Control, Controlador Lógico Programable (PLC)

## **INTRODUCCIÓN**

Para una planta envasadora la relación tiempo por envases es una constante de gran importancia por ser esa la capacidad de abastecer con que cuenta la planta para el mercado que lo demanda.

La propuesta de este trabajo es presentar una versión de un Sistema a Eventos Discretos (SED) modelado a través de una RPIC.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Aplicar la Red de Petri Interpretada para Control en la automatización del envasado de cerveza.

### **Objetivos Específicos**

1. Definir el método apropiado para el diseño de la RP.
2. Construir una RP para el proceso de envasado de cerveza.
3. Crear el LD que resulte de la RPIC.
4. Comparar los tiempos de simulación del proceso de envasado de cerveza con y sin empleo de la RPIC.

## **MÉTODO**

A continuación se presenta los pasos a seguir para la resolución del problema planteado en la introducción.

Modelar la planta de envasado en su modo ineficiente con el método Paso a Paso.

Originalmente una RP no cuenta con las variables necesarias para su aplicabilidad a la automatización y al control de sistemas industriales. La RP es aplicada a sistemas varios pero para su aplicación a este trabajo será desarrollada la RPIC una de las modificaciones que responde a las necesidades de la automatización

Modelado de la automatización de la planta con la RPIC

Será diseñada a partir de la cantidad de etapas, seguido del diseño lugares duplicando la cantidad de etapas por tener que poseer un lugar de apagado y encendido el cada etapa. Identificar las prioridades de etapas para asignar los correspondientes arcos simples o habilitadores, acompañando las transiciones de los eventos que habiliten o no las etapas.

### **Búsqueda de un Software Simulador de la RPIC**

Para probar el diagrama diseñado se debe buscar un software que no solo cuente con las herramientas para simular una RP ordinaria sino una RPIC, donde sea posible visualizar la trayectoria de las fichas.

### **Conversión de la RPIC al LD**

Con el software hallado, se espera que sea facilitado el trabajo, siendo este capaz de

producir un LD. No obstante, el mismo no podría contemplar todos los elementos de la RPIC elaborada, siendo necesario realizar modificaciones en el diagrama obtenido. Esto debe ser posible mediante un seguimiento más detallado a documentos que guían la traducción de la RPIC al LD deseado.

### **Elaboración del Simulador de la Planta para la Solución con RPIC**

Debido a la gran cantidad de eventos que debe generar la planta en lazo abierto se optó por utilizar tres PLCs Logo Siemens. Al elegir los PLCs se pasa a programarlos para que emitan señales de acuerdo a las salidas que genera el PLC controlador, salidas que vienen a ser lugares. Como se define que la planta debe emitir nueve señales y cada Logo sólo cuenta con cuatro salidas, se requiere de tres de ellos para representar la totalidad de la planta.

### **La Prueba en Bancada**

Una vez estando en conocimiento sobre las normas técnicas de los PLCs, debe ser redactada una lista de seguimiento del conexionado entre los PLCs controlador y planta, para ambos diagramas, RPIC y el de referencia, con el objetivo de reducir o evitar errores entre salidas y entradas de los mismos. De manera a documentar los ensayos, cada etapa del envasado debe ser señalizada con una luz de tal manera a acompañar e identificar la evolución del

proceso. Siguiendo con la documentación, el proceso debe ser filmado en funcionamiento por determinado tiempo.

### **Comparación de resultados obtenido de ambos métodos**

Analizando las filmaciones hechas se deben registrar datos de tiempo y producción con los que se podrá elaborar una tabla de ambos métodos en los cuales serán posibles visualizar la diferencia de resultados. Se deben ecuacionar y graficar las rectas de modo a comparar los resultados y observar gráficamente las diferencias entre ambos.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados obtenidos del proyecto sigue la secuencia dictada en la metodología, quedando por último los gráficos que resultan de ambos métodos de proyecto, método de referencia y la RPIC.

La automatización de la planta ineficiente con el método Paso a Paso fue realizado cómodamente.

### **Automatización de la Planta a través de la RPIC**

Una vez captadas las exigencias estipuladas en el planteamiento del problema, son diseñados los lugares de cada etapa del envasado, siendo cinco (actuador, bomba, tapador, brazo robótico y, la cinta), a cada etapa le pertenece un lugar de

activación y apagado, sumando al todo, diez lugares.

Cada lugar es antecedido y sucedido por una transición que lo habilita a recibir ficha. Las transiciones son las responsables de representar en la RPIC las señales de respuesta de la planta que son sensores, finales de carrera y/o botón de inicio como indica la Tabla 1.1, que condicionan a que habilite o no el paso de la ficha. En este trabajo las transiciones tienen las siguientes receptividades.

Tabla 1.1 Receptividad asociada a las transiciones.

Transiciones	Receptividad
t1	FC1.↑ β0.↑ β1
t2	FC1
t3	FC2.↓ β2.↑ β0
t4	↑ β2
t5	FC3.↑ β0.↓ β3
t6	↑ β3
t7	FC4.↑ β0.↓ β4
t8	↑ β4
t9	↓ β0
t10	↑ β0

Como último detalle a ser atendido antes de proceder al graficado están los arcos que unen los lugares y transiciones. Se debe examinar la planta y clasificar la prioridad entre los eventos para que no entren en conflicto.

- Las cuatro etapas del envasado, actuador, bomba, tapador, brazo robótico pueden actuar al mismo tiempo sin conflicto alguno siempre y cuando éstas posean un envase en su posición, mismo porque esto es lo que se desea de la planta, que sean capaces de actuar simultáneamente.
- La cinta está activada cuando las demás acciones estén apagadas y su función queda en segundo lugar de prioridad, y su nivel de prioridad es indicado a través de los arcos habilitadores provenientes de los lugares de parada de cada etapa del proceso de envasado.

Los lugares donde no hay acción poseen las fichas como lo ilustra la Fig. 1.1. El momento en que los arcos habilitadores son activados es cuando las máquinas están paradas y habilitan a la cinta, ya que su funcionamiento no puede coexistir.

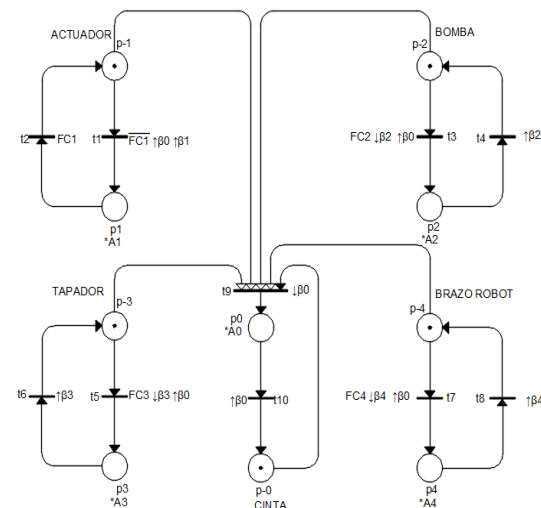


Fig. 1.1 RPIC de la automatización de la planta.

### Software simulador de la RPIC

Una de las dudas que se tuvo luego de realizar la RPIC fue si el programa es capaz responder a la exigencia deseada, con lo que se halló un simulador libre conocido como PetriLab. La Fig. 1.2 es la interfaz de trabajo del software utilizado.

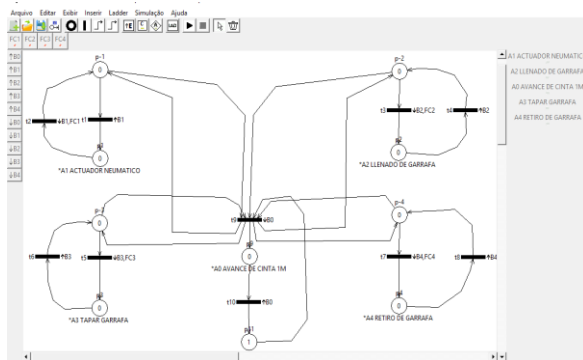


Fig. 2.2 RPIC elaborado en el software PetriLab.

Con el simulador hallado ha sido posible poner a prueba la continuidad del sistema, ya que cuenta con una interfaz gráfica, agiliza el trabajo para construir la RPIC. Pero el software no cuenta con un arco habilitador, sabiendo el funcionamiento del arco habilitador se pudo asemejar a la red hecha agregándole arcos simples de ida y vuelta del lugar a la transición de manera a permitir ceder la ficha pero devolviéndola al mismo lugar. Además, el software cuenta con una herramienta que es capaz de lanzar un LD de la red.

### RPIC Traducida al Ladder

La traducción de la RPIC al LD ha sido posible en gran parte gracias al software utilizado para simular el programa, ya que el programa lanzaba un LD acorde a sus prestaciones.

El programa no es capaz de representar un arco habilitador en su RPIC y por lo tanto no le es posible traspasar al Ladder deseado por lo que es necesario reescribir el formato del Ladder con las correcciones que esta necesita para ser capaz de representar un arco habilitador.

El LD posee un botón de inicio que no aparece en la RPIC siendo éste ubicado como un pulsador al inicio del escalón que entrega las fichas a los lugares que los poseen inicialmente, en el mismo escalón es ubicado un auxiliar B que deshabilita el escalón después del primer ciclo, este escalón fue posicionado al final de la programación.



Fig. 1.3 Modulo de iniciación de la automatización utilizando botón de inicio descritas en el libro[2].

### Simulador de la Planta para la Solución con RPIC

El simulador de la planta se realizó con tres PLC del tipo Logo, debido a la necesidad de contar con nueve salidas, que harían el papel de simular los sensores de acuerdo a la entrada que reciban.

Al programar el Logo se tuvo en cuenta, que las máquinas tienen un tiempo de funcionamiento, para emitir la señal de fin de operación del proceso.

### Pruebas en Bancada

Para la simulación se dividió la planta en tres PLCs Logo Siemens de la siguiente manera descrita a continuación e indicada en la Fig. 1.4.

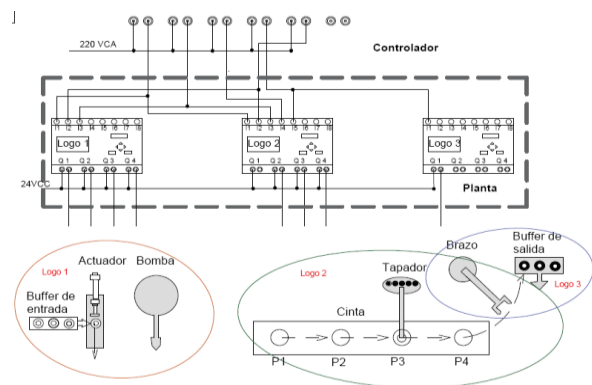


Fig. 1.4 Planta en la conexión y en el esquema, agrupado por cada PLC.

En el Logo 1 se simulaban las señales de salida del actuador y la bomba tanto para comienzo de operación y fin de operación

(FC1, FC2,  $\beta 1$ ,  $\beta 2$ ), en el cual fueron conectadas en sus entradas las salidas de Actuador, Tapador y la Cinta del S7-200.

Para el Logo 2, todas las salidas del actuador, la bomba, el tapador, el brazo robótico, y la cinta del S7-200 fueron conectadas a la entrada del Logo 2, ya que este emitiría la señal de operación y fin de operación de la cinta ( $\beta 0$ ) También simularía la operación y fin de operación del tapador y la operación del brazo robótico (FC3,  $\beta 3$ , FC4).

El Logo 3 fue utilizado para la señal de fin de acción del brazo robótico ( $\beta 4$ ), en su entrada solo fue conectada la salida del brazo robótico del S7-200.

### Comparación de los Resultados Obtenidos de ambos Métodos

Se elaboró un gráfico de modo a comparar la productividad de la planta, de tal modo a que sea visible la mejora obtenida con el proyecto.

Las rectas mostradas en la Fig. 1.5 ilustra la cantidad de envases procesados durante un lapso de tiempo, partiendo del primer envase, se puede observar que las rectas coinciden en los dos primeros puntos al comienzo, esto debido a que el proceso de una botella demora el mismo tiempo, pero como al programar por RPIC todos los estados están cargados el dispositivo solo demorara 10 segundo para procesar la siguiente botella, en cambio por el método

Paso a Paso las etapas están vacías la mayor parte del tiempo.

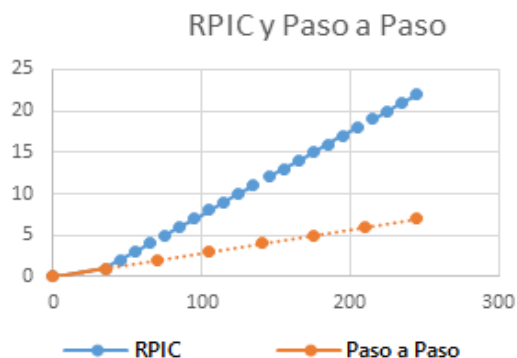


Fig. 1.5 Producción con RPIC junto al método Paso a Paso.

## CONCLUSIONES

Los objetivos planteados y propuestos para el trabajo fueron logrados en tiempo y forma gracias al material bibliográfico utilizado que ha facilitado de gran manera el aprendizaje, fue suficiente para entender todo lo concerniente a la RPIC. La elaboración de la red se basó primeramente en el desarrollo de cada etapa del proceso, abarcando desde el tapado, llenado, retiro de garrafa, cinta y, actuador. Para ensamblar todas las etapas se identificaron las más importantes y las que tenían prioridad sobre las demás etapas.

Se utilizó un software de manera a verificar la red, lo cual facilitó el traspaso de la misma al Lenguaje Ladder. Como el mismo no posee la representación de los arcos habilitadores, se hizo necesario realizar ciertas modificaciones con la finalidad de que

el Ladder sea reflejo de la RPIC que automatiza la planta.

Las pruebas en el laboratorio han sido posibles gracias a la facilidad de interpretación del programa elaborado en base a RPIC. Con las pruebas hechas funcionando, fue probada la diferencia de producción que tiene la automatización hecha con la RPIC y con Paso a Paso. Las rectas de producción levantadas inician en un mismo punto, pero, con el paso del tiempo se separan. Por lo tanto, el método basado en RPIC se mostró adecuado para aumentar la productividad en relación al método Paso a Paso.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bollmann, A. (1997). *Fundamento de la Automatización Industrial Neumatica*. Sao Paulo.
- Cardoso, J., & Valette, R. (1997). *Redes de Petri*. Florianópolis.
- Comisión Electrica Internacional. (2013). *IEC 61131-3 Estandar Internacional para Controladores Lógicos Programables*. Ginebra.
- Couto De Moraes, C., & De Lauro Castrucci, P. (2001). *Engenharia de Automacao Industrial*. Sao Paulo: LTC- Livros Tecnicos e Cientificos Editora Ltda.
- Pentagna Silvastre, R. (2010). *Implementación en Ladder de sistemas de automatización descritos por Redes de Petri Interpretadas para Control*. Rio de Janero.
- Ribeiro Cury, J. E. (2001). *Teoria de control supervisorio de Sistemas a Eventos Discretos*. Canela-RS.

