

Aplicación del Estándar ISA-s88 y Bloques Funcionales en el Sistema Informático de Control de Producción por Lotes.

Miguel Ángel Orona-Flores José Eduardo Acosta Cano de los Ríos Fernando Martínez Reyes
Universidad Autónoma de Chihuahua
Facultad de Ingeniería
Circuito Universitario s/n, Nuevo Campus Universitario, 31100 Chihuahua
+52 (614) 442 9509
miguel.orona27@gmail.com

RESUMEN

Se propone una implementación reusable de los modelos del estándar ISA-S88 en un sistema de producción por lotes mediante su programación por bloques funcionales. El estándar ISA-S88 es un estándar para organizar software, equipos y procedimientos y es también una filosofía de diseño para sistemas de producción por lotes. Se presenta el uso de módulos de control reutilizables en diferentes recetas haciendo énfasis en la separación de receta-equipo propuesta por la norma ISA-S88. En el sistema a modelar se empleó información de una planta real para la validación de la solución propuesta. Se corroboró que el uso del estándar IEC 61499 no representa una opción madura a nivel PLC debido a las limitantes de aceptación del estándar por los fabricantes de PLC.

1. INTRODUCCIÓN.

Dentro del área de sistemas de producción se presentan tres diferentes tipos, los sistemas de producción continuos, discretos y por lotes. El presente trabajo se enfoca en los sistemas de producción por lotes o también conocidos como sistemas de producción discontinua.

Existen normas para los sistemas de producción por lotes, donde destaca la norma ISA-S88, la cual provee una serie de directrices y/o recomendaciones apropiadas para el desarrollo y operación de los sistemas de producción por lotes para su uso en las industrias de control de procesos.

En los sistemas de producción y logística, la rápida reconfiguración, así como la fácil integración y redundancia son requisitos esenciales de diseño. Para lograr estas características, una combinación de hardware y software de automatización es sumamente necesaria. Sin embargo, la creciente complejidad de este tipo de sistemas heterogéneos plantea nuevos desafíos para el logro de conceptos como son la reconfiguración, la interoperabilidad y

la fiabilidad. Una solución comúnmente adoptada en la industria para hacer frente a tales necesidades en el área de control de bajo nivel está asociada con el uso de controladores lógicos programables (PLC) [1].

El objetivo del presente artículo es plantear una solución flexible del sistema informático de control de flujo de material y procesamiento, en un ambiente de fabricación por lotes incluyendo reusabilidad a nivel rutinas del controlador lógico programable. Flexibilidad para modificar recetas o el conjunto de equipos de producción (agregar, eliminar o sustituir).

Para tal efecto la información del sistema de producción es organizada siguiendo los lineamientos de la norma ISA-S88, para dirigir la ejecución de las actividades necesarias en la producción de un lote, de acuerdo a la receta de producción. Además del uso del estándar ISA-S88, se propone la programación de los controladores mediante el uso de bloques funcionales; analizando el desempeño hacía este fin del estándar IEC 61499.

2. JUSTIFICACIÓN.

Las tendencias actuales en el sector manufacturero han aumentado en gran medida la necesidad de portabilidad, flexibilidad y reutilización de sistemas de software para el control industrial y automatización.

Debido a estas tendencias los sistemas de fabricación por lotes resulta complejo diseñar y mantener un sistema de producción flexible en cuanto a equipos y recetas se refiere.

3. ESTÁNDAR IEC 61499

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) ha desarrollado el estándar, IEC 61499 [2], el cual define los elementos de bloques de funciones para ser utilizados de manera independiente de

plataforma, en sistemas de procesos industriales, como pudiera ser en monitoreo y control distribuido. Esta norma pretende ayudar a resolver parte del problema de la integración semántica que se han estado presentando en la actualidad.

IEC 61499 define un modelo general y la metodología para la descripción de bloques de función en un formato independiente de la plataforma de implementación. La metodología puede ser usada por los diseñadores de sistemas para la construcción de sistemas de control distribuido.

El estándar IEC 61499 ofrece la arquitectura para los sistemas de nueva generación los cuales apoyan el control distribuido en la industria de la automatización. Su objetivo es la flexibilidad, interoperabilidad, portabilidad y capacidad de reconfiguración.

La arquitectura del estándar IEC 61499 se construye sobre las definiciones de la norma IEC 61131-3. Donde el elemento principal de esta arquitectura es el Bloque Funcional, pero este concepto se ha ampliado en el nuevo estándar en diferentes formas para incorporar los nuevos avances en el ámbito de la ingeniería de software.

Similar a los circuitos integrados en el diseño de un circuito electrónico, un Bloque Funcional encapsula una cierta funcionalidad y se puede conectar a otros bloques a través de sus entradas y salidas de datos [3]. En esta dirección se encuentra el estándar IEC 61499.

Un Bloque Funcional en el estándar IEC 61499 (figura 1) permanece en un estado pasivo hasta que este es activado mediante un evento de entrada. Cuando ocurre el evento de entrada, el bloque funcional ejecuta su operación y produce eventos y datos de salida.

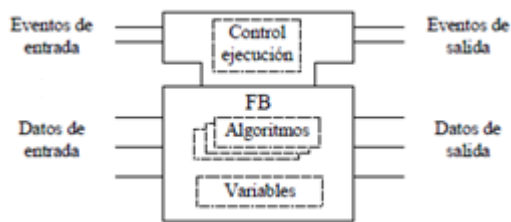


Figura 1. Bloque Funcional Estándar IEC 61499.

Existen en el mercado herramientas informáticas las cuales basan su programación en Bloques Funcionales compatibles con el estándar IEC 61499 las cuales se enlistan a continuación.

- FBDK (Function Block Development Kit)
- 4DIAC-IDE
- nxtStudio
- FBench

Estas herramientas de software ofrecen un ambiente de programación con enfoque principalmente al diseño, salvo el ambiente de nxtStudio el cual además provee un módulo para poder crear simulaciones de sistemas de control en tiempo real.

Uno de los conceptos señalados en el estándar IEC 61499 es la portabilidad, característica que se encuentra en el diseño de aplicaciones basadas en las herramientas anterior descritas, ya que estas herramientas de software pueden aceptar e interpretar correctamente los componentes de software y las configuraciones del sistema producidos por otras herramientas de software, esto es, que un bloque funcional creado en una herramienta de software puede ser leído y manipulado en una herramienta de otro fabricante sin ningún problema como se muestra en la figura 1.

Desarrollo de la aplicación y su operación.

Aún y cuando el objetivo del estándar es el desarrollo de aplicaciones en forma transparente a la plataforma de operación (Fabricante PLC) las aplicaciones diseñadas en las herramientas compatibles con el Estándar IEC 61499 (mencionadas en la figura 2) no fue posible su manejo (abrir las) en el entorno de desarrollo RSLogix 5000, de la marca Rockwell (Allen Bradley), por lo tanto imposible su uso en PLC's de su gama alta y media como son los PLC ControlLogix o CompactLogix. Aún y cuando en la literatura se proclaman ventajas del estándar en esa dirección, en los reportes al respecto (uso en PLC de aplicaciones desarrolladas en herramientas compatibles con la norma IEC 61499) se encontraron en la literatura artículos en donde se afirma la falta de capacidad de tales herramientas para generar aplicaciones directamente compatibles con su implementación en PLC. En la literatura se afirma que los bloques funcionales corresponden al área de software de control industrial

implementado en dispositivos controladores tales como PLC's [4]. A pesar de la abundancia de literatura académica respecto al estándar IEC 61499, para algunos autores, resulta difícil que el estándar alcance un nivel de madurez y aceptación adecuado para su uso en el ambiente industrial; varios autores afirman que el estándar nunca va a dejar de estar en la etapa de una tecnología prometedora [5] [6] [7].

| | FBDK | 4DIAC-IDE | nxtStudio | FBench |
|-----------|------|-----------|-----------|--------|
| FBDK | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 4DIAC-IDE | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| nxtStudio | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| FBench | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

Figura 2. Portabilidad entre herramientas de software

Debido a estas limitantes la programación mediante bloques funcionales se realizó mediante el software que provee el fabricante del PLC ControlLogix 1756 (figura 3), RSLogix 5000 V.19.00, la cual provee la programación por bloques funcionales conforme al estándar IEC 61131-3.

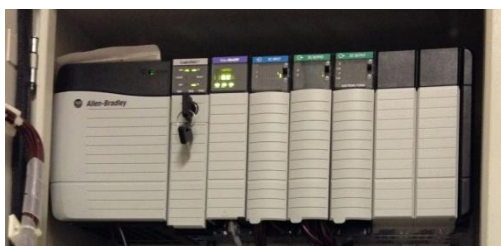


Figura 3. PLC ControlLogix 1756 (Allen Bradley).

4. SISTEMA DE PRODUCCIÓN REAL.

El desarrollo de solución propuesta se realizó tomando como base la información de una planta real de producción por lotes en el cual lleva a cabo

la elaboración de productos agroquímicos. Dicho entorno está conformado por cuatro celdas de producción y 21 unidades en total, donde se producen alrededor de 33 productos finales y 12 subproductos (figura 4). Por razones de espacio, en este artículo se hace mención sobre el proceso y los equipos involucrados en la elaboración de un producto en particular, en este caso el producto P-1.

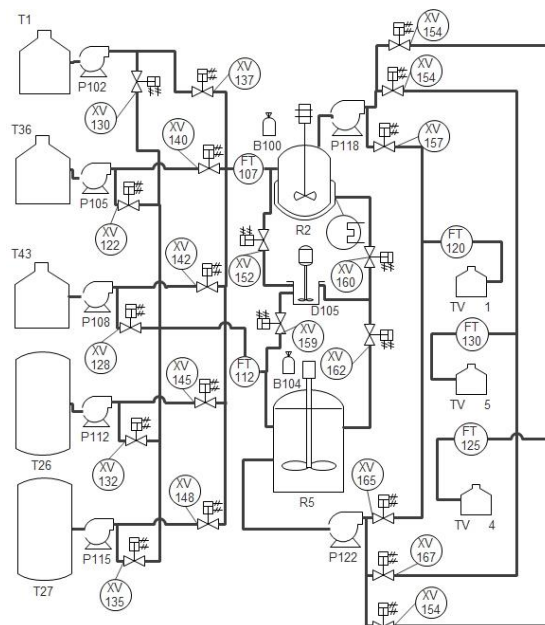


Figura 4. Distribución física de los equipos.

La celda seleccionada es una celda representativa con base en dos reactores. La celda contiene los siguientes elementos:

- Equipos para alimentación: Una serie de válvulas y una bomba de carga.
- Equipos para agitación: Un agitador accionado por un motor.
- Equipos para descarga: Una válvula y una bomba de descarga.
- Medidores de flujo.
- Equipo Reactor con refrigeración: Una válvula y un serpentín a través del cual se hace pasar refrigerante.
- Equipo Reactor sin refrigeración.

Todos estos elementos conectados a través de tuberías.

Abstracción del sistema conforme a la norma ISA-S88.

El estándar ISA-S88 plantea el modelo de la planta con base en tres modelos: Físico, Procedimientos y Procesos. A continuación se muestra el desarrollo de tales modelos para el sistema de producción planteado en la sección anterior.

Modelo físico.

De acuerdo a lo que dicta la norma ISA-S88 los equipos deben ser clasificados y organizados dentro del piso de producción en los niveles de celda, unidad, módulo de equipo y módulo de control como se muestra en la figura 5.

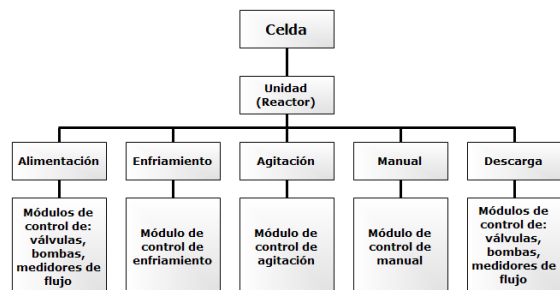


Figura 5. Modelo físico para la celda de formulación.

Modelo de procesos.

El modelo de proceso se muestra utilizando la receta establecida en la planta para fabricar cada uno de los productos, en este caso un producto identificado por la clave P-1. En la figura 6 se muestra una vista parcial del modelo de proceso obtenido para este producto, así como también se indican las cantidades de los ingredientes requeridos.

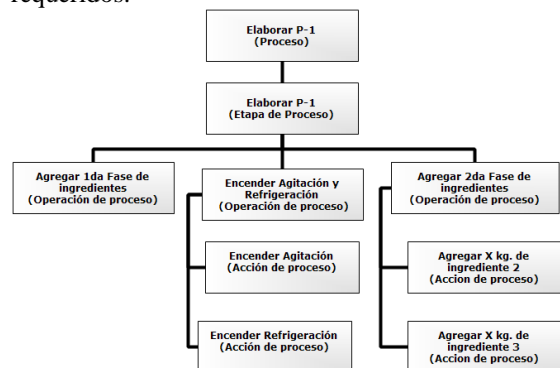


Figura 6. Modelo resumido de proceso para uno de los productos.

Modelo de control de procedimientos.

El modelo de control de procedimientos también es obtenido a partir de la receta del producto. Su principal función es la de abstraer la secuencia de

operación de los equipos según la receta de control. La figura 7 muestra parte del procedimiento para llevar a cabo el proceso de fabricación de P-1.

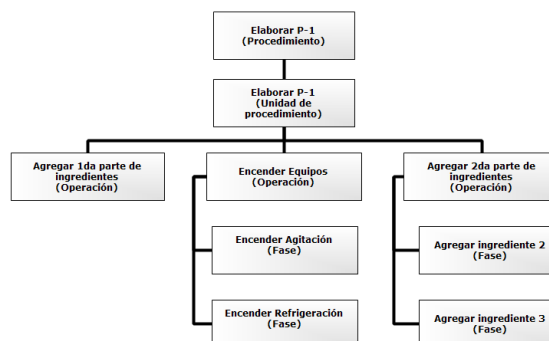


Figura 7. Modelo de control de procedimientos P-1.

De manera similar al modelo de procesos, en el modelo de control de procedimientos se hace una organización de lo general a lo específico, es decir del procedimiento a las fases; se puede observar que solo existe en el modelo una unidad de procedimiento.

Reusabilidad del sistema informático.

Una de las ventajas que se proclama con el uso del estándar ISA-S88 consiste en la reusabilidad del equipo en diferentes recetas, mediante la separación procedimiento/equipo. En sistemas de control tradicionales la receta se encontraba en el código del programa de control (PLC). De esta manera el cambio de receta (diferente producto) implica cambio en el código del programa, esto es, reprogramación del PLC.

La separación entre receta y equipo, recomendada y soportada por el estándar, implica codificar módulos de control en el equipo (PLC) de naturaleza genérica posibles de aplicar en diferentes recetas (productos), como pueden ser módulos para abrir válvulas, agitar, controlar temperatura, etc. Así mismo, los módulos de control que comandan los diferentes equipos físicos, se pretende que indistintamente puedan funcionar en el equipo (PLC), independientemente de su fabricante; dada su programación basada en bloques funcionales. Sin embargo, la falta de compatibilidad entre herramientas de desarrollo (estándar IEC 61499, ver sección 3), no se alcanza tal nivel de reusabilidad.

Módulos de equipo.

Conforme al estándar ISA-S88 dentro del modelo físico se encuentran los módulos de equipo los cuales agrupan dispositivos físicos para realizar una o más funciones determinadas. En la figura 8 se muestran los módulos de equipo con los que cuenta el sistema.

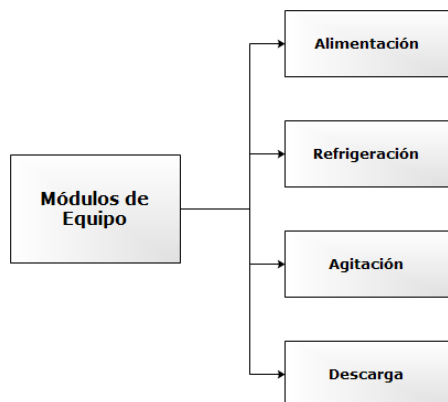


Figura 8. Módulos de equipo del sistema.

Módulos de control.

Siguiendo la norma ISA-S88 un módulo de control consiste en una colección de dispositivos físicos que son operados como una sola entidad, a través de los cuales se tiene una conexión directa al proceso.

Los módulos de equipo de alimentación y descarga presentan los mismos módulos de control ya que realizan las mismas funciones, figuras 9 y 10, respectivamente.

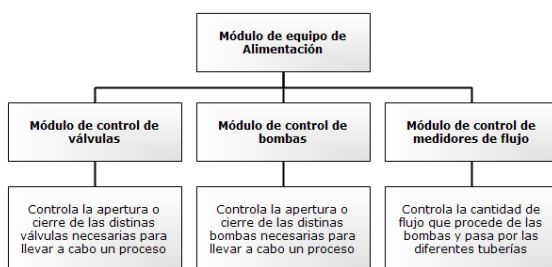


Figura 9. Módulo de equipo de alimentación.

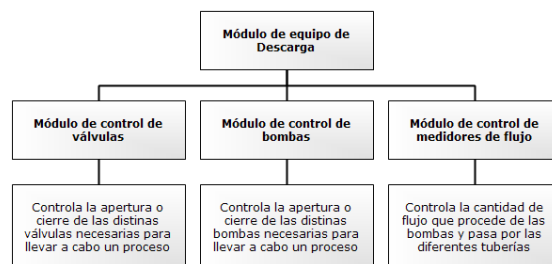


Figura 10. Módulo de control de descarga.

La implementación de módulos de control de manera genérica (control de válvulas, control de bombas, etc.) facilita su uso en diferentes recetas de producción, esto es, diferentes recetas utilizarían los módulos de control de válvulas, bombas y medidor de flujo descritos en las figuras 9 y 10.

5. RESULTADOS.

Una de las principales características del estándar ISA-S88 es la separación receta (operaciones) del programa en el controlador. La manera aquí descrita de implementar los modelos del estándar (físico y de procedimientos), resulta en un aprovechamiento de esta característica del estándar en beneficio de la reusabilidad del programa de control (código en el PLC). Así el cambio de receta, implicaría modificar secuencia de ejecución de las fases, sin modificar su programación en el PLC.

Respecto a la reusabilidad del sistema en controladores de diferente fabricante, no es posible su reuso sin la escritura del código en el PLC correspondiente (sintaxis propia del fabricante); situación que se pretendía resolver mediante el uso de la característica de homogeneidad proclamada en el estándar IEC 61499. Característica que facilitaría el intercambio de código de control entre distintos PLC's, en este caso, de la implementación de los módulos de control en forma independiente del fabricante del PLC.

6. CONCLUSIONES

La aplicación del estándar ISA-S88 en sistemas de producción por lotes, facilita la organización de la información del piso de producción, la cual permite que un sistema informático de producción sea reutilizable en diferentes productos así como también facilita la modificación del conjunto de equipos de producción (agregar, eliminar o sustituir).

La solución propuesta resulta en un sistema flexible y reutilizable debido a que facilita las

modificaciones en las recetas, así como también la introducción de nuevos productos. En la mayoría de los casos tales situaciones solo requerirán modificaciones en la secuencia de operación de las distintas fases (genéricas) ya implementadas en el PLC a través de los módulos de control correspondientes. Así mismo, agregar módulos de control o de equipo resulta una tarea ordenada y sistemática.

La incapacidad para manejar en RSLogix 5000, los archivos generados por herramientas de desarrollo de bloques funcionales (compatibles con el estándar IEC 61499) conduce a concluir que el estándar IEC 61499 no representa en este momento una alternativa madura para el desarrollo reusable de sistemas de automatización industrial.

REFERENCIAS.

- [1] Wenbin, D. (2012). "Redesign Distributed PLC Control Systems Using IEC 61499 Function Blocks". IEEE Transactions On Automation Science And Engineering, vol. 9, no. 2.
- [2] ISA, "Batch control, part 1: models and terminology", EUA: ISA, 2006.
- [3] Zoitl, A., Strasser, T., Sûnder, C., & Baier, T. (2009). The Glass Half Full View. IEEE Industrial Electronics Magazine, pp. 7-23.
- [4] Dai, W., & Vyatkin, V. (2012). Redesign Distributed PLC Control Systems Using IEC 61499 Function Blocks. Automation Science and Engineering, IEEE Transactions on, 9(2), 390–401.
- [5] De Sousa, M. (2010). Analyzing the Compatibility Between ISA 88 and IEC 61499 Mário de Sousa. In Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA 2010, IEEE Conference on (pp. 1–8).
- [6] Peltola, J., Christensen, J., Sierla, S., & Koskinen, K. (2007). A Migration Path to IEC 61499 for the Batch Process Industry. Industrial Informatics, 2007 5th IEEE International Conference on, 811–816. doi:10.1109/INDIN.2007.4384878
- [7] Thramboulidis, K., Sierla, S., Papakonstantinou, N., & Member, K. K. (2007). An IEC 61499 Based Approach for Distributed Batch Process Control. In Industrial Informatics, 2007 5th IEEE Conference on (Vol. 1, pp. 177–182).
- [8] IEC, IEC 61499-1: Function Blocks—Part 1 Architecture, International Standard, (2005), First Edition, International Electrotechnical Commission, Geneva.
- [9] International Standard IEC 61499-1: Function blocks – Part 1: Architecture, 1st ed., (2005), International Electrotechnical Commission, Geneva.
- [10] . Lewis, R. (2008). Modelling Control Systems Using IEC61499 Applying function blocks to distributed systems,, pp. 7-23.