



Conference Paper

Arquitectura inteligente CPPS integrada en el uso de la Norma IEC-61499, con bloque de funciones altamente adaptables en la Industria 4.0

Félix M. Murillo¹ and Darío J. Díaz²¹Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador²Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Tungurahua, Ecuador

Abstract

Today, we are experiencing what it is being labelled as the Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0) in terms of automation and control systems of cyber - physical production environments. These systems not only allow access to many innovative features based on network connections, but they also provide access to the world of the Internet of Things (IoT). It is in this context that IoT changes the ways to link new technologies in order to obtain more efficient, intelligent, flexible and adaptable production systems; thus becoming an interdependence of the product itself that the companies wish to commercialize. Cyber- Physical Production Systems (CPPS) have the advantages of granular communications, common electric bandwidth for all users regardless of data speeds, compatibility in connection with free or guided space communication links and with the major compatibility with intensity modulation. IEC 61499 is generally based on a generic architecture, with specific software requirements, development rules that allow for portability and device configuration.

Keywords: IoT, configuration, communication, CPPS, Industry 4.0, smart.

Resumen

Actualmente experimentamos la cuarta Revolución Industrial (Industry 4.0) en términos de sistemas físicos cibernéticos, estos sistemas de automatización y control permiten acceder a muchas funcionalidades innovadoras en base a las conexiones de red y a su acceso al mundo del Internet, es en este contexto IoT cambia la manera de relacionar las nuevas tecnologías para así obtener sistemas en que la producción sean más eficientes, flexibles y adaptables e inteligentes; convirtiéndose en dependencia del producto que las empresas desean comercializar. CPPS tiene las ventajas de las comunicaciones granulares, ancho de banda eléctrico común para todos los usuarios

Corresponding Author:

Félix M. Murillo

felix.murillo@utc.edu.ec

Received: 15 November 2017

Accepted: 5 January 2018

Published: 4 February 2018

Publishing services provided
by Knowledge E

© Félix M. Murillo and Darío J.

Díaz. This article is distributed
under the terms of the[Creative Commons Attribution](#)[License](#), which permits

unrestricted use and

redistribution provided that

the original author and source

are credited.

Selection and Peer-review

under the responsibility of the

ESTEC Conference Committee.



independientemente de las velocidades de datos, compatibilidad en la conexión con enlaces de comunicación de espacio libre o guiados y de compatibilidad con la modulación de intensidad. IEC 61499 generalmente está basada en una arquitectura genérica, con requerimientos de software específicos, reglas para el desarrollo que permitan obtener portabilidad y configuración de dispositivos.

Palabras claves: IoT, configuración, comunicación, CPPS, Industry 4.0, inteligente.

1. Introducción

El presente documento describe de manera sencilla en el punto 2 los trabajos científicos más relevantes para conformar una nueva arquitectura inteligente, buscanso su afinidad a las definiciones sobre el estandar más complejo y actual sobre el control de sistemas distribuidos como indica la IEC (International Electrotechnical Commission) así mismo se brinda en el punto 5 conclusiones específicas a los diferentes artículos analizados, esto conlleva a tener una visión más clara de los elementos que conforma la nueva industria 4.0.

El mundo globalizado en la economía ha iniciado la inteligencia de la fábrica moderna esta se convierte en el resultado de la tendencia de las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación), y la unión de ecosistemas digitales con diferentes tecnologías de ámbito industrial y de desarrollo de fascinantes y modernos procesos de organización. Es por esto que (Val Román 2015) y (García 2013) menciona que la informática y los profesionales en automatización serán elementos necesarios y claves en el escenario de industria 4.0 permitiendo a la mencionada industria integrarse y fijar su meta en ser competitiva.

La confluencia, en el tiempo de los últimos y grandes avances tecnológicos que propician la transición hacia la Industria 4.0 con la irrupción de Internet en los diferentes procesos de fabricación con la incorporación abundante de sensores, actuadores smart y múltiples conexiones entre dispositivos, utilizando nuevas tecnologías que permitan evolucionar desde una producción por lotes (Chiavénato 1994) a una fabricación personalizada para cada cliente. La información en la revolución digital ha tenido cambios esenciales en las maneras en la que el mundo aprende y se comunica desde los grandes proyectos de negocios, hasta las simples comunicaciones entre dispositivos y con el flujo de información se ha convertido en la parte fundamental de la Industria

4.0, en la que los datos deben estar estrictamente seguros para ser enviados por el medio de transporte.

CPPS (Cyber - Physical Production Systems), forma parte de la nueva tendencia para la denominada Mass Customization o producción masiva cuyo enlace fundamental son las Smart Factory (Wahlster 2016) en la que el intercambio de datos entre dos máquinas remotas no necesitan la intervención humana, los sistemas ciber - físicos de producción industrial fusionan el mundo físico y virtual (Garcia et al. 2016) con la intervención de Industrial Internet of Things (IIoT) y el Internet de Servicios que introducen la interoperabilidad en las empresas de producción.

En este contexto, CPPS se convierte actualmente en una arquitectura con tecnológica adaptable, en la que la red industrial se transforma en una red de alta velocidad, está converge con las nuevas tendencias smart para así volverlas, altamente flexibles, fiables y altamente más seguras; basándose en la nueva revolución Industrial 4.0 adquiere un importante espacio denominándolo como el próximo núcleo de las nuevas maneras de automatización distribuida y los nuevos sistemas de control.

Por otra parte, con el fin de encontrar objetivos claros los sistemas de producción ciber -físicos CPPS (Pérez et al. 2015) asumen la responsabilidad de la personalización, la adaptación a los entornos y obtienen nuevas tareas de control, la maquina inteligente se desenvuelve prácticamente invisible en el proceso de desarrollo o ciclo de vida del producto, esto conlleva a que se vuelva transparente a los operadores lo cual genera que únicamente se los preste atención cuando se requiera el mantenimiento preventivo organizado por las fábricas.

Los beneficios de aplicar normas en los procesos industriales proporcionan la mejor vía para integrar otras prácticas basadas específicamente en el ciclo de vida del producto, es así que los fabricantes, laboratorios de exploración, dependen netamente de las instancias pertenecientes de la IEC (Commission 2016), la que garantiza que la mayor parte de los dispositivos, sensores smart, actuadores, se conformen en forma segura y eficientemente en los diferentes entornos de la industria.

La producción industrial mantiene diferentes modelos que conforman parte esencial del proceso automatizado en la cual la norma IEC 61499 (Isagraf 2008) actúa de manera distribuida en el control de la maquinaria interconectados a través de múltiples controladores divididos en bloques funcionales, en la que los algoritmos de contenidos del bloque se encuentran intrínsecamente en los bloques de funciones y se ejecutan acorde al ECC (Isagraf 2008), la visión desde la programación aquellos datos se encapsulan y seguidamente el código contiene entradas, salidas los mismos que dependerán de los datos almacenados.

Primordialmente la norma IEC 61499 promueve la obtención de la configuración y la aplicación de hardware independiente y libre de proveedores con el propósito de contar con la auto gestión en la creciente complejidad de los sistemas de control y automatización distribuidos de última generación, la herramienta software llamada 4DIAC (Framework for Distributed Industrial Automation and Control) brinda la obtención de un entorno abierto de automatización y control basado en el estándar IEC-61449.

El objetivo primordial del documento es el analizar la arquitectura inteligente bajo la norma IEC 61499 (García et al. 2015), en relación a los sistemas ciber - físicos de los procesos industriales, en la que estos sistemas de control actúen de manera efectiva entre los diferentes dispositivos inteligentes de la red industrial.

Para la realización de este trabajo las principales técnicas utilizadas han sido la revisión de literatura científica así como el análisis comparativo, inicialmente se realizó la revisión de los diferentes conceptos y definiciones de la temática a desarrollar, posteriormente se incluyó la revisión de varios artículos científicos sobre el Estándar IEC - 61449, industria 4.0 y bloque de funciones; es así que de manera formal se seleccionó el estudio de casos (Sampieri, Collado, and Lucio 2003) para así realizar un memoria más a fondo de los temas esenciales y seguidamente describir los diferentes procedimientos y características específicas de los artículos más relevantes sobre el estándar de control, arquitectura inteligente y fabrica 4.0.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

El abordaje sobre la temática CPPS es uno de los principales objetivos que se presenta en esta sección, por consiguiente se abarca múltiples trabajos con estudios relacionados a las numerosas tecnologías industriales en auge, que orientan a las empresas a implementar diversas arquitecturas las cuales adoptan un sistema de producción para realizar sus operaciones con servicios más eficientes, para ello es indispensable emplear estándares industriales que converjan entre los diferentes sistemas M2M (Chiavénato 1994) e IEC 61499.

(Jazdi 2014), describe claramente la importancia de IoT y servicios, los mismos que juegan un papel preponderante en el futuro tecnológico así como en la vida cotidiana de los dispositivos que interactúan en la conectividad hacia el Internet, la Industria 4.0 ha iniciado su auge hacia el futuro modelo de negocio de producción especializado al cliente y adquiriendo grandes características de QoS, su trabajo se centró de manera esencial en demostrar que la Industria 4.0 funciona mediante un aplicativo en una

máquina de café industrial, en el Instituto de Automatización, estos trabajos se concentran en la realización de aplicaciones remotas distribuidas basadas en gestión de software esto se realizó en centros de automatización y control de Alemania, Brazil, etc.

(Ullrich, Voyiatzis, and Weippl 2016), menciona que CPPS comprende dispositivos tecnológicos heterogéneos que no son necesariamente compatibles entre sí. La estandarización de modelos de datos y protocolos para el intercambio de información permite abordar estas complejidades. Es así que en su trabajo contempla la característica primordial de IEC 61499, la interoperabilidad que funciona como middleware para realizar la conexión a través de interfaces de alto nivel (Sánchez et al. 2000) y adecuado que actúa como un intermediario, analiza flujos de datos bajo supuestos específicos para su formato estructurado y traduce a representaciones que pueden procesarse localmente.

(Pérez et al. 2015), indica que en la actualidad existen sistemas distribuidos que cumplen sus funciones pero que requieren de arquitecturas integrales y de bajos costos como la norma IEC-61499, basándose en modelos y tecnologías, logrando así aumentar la autonomía y flexibilidad en un ambiente industrial, además del incremento en la operatividad de los subsistemas.

El IEC 61499, es desarrollado y probado de forma independiente de los dispositivos de control y de la aplicación en la cual va a ser implementados. Además, es útil concebir los FBs como componentes de software en una unidad de composición con interfaces, que pueden ser activadas independientemente y están sujetas a incluir partes adicionales.

(Monroy 2016), indica que una aplicación que se encuentra basada en el estándar va a ser reconfigurada, esto a su vez puede ser visto entonces como la eliminación, adición o reemplazo de una FB individual. Lo anterior, incrementa enormemente la reusabilidad lo que facilitaría la reconfiguración de los FB en un sistema de control distribuido de bajo costo. Es así que el ingeniero de control puede ahora explícitamente definir el orden de ejecución en su aplicación y esta habilidad puede ser utilizada también en procesos de reconfiguración.

El IEC 61499, permite que el control del sistema se encuentre distribuido a lo largo de varias capas de control jerárquicas, como se representa en la Figura N°1., estos eventos aportan de gran manera a los desarrolladores de software de control una arquitectura ejemplificadora para así incluir aplicaciones con diseños sencillos y fáciles de las aplicaciones para el control distribuido, estas capas van desde el de control de campo hasta el control de administración. Así mismo (Monroy 2016), en su trabajo describe

varios protocolos estándar de comunicación entre ellas, por lo que la aplicación puede ser creada por la interconexión de módulos de software orientados a un evento con la aplicación distribuida en varios recursos abiertos, lo que ayuda a la integración de dispositivos en CPPS.

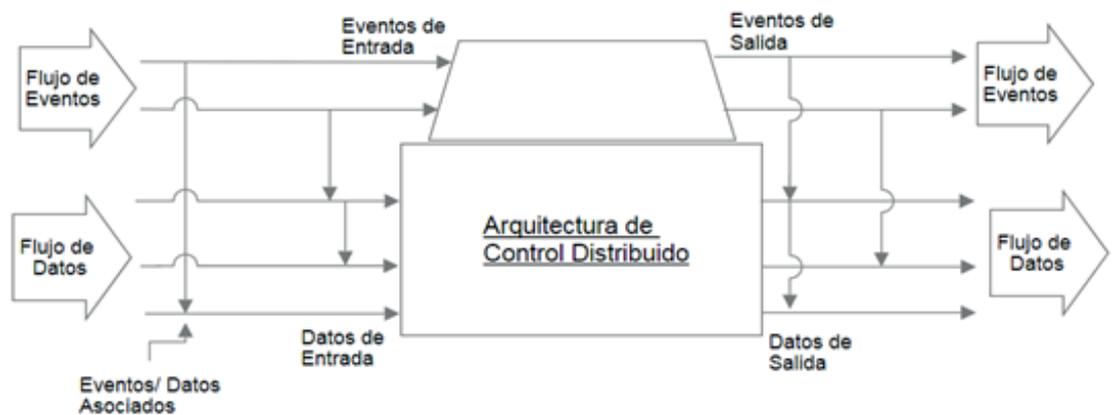


Figura 1: Arquitectura de Referencia de aplicación de control distribuido - Capas de control

(Cacheda and Carneiro 2007), relaciona en su trabajo las propiedades de la adaptabilidad, reutilización e independencia entre otras características, permite que los bloques funcionales de IEC 61499 (Code 2002), actúen de manera clave para la automatización de sistemas distribuidos donde se requieren constantes cambios que no comprometan la estructura física del proceso.

(Romero 2016), indica que las características se han desarrollado mediante software las cuales brindan soporte al trabajo de los ingenieros en automatización, en su ambiente de desarrollo cuentan con la reglamentación expuesta por la IEC 61499 facilitando la interconexión de bloques funcionales prometiéndole así un modelado confiable y de características estándar para su implementación en cualquier proceso industrial.

La funcionalidad del FB esta proporcionada por medio de algoritmos. Un algoritmo puede ser escrito en cualquiera de los 5 lenguajes que menciona el IEC 61131-3: IL, ST, LD, FBD y SFC. También en otros lenguajes de programación de alto nivel como: C, C++, Java y Delphi como lo menciona (John and Tiegelkamp 2010). El algoritmo procesa entradas y datos internos, generando datos de salida. Las variables internas o información de estado no son accesibles por el flujo de datos, lo que aumentaría la seguridad de la información de los sistemas de producción ciber - físicos.

La Arquitectura inteligente CPPS es una arquitectura abierta estándar para Sistemas de Internet así lo menciona (Garcia et al. 2016). Para maximizar su valor, el CPPS tiene una amplia aplicabilidad industrial para impulsar la interoperabilidad, mapear las tecnologías aplicables, guiar la tecnología y el desarrollo estándar. La descripción y la

representación de la arquitectura son genéricas ya un alto nivel de abstracción para amplia aplicabilidad de la industria.

Inteligentemente la arquitectura CPPS destila y resume características, y patrones comunes de casos de uso bien comprendidos en este momento, destacando los que se han definido en el Consorcio de Internet (CII). El diseño de CPPS tiene como objetivo trascender las tecnologías disponibles de hoy en día y ser capaz de identificar brechas tecnológicas basadas en los requisitos arquitectónicos. Esto a su vez la capacidad de impulsar los esfuerzos de desarrollo de nuevas tecnologías por parte de la comunidad industrial de Internet.

(Sabou et al. 2016), indica que aunque las arquitecturas mencionadas anteriormente demuestran la utilidad de las tecnologías del Internet en general, ninguno de ellos se centra en proporcionar funcionalidad adicional cuando se trata de datos AutomationML específicamente. Además, también ofrece interfaces de navegación intuitivas para soportar la toma de sentido de los datos de ingeniería. A nivel tecnológico, la mayoría de los datos mencionados adoptan soluciones tradicionales del Internet basadas en el uso de ontologías y razonamiento dentro de una empresa.

(Querol et al. 2014), menciona una propuesta en firme para el desarrollo de un prototipo que permita la investigación en el campo de los sistemas de fabricación flexibles aplicando la norma IEC 61499 en el desarrollo moderno de los sistemas de control de manera distribuida, las órdenes de ejecución para las diferentes operaciones de mecanizado son reenviadas al CNC desde una red de FB implementada en el runtime de Forte siguiendo la norma IEC 61499.

3. CONCLUSIONES

La arquitectura inteligente CPPS conforme su desarrollo adquiere utilidades en relación al campo tecnológico, es así que el web 2.0 se convierte en la interfaz de navegación mucho más accesibles al usuario y poder así optar por la toma específica de decisiones en cuanto a los datos proporcionados por los diferentes dispositivos Smart de la empresa.

Con toda la arquitectura inteligente CPPS se llega a la Industria 4.0, con dispositivos y maquinaria (robots, CNC, impresión 3D) accediendo así al cambio automático del programa por el producto, dirigiendo esto a que los costes de fabricación de los diferentes productos únicos o en series pequeñas adquieren valores tan bajos como productos que son producidos en masa o por lote.

La producción de pequeñas series sean por lotes o por encargo, cercana al cliente y capaz de responder a las demandas cambiantes del consumo de ciertos productos en entornos regionales o metropolitanos podrá ser la respuesta global de los mercados a nivel global para así retornar y evitar mover más fabricas a producción en masa en diferentes países.

Al llegar a la industrialización avanzada con componentes más potentes, este estándar de control a diferencia de los más antiguos, puede ser utilizado para descentralizar todos los aspectos de lógica de control así implementar controles más eficientes, flexibles que brinden soporte para afrontar la gran complejidad que posee los procesos de producción actuales, que están presentes en los nuevos sistemas de manufactura holónicos, así se conseguiría una alta integración con una arquitectura inteligente.

En la ejecución del prototipo que menciona (Querol et al. 2014) indica que el conjunto de operaciones del mecanizado CNC no se ejecutó de manera inmediata y para la finalización de las mismas únicamente detecta un cambio en las variables de estado del CNC, es así que se considera el trabajo más intenso en los FB para que la arquitectura inteligente convierta estos estados de manera inmediata a los requerimientos especificados por las diferentes operaciones en los distintos tipos de mecanizados a futuro.

Referencias

- [1] Cacheda, F, and V Formoso V Carneiro. 2007. "Distribuidos de Recuperación de Información En La Web." 5(6): 479-85.
- [2] Chiavénato. 1994. "Administración de La Producción." : 9.
- [3] Code, Price. 2002. "International Standard." *Shock*: 1-8.
- [4] Commission, International Electrotechnical. 2016. "Iec." : 36. www.iec.ch.
- [5] Garcia, Marcelo V. et al. 2016. "OPC-UA Communications Integration Using a CPPS Architecture." *2016 IEEE Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM)*: 1-6. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7750838/>.
- [6] García, Marcelo Vladimir. 2013. "Implementación de Sistemas Empotrados de Control Distribuidos Bajo El Estándar IEC-61499." <http://docplayer.es/1229426-Trabajo-fin-de-master.html> <http://www.ehu.eus/documents/3444171/4484751/65.pdf> <http://docplayer.es/11095043-Desarrollo-de-cpps-sobre-iec-61499-basado-en-dispositivos-de-bajo-coste.html>.
- [7] García, Marcelo Vladimir et al. 2015. "Desarrollo de CPPS Sobre IEC-61499 Basado En Dispositivos de Bajo Coste." *XXXVI Jornadas de Automática*: 230-37.

- <http://www.ehu.eus/es/web/ja2015/sistemas-de-tiempo-real>.
- [8] Isagraf. 2008. "IEC 61499 Function Block Model IEC 61499 Function Block Model." *Rockwell Automation Company* (April).
- [9] Jazdi, N. 2014. "Cyber Physical Systems in the Context of Industry 4.0." *2014 IEEE Automation, Quality and Testing, Robotics: 2-4*. http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6857843.
- [10] John, Karl Heinz, and Michael Tiegelkamp. 2010. "IEC 61131-3: Programming Industrial Automation Systems: Concepts and Programming Languages, Requirements for Programming Systems, Decision-Making Aids." *IEC 61131-3: Programming Industrial Automation Systems: Concepts and Programming Languages, Requirements for Programming Systems, Decision-Making Aids: 1-390*.
- [11] Monroy, Diego Andres. 2016. "Diseño de Un Sistema de Reconfiguración Automático En Un Sistema Distribuido de Manufactura."
- [12] Pérez, Federico et al. 2015. "A CPPS Architecture Approach for Industry 4.0." *IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA 2015-Octob*.
- [13] Querol, Esteban, Julio Ariel Romero, Antonio M Estruch, and Fernando Romero. 2014. "Norma IEC-61499 Para El Control Distribuido. Aplicación Al CNC." : 3-5.
- [14] Romero, Felipe Andres. 2016. "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO EN EL BANCO DE PRUEBAS NEUMÁTICO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE CON BASE EN LA NORMA IEC 61499." : 50.
- [15] Sabou, Marta, Fajar Ekaputra, Olga Kovalenko, and Stefan Biffel. 2016. "Supporting the Engineering of Cyber-Physical Production Systems with the AutomationML Analyzer." *2016 1st International Workshop on Cyber-Physical Production Systems, CPPS 2016*.
- [16] Sampieri, Roberto, Carlos Collado, and Pilar Lucio. 2003. "El Proceso de Investigacion Y Los Enfoques Cuantitativo Y Cualitativo: Hacia Un Modelo Integral." *Metodología de la Investigación: 8-25*.
- [17] Sánchez, Felipe García et al. 2000. "Tecnologías Middleware?: Soluciones Actuales Para Grandes Empresas Y Proyectos."
- [18] Ullrich, Johanna, Artemios G. Voyiatzis, and Edgar R. Weippl. 2016. "Secure Cyber-Physical Production Systems: Solid Steps towards Realization." *2016 1st International Workshop on Cyber-Physical Production Systems, CPPS 2016*.
- [19] Val Román, José Luis. 2015. "La Transformación Digital de La Industria Española." : 120.

- [20] Wahlster, Wolfgang. 2016. "Industrie 4.0: Cyber-Physical Production Systems for Mass Customization." 49(681). <http://www.dfki.de/~wahlster>.

Authorization and Disclaimer

Authors authorize ESTEC to publish the paper in the conference proceedings. Neither ESTEC nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.