



# **PROPUESTA DE FORTALECIMIENTO DE LAS COMPETENCIAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CON BASE EN LAS EXPERIENCIAS DE TRABAJO CON UN PROTOTIPO DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADA EN LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA**

**Natalia Silva Ferreira, Karen Yelitza Niño Soto, Laura Sofía Badillo, Juan Felipe Moreno,  
Orlando Federico González**

**Universidad Pontificia Bolivariana  
Bucaramanga, Colombia**

## **Resumen**

La importancia de los laboratorios tanto en la enseñanza de las ciencias como en la investigación y en la industria es, sin duda alguna, indiscutible. No se puede negar que el trabajo práctico en laboratorio proporciona la experimentación y el descubrimiento y evita el concepto de "resultado correcto" que se tiene cuando se aprenden de manera teórica, es decir, sólo con los datos procedentes de los libros. Éste documento presenta la experiencia en la conceptualización, diseño e implementación de una línea de producción disciplinar en el área de automatización integrada de procesos para las Facultades de Ingeniería Industrial, Mecánica y Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga. Como resultado se muestra una interacción académica fuerte de las tres facultades involucradas alrededor del diseño, construcción y uso de laboratorios reales en un área común como lo es la automatización para el control de procesos, así como en el desarrollo de prácticas académicas en diferentes asignaturas del currículo de las tres ingenierías. Como perspectivas futuras, el prototipo permite mejoramientos continuos para abarcar los tres niveles de la pirámide de automatización lo cual se traduce en una integración real permeada en el currículo de las tres ingenierías. Todo con el objetivo de la implementación y desarrollo de propuestas de mejora que representen material valioso para las buenas prácticas de los estudiantes y docentes dentro del laboratorio, construyendo un ingeniero industrial con experiencia y sentido humano.

**Palabras clave:** automatización; pirámide de automatización; seis sigma

### **Abstract**

*The importance of laboratories in both science education, research and industry is undoubtedly undeniable. Besides the laboratory work provides practical experimentation and discovery and avoids the concept of "right result" when you have learned in theory, that's only data from the books. This paper presents the experience in the conceptualization, design and implementation of a production line discipline in the area of integrated automation of processes for the Faculty of Industrial, Mechanical and Electronics Engineering of the UPB Bucaramanga branch. As a result a strong academic interaction of the three powers involved around the design, construction and use of real laboratories in a common area such as automation process control, as well as shown in the academic practices development in three different engineering subjects curriculum. In future prospects, the prototype allows continuous improvement to encompass all three levels of the Automation Pyramid which leads to a real integration permeated into the curriculum of the three engineering. All with the aim to implement and development to increase the valuable material for students and teachers practice in the laboratory, building experience and professional ethics for industrial engineers.*

**Keywords:** automation; automation pyramid; six sigma

## **1. Introducción**

Desde el año 1987 se ha dispuesto una escuela de Ingeniería que poco a poco fue necesitando prestar el servicio de aplicación de conocimientos en el área de las ciencias básicas, la organización de arquitectura de diversos sectores dentro de las instituciones u organizaciones (La enseñanza de la ingeniería, 2010); se dio la necesidad de direccionar las empresas por medio de la preparación de ingenieros que estuvieran capacitados para desarrollar e implementar técnicas que estuvieran suspendidas a los objetivos de la economía diaria. Cambios en la historia como lo fueron la sucesión de formación militar, la imposición de rectores de las universidades, la adquisición de maestros extranjeros, la construcción de las escuelas de ingeniería y la Segunda Guerra Mundial (Díaz, 2004). La república de Colombia Posee 296 Universidades cuyo objetivo es la formación de estudiantes en diversos campos profesionales por medio de la adquisición de conocimientos aportados por los docentes y aplicados en entornos factibles para la simulación de casos en la vida real y fallos en el sistema que pueden alterar la eficiencia tanto del sector operativo como la gestión administrativa de una empresa, por tal motivo, el presente artículo pretende rescatar las ventajas y aportes que brinda éstos espacios de aprendizaje frente a un mercado competitivo global.

El laboratorio de automatización de procesos industriales de la Universidad Pontificia Bolivariana- Seccional Bucaramanga cuenta con diversas herramientas que permite el

desarrollo de simulaciones por parte de los estudiantes y docentes de las facultades de Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Electrónica; la Línea de Producción de piezas cilíndricas brinda un acercamiento de acuerdo a las situaciones, tecnología, control y gestión de los procesos industriales que se llevan hoy en día en un mundo globalizado a su vez posee algunas falencias que no permiten a los estudiantes y docentes desarrollar sus prácticas en el laboratorio de manera eficiente, las cuales se pueden observar desde diferentes puntos de vista teniendo en cuenta las disciplinas que están involucradas en ésta (ver Figura 1). Por otro lado en la ingeniería industrial, existe una manera que posibilita la solución de las causas de esas falencias, es la implementación de una metodología estadística denominada Seis Sigma.

## 2. Marco Teórico

- **Automatización** Es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos (García, 2010). El principal objetivo de la automatización es producir el mejor producto a costo más bajo exigiendo que las distintas funciones de una planta trabajen juntas como si fueran una entidad (Piedrafita, 2001).
- **Pirámide de automatización** está soportada en el modelo de Manufactura Integrada por Computador (CIM - Computer Integrated Manufacturing), la cual, según el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST - National Institute of Standards and Technology), enlaza los procesos de producción (diseño, ingeniería y fabricación), con los de gestión de la empresa (planeación y administración), mediante un nivel conocido como Sistema de Ejecución de Manufactura (MES - Manufacturing Execution System), que tiene como objetivo contribuir a ejecutar eficientemente el plan operativo de la empresa. (Navarro, 2010 y Armesto, 2008)

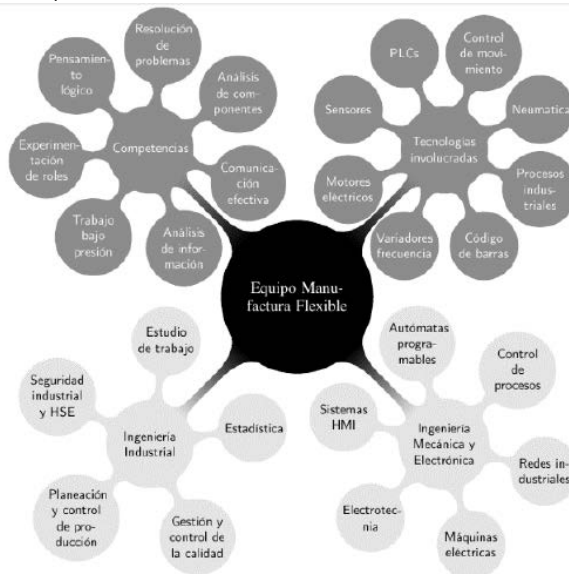
La Línea de Producción fue concebida a partir del trabajo interdisciplinario de tres facultades de ingeniería con el objetivo de permitir la integración de tecnologías desde el nivel de piso de la pirámide de automatización hasta la cúspide de la misma y con elementos de uso industrial que permiten la simulación de un proceso industrial real de selección, clasificación y empaque y que favorece procesos de aprendizaje significativo en los estudiantes.

- **Eficiencia.** Capacidad para realizar o cumplir adecuadamente una función (Real Academia Española et al., 2001)
- **Productividad.** Relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción (Real Academia Española et al., 2001). Relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos.
- **Estudio de métodos de trabajo.** Es una técnica de análisis y registro de los métodos existentes de cada proceso que permite mejorar la manera como se realiza el trabajo, la disposición de la materia prima, maquinaria y reducción de

operaciones innecesarias para que los movimientos de los operarios sean más sencillos, eficientes y coordinados y de esta manera se mejore las condiciones de producción y se establezcan nuevos principios y procedimientos de trabajo que reduzcan los tiempo muertos, la fatiga y el trabajo degradante (Arroyave, 2012).

- **Metodología Seis Sigma:** Se basa en la curva de la distribución normal (para conocer el nivel de variación de cualquier actividad), que consiste en elaborar una serie de pasos para el control de calidad y optimización de procesos industriales.

Figura 1. Aplicación de Conocimientos en el Aula de Clase



Fuente: Aguilar, A., Herrera F., Córdoba, E., Jaimes L. Diseño y construcción de un prototipo de línea de producción automatizada como apoyo al proceso de enseñanza aprendizaje.

En cuanto a los estudiantes de Ingeniería mecánica y electrónica, los cursos que desarrollan prácticas en el prototipo, tanto a nivel pregrado como de posgrado son: Automatas programables, control de procesos, redes industriales, control de máquinas eléctricas, electrotecnia y sistemas HMI. En cuanto a los estudiantes de Ingeniería Industrial, se asocian asignaturas de estadísticas, Gestión y control de la calidad, Planeación y control de producción, Seguridad industrial y salud ocupacional y estudio del trabajo entre otras posibles.

El objetivo primordial de la estrategia pedagógica diseñada es el desarrollo de competencias, se encuentra que las prácticas realizadas por los estudiantes permiten desarrollar competencias genéricas y específicas tales como: Comunicación efectiva. Interpretación, análisis y aplicación de la información técnica; Análisis y evaluación de componentes, procesos organizacionales o sistemas complejos; Resolución de problemas mediante la aplicación de las ciencias naturales y las matemáticas, utilizando un lenguaje lógico y simbólico; Fortalecimiento del pensamiento lógico, involucrando memoria, planeación, atención y percepción para la toma de decisiones en la resolución de problemas de programación; Experimentación de roles en una

planta industrial y trabajo en equipo; Manejo de situaciones bajo presión por reacciones inesperadas de las máquinas; Análisis e interpretación de información técnica para el correcto desarrollo de los procesos.

En definitiva, se desarrollan competencias transversales en los estudiantes, las cuales están asociadas a diferentes áreas del saber y contribuyen a la formación integral del futuro ingeniero, simulando entornos más reales y conscientes de las dificultades y tipos de procesos industriales que desarrollarán en un futuro.

### **3. Contextualización de las competencias relacionadas con la utilización de la línea de producción automatizada**

Las competencias académicas adquiridas en una carrera profesional pueden ser concebidas como lineamientos longitudinales o transversales para el fortalecimiento de los profesionales a la hora de definir y proponer alternativas de solución a la sociedad. Según Cervera et al (2010), la transversalidad de las competencias radica en la manera en cómo se interrelacionan a la hora de la definición de problemas en diferentes contextos, generando resultados que apoyan la eficacia del futuro profesional.

La Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga considera que los procesos de relación Universidad-Empresa son vitales para el sostenimiento del desarrollo de la región; por lo tanto, se considera que las prácticas empresariales y proyectos de grado aplicados en empresas regionales y nacionales es un punto vital para la contextualización de las carreras profesionales, entre ellas la Ingeniería Industrial, como factor positivo para la acreditación de la institución. El proceso de acreditación de la Facultad de Ingeniería Industrial se considera dentro de su actuar el mejoramiento de las competencias de ingeniería; según los lineamientos de las pruebas Saber-Pro<sup>1</sup>, los componentes específicos de la carrera de Ingeniería Industrial están condensados en tres tópicos: formulación de proyectos de ingeniería; pensamiento científico, matemático y estadística; y diseño de sistemas productivos y logísticos. Por tanto, el desarrollo de laboratorios integrados por las facultades de Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Electrónica, conducen al fortalecimiento de las competencias específicas del Ingeniero Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga.

Aguilar, et al (2014), expone el proceso de diseño y construcción del laboratorio de automatización de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, de tal forma que se definen los resultados positivos de la interacción académica de las facultades de Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Electrónica; así como el desarrollo de prácticas académicas en diferentes asignaturas del currículo de las tres ingenierías. Por otro lado, (Olarte, 2014), profundiza en la importancia de la interrelación de los tópicos académicos relacionados con las competencias de los futuros profesionales en el área de los procesos de producción y la gestión administrativa con base en la funcionalidad e integración de las carreras de Ingeniería

---

<sup>1</sup> Fuente: <http://www.icfes.gov.co/examenes/saber-pro/informacion-general/que-se-evalua>. Consultado el 28 de Abril de 2014 9:30 a.m

Industrial, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga, tomando como base la integración de la Manufactura Integrada por Computador como punto de partida para la automatización de procesos industriales.

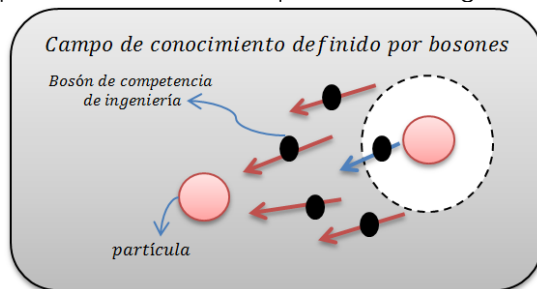
La exposición de los estudiantes y profesores para el desarrollo de prácticas de laboratorio, así como auxiliares de apoyo para el mantenimiento del laboratorio, permiten desarrollar nuevas competencias que ayudan a la consolidación de personas que contribuyen al mejoramiento de la sociedad con base en la integración de conocimiento desde las áreas de ciencias básicas, optimización de sistemas de ingeniería, evaluación de proyectos de inversión en plantas industriales, automatización industrial, planeación y control de la producción, análisis metrológico, control de procesos industriales, evaluación de eficiencia de sistemas productivos y la estadística aplicada. Lo anterior se puede visionar de acuerdo a la explicación física del campo de Higgs. De acuerdo con Sanabria, et al (2012), los bosones de Higgs son paquetes de energía que promueven el incremento de la masa de las partículas elementales de la materia; por lo tanto, el incremento másico de la partícula obedece a una interacción mayor con el campo de Higgs, el cual contiene un número significativamente alto de bosones de Higgs. Este proceso de la física de partículas puede observarse como una analogía sobre el proceso de comprensión y conocimiento basado en competencias específicas de la Ingeniería.

Considerar que una persona, definida como partícula, debe viajar por un campo de conocimiento, donde las habilidades y destrezas en ingeniería se pueden encapsular como un bosón de Higgs. Cada bosón representa habilidades y destrezas en el campo de la ingeniería. Por ejemplo, el funcionamiento y supervisión de sensores y controladores industriales es un bosón referente a las competencias de la Ingeniería Electrónica; así como los métodos de planificación de la producción y el plan de requerimientos de materiales es un bosón referente a las competencias de la Ingeniería Industrial. La representación de interacción del campo de conocimiento definido por bosones de competencias de ingeniería se presenta en la Figura 2.

Lo interesante de este concepto es que el incremento másico de las competencias de la persona puede ser resultado de tres características:

- La interacción de la partícula (persona) con diferentes bosones del área de electrónica, mecánica e industrial; los cuales pueden ser inducidos por otras partículas (personas) del entorno donde se desarrollan la interacción; es decir, la relación de un estudiante que adquiere conceptos con base en la interacción con profesores o personas expertas en las tres áreas del conocimiento.

Figura 2. Representación gráfica de la interacción de la persona con el campo de conocimiento, definido por los bosones de competencias de ingeniería



Fuente: Autores

- La interacción de la partícula (persona) con fuentes primarias de bosones de las áreas de Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial; los cuales pueden ser inducidos por la misma explicación del fenómeno o problema a resolver; es decir, el estudiante que adquiere conceptos a través de su estudio autónomo tomando fuentes de información primaria y relevante sobre las tres áreas del conocimiento.
- La acumulación másica por bosones del área de Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial, conllevan a que la partícula sufra una transformación y desarrolle nuevos bosones que permiten la profundización de los conceptos de ingeniería; cabe resaltar que este aspecto depende de la persona en términos de aprehensión de los conceptos y su habilidad inteligible para lograr una fusión de los bosones de los tres campos de conocimiento.

Por lo tanto, depende de la misma partícula (persona) que se logre el incremento másico basado en las competencias integradas de la Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica y Ingeniería Electrónica; lo anterior se puede entender como una partícula con estructura energética fuerte, y partícula con estructura energética débil; es decir, que dependiendo de la fortaleza de competencias de aprendizaje interno de la persona (energía), el tiempo de aprehensión y desarrollo de competencias se puede considerar como una variable aleatoria que depende de dicha fortaleza. Adicionalmente, la energía interna y la energía inducida en la partícula puede desarrollar el campo de atracción de los bosones para desarrollar una expansión de conocimiento en ingeniería. Se puede definir que la energía interna es la fortaleza inteligible de la persona para el aprendizaje, y la energía inducida se define como la empatía de las personas expertas para que el estudiante logre la aprehensión de competencias del campo de Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Electrónica.

Con base en esta propuesta de funcionamiento de las competencias integradas en las Facultades de Ingeniería Industrial, Electrónica y Mecánica, se procede con un caso de estudio de estudiantes de séptimo semestre de Ingeniería Industrial, donde su idea de investigación radica en definir propuestas de mejoramiento de la línea de producción automatizada con base en conocimientos de estudio de métodos y tiempos, ajuste de sensores y controladores industriales, y sincronización de máquinas entrelazadas con la metodología Seis Sigma como elemento integrador y explicativo

para la identificación de los problemas críticos de la línea y proceder con propuestas de mejoramiento.

#### **4. Caso de estudio de la propuesta de integración de competencias con base en el trabajo colaborativo de estudiantes de ingeniería industrial**

Con el objetivo de lograr la elaboración de una herramienta que facilite el trabajo manual, la ingeniería Mecánica y electrónica integra sus competencias para llevar a cabo tal fin; siendo el aporte de la ingeniería mecánica la estructura mecánica y el suministro de energía, y la automatización de mecanismos la principal contribución de la Ingeniería electrónica; como resultado, se obtiene un sistema automatizado que hoy en día es común encontrar en fábricas e industrias. En la Universidad Pontificia Bolivariana se cuenta con un prototipo de un sistema automatizado que simula una línea de producción.

Con base en el estudio experimental del funcionamiento de la línea de producción del laboratorio de Automatización, se identificó la necesidad de conocer temas referentes al área de electrónica para proceder con el funcionamiento de la planta; el Ingeniero Jorge Paredes (Coordinador de la línea de producción) aportó diversas capacitaciones en programación y manejo de los componentes estructurales de las partes mecánicas y eléctricas del proceso de selección, distribución y empacado de piezas. A su vez, el Ingeniero Orlando González aportó una serie de conocimientos respecto a los procesos industriales y metodología de la investigación. Sin embargo, la relación humano-máquina tiende a presentar inconvenientes con respecto al método empleado para su uso, es aquí donde la Ingeniería Industrial desempeña su papel para la solución del problema, debido a que cuenta con la cantidad de competencias suficientes para proceder a la eliminación de las causas que afectan dicha relación.

#### **5. Metodología**

Para el desarrollo e implementación de la automatización dentro de los procesos industriales en una empresa, se considera pertinente la utilización de competencias que posee un Ingeniero Industrial, ya que gestiona y plantea mejoras en los procesos laborales de la cadena de suministro. Éste tipo de cualidades son las que definen a un egresado de la carrera Ingeniería Industrial, el perfil de egreso del Ingeniero Industrial en la Universidad Pontificia Bolivariana define como áreas de desempeño la promoción y creación de nuevas unidades productivas, gestión de procesos de transformación de bienes y servicios, gestión de calidad y optimización de recursos, entre otros (Universidad Pontificia Bolivariana, 2010).

Teniendo en cuenta que éste proyecto se basa en el mejoramiento de la línea de producción del laboratorio de automatización de la Universidad Pontificia Bolivariana, a través de la implementación de la metodología Seis Sigma, es necesario dar a conocer el nacimiento e importancia de la Línea de Producción dentro de ámbito formativo y profesional. La Universidad Pontificia Bolivariana ha desarrollado un prototipo de línea de producción híbrida para el control, clasificación, transporte y



empacado de piezas cilíndricas, el cual ha sido concebido como un sistema de entrenamiento para que los estudiantes realicen simulaciones, procesos industriales, análisis y gestión de la información con el objetivo de afianzar los conocimientos en sistemas de producción a nivel industrial. El prototipo se encuentra ubicado en el Laboratorio de Automatización de Procesos Industriales de la Universidad Pontificia Bolivariana k-214 (Olarte & Paredes, Manual de Usuario-Línea de Producción, 2015). Lo anterior permite que los futuros profesionales de Ingeniería Industrial desarrollen competencias de creatividad e innovación para la optimización de procesos industriales por medio de la automatización.

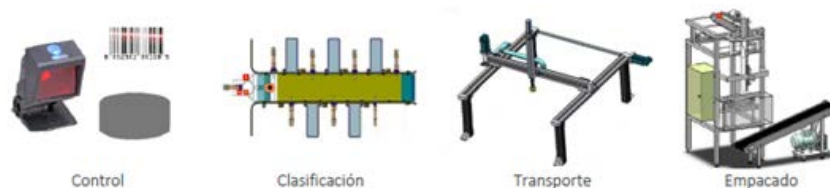
Dentro del Manual del Laboratorio de Automatización la Línea de producción está constituida por cuatro procesos que se relacionan de forma secuencial (ver Figura 3), el primer proceso corresponde a la inspección y control de calidad, donde se realizan las observaciones de las piezas para identificar imperfecciones como: aluminio descentrado, metal descentrado o corte de pieza inclinado; a continuación, se procede con la contabilización de las imperfecciones e importación de la información a una base de datos, utilizando un lector de código de barras (Olarte et al, 2015).

La Línea de Producción, cuenta con el proceso de Inspección y Control de calidad, donde el operario realiza las mediciones y observaciones necesarias para determinar si la pieza cumple con los requerimientos establecidos. Se ingresa información sobre las piezas rechazadas al sistema PLC por medio del código de barras; de igual manera, el operario realiza la fase de alimentación de piezas en el proceso de Selección y Distribución (Olarte &Paredes, 2015).

Otro tipo de procesos son los automatizados, el proceso de Selección y Distribución es apoyado por el Robot Cartesiano, para capturar y transportar las piezas seleccionadas que debidamente cumplen con los parámetros de calidad, como lo son: el diámetro, la altura y el tipo de material (plástico, metal y aluminio), esto permite elaborar seis tipos de productos diferentes, identificados por color; luego son ubicadas dentro de las bandas de acrílico identificadas con dichos colores; y, el proceso de Transporte y Empacado, donde se lee el tipo de color y sólo prosiguen a empacarse los lotes que cumplen los requisitos que el cliente solicita (Olarte &Paredes, 2015).

Por último, se encuentran procesos Semi-automáticos (Híbridos); Aquellos donde la estación de trabajo necesita un operario y, a la vez, diversas tecnologías. El proceso de Etiquetado y Transporte de las piezas cilíndricas, el cual consiste en posicionar un adhesivo de un color específico (amarillo, rojo, naranja, azul, verde y negro) según la orden de producción, se identifica como un proceso híbrido (Olarte &Paredes, 2015).

Figura 3. Representación gráfica de los procesos que se llevan a cabo en la línea de producción



Fuente: Manual de la línea de producción

La herramienta Seis Sigma propone el método DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar) para obtener mejoras en la calidad y los ciclos de tiempo; ésta herramienta es posible de implementar al momento de realizar un plan de mejora en un proceso productivo, a continuación se hará énfasis en las fases utilizadas en la metodología, teniendo como base lo descrito por isixsigma (2007), la primera fase es la de definir, en ésta se identificó las secciones donde era posible aplicar la metodología, posteriormente se realiza un diagnóstico de las variables en la eficiencia de los procesos que componen la línea de producción, la sección de control de calidad, alimentación de piezas, corte y etiquetado de piezas, son aptas para aplicar mejoras a corto plazo sobre la forma en que se desarrolla el proceso, es decir, mejoramiento ergonómico por parte de los operarios y distribución en planta que se necesitan dentro del laboratorio. La Segunda fase es la de medir, en ésta se implementó el uso de cronómetros para desarrollar el estudio de métodos y tiempos acerca de la sección control de calidad, alimentación de piezas y corte y etiquetado, con respecto a la distribución en planta se empleó la cinta métrica.

## **6. Resultados y análisis de resultados**

Para el desarrollo de la simulación del funcionamiento de línea de producción del laboratorio de automatización, se procedió con la definición de dos tipos de experimento: producción de piezas de color homogéneo y producción de piezas con mezcla de colores. Se realizaron muestras de cinco lotes para cada experimento, donde cada lote contiene cinco piezas de análisis. Posteriormente, para recopilar la información se utilizó dos tipos de instrumentos; como primer instrumento se realizó un formato de campo para el registro de los tiempos de las operaciones manuales; seguidamente, se consideró la información del software de la planta de producción para identificar las variables de control de proceso para conocer la eficiencia total de la línea de producción.

Una vez recopilada la información se aplicó la metodología Seis Sigma; en el proceso de definir y contextualizar las variables y diagnósticos de los procesos de producción, se logró encontrar diversos factores que alteran la eficiencia de cada proceso, como lo son: falta de estandarización por parte de los procesos manuales que desarrollan los operarios, consumo excesivo de tiempos al momento de desplazarse sobre su área de trabajo, tiempos ociosos en procesos como lo son la alimentación de piezas por el motivo de la restricción en la cantidad de piezas que pueden ingresar al proceso de selección y distribución y a la demora de la lectura del sensor ubicado en la calle de selección, generando cuellos de botella.

## **7. Propuestas de mejora**

En el proceso de control de calidad se propuso un nuevo método en la lectura del código de barras de los respectivos errores clasificados, con respecto al proceso de alimentación de piezas, al operario de ésta sección se le aumenta la carga laboral debido a los tiempos ociosos que presenta. Se recomienda desarrollar un cambio en la

distribución en planta de la línea de producción debido a que los operarios consumían demasiado tiempo transportándose por el área de trabajo y al momento de ejecutar sus funciones, generaba demasiado tiempo ocioso.

Sin embargo, a largo plazo, se tiene planteada la idea de realizar una inversión con respecto a la adquisición de una cortadora (perforadora) que pueda apoyar el trabajo o función del operario de corte y etiquetado; además, se propone realizar una revisión con respecto a los sensores que posee la calle de selección y la estructura del proceso de empaclado, debido a que el sistema sufre atascos y retrasos en la producción por exceso de alimentación de piezas o por fallos programables. Cabe resaltar que otra medida que se puede desarrollar a largo plazo, se desea implementar una debida programación con respecto al robot cartesiano dentro del proceso de selección y distribución, ya que se debe resetear todo el sistema y reiniciarlo para regresar al punto de partida, apagando desde los motores como las partes neumáticas y eléctricas de la planta.

## 8. Conclusiones

En la implementación de la metodología Seis Sigma, en el estudio de métodos y tiempos, se observaron cambios desde un aumento del 10% de la eficiencia de los procesos manuales, hasta cambios estructurales que sobrellevó dentro de la localización de planta de La Línea de producción del Laboratorio de Automatización. Se simuló un nuevo orden al momento de captar los códigos de barras por medio de utilización de superficies por separado con cada código de barra; además, se decidió aumentar la altura del lector de código de barras con el objetivo de captar más fácilmente los fallos y evitar sobre esfuerzo del operario.

Al operario que ingresaba las piezas al proceso de selección y distribución, se alteran las funciones de trabajo, agregando el dibujo de las carátulas de los adhesivos de acuerdo a las medidas del diámetro de la pieza cilíndrica y la organización y distribución de adhesivos en las mesas de corte y etiquetado; esto con el objetivo de utilizar de una mejor manera de los tiempos que sólo usaba en la alimentación de piezas. Posiblemente puede ocasionar la no necesidad de un operario y la inserción del proceso de control de calidad y el de alimentación de piezas y distribución de adhesivos. Por último, se les asignó a los operarios que desarrollaban el proceso de etiquetado de piezas, el proceso e corte, ya que poseían demasiado tiempo ocioso y la acción del dibujo de las etiquetas, impedía la concentración y transporte de las piezas al sistema de clasificación y transporte. Todo esto dando como resultado la disminución de tiempos y la estandarización de los mismos.

Como perspectivas futuras, se espera implementar las propuestas de mejora que no se pudieron desarrollar en éste, debido a las limitantes como tiempos y recursos a fin de abarcar una mayor eficiencia en la línea de producción.

## 9. Referencias

- Aguilar, A., Herrera F., Córdoba, E., Jaimes L. (2014) Diseño y construcción de un prototipo de línea de producción automatizada como apoyo al proceso de enseñanza aprendizaje. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería, ACOFI.
- Cervera, M., Cela\_Ranill, j., Barado, S. (2010) Las simulaciones en entornos TIC como herramienta para la formación en competencias transversales de los estudiantes universitarios. Teoría de la Educación. Educación y Cultura de la Sociedad de la Información. 11(1), 352-370.
- Olarte, L., Mantilla, J., Aguilar, A. (2014) Integración de Facultades de Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga en torno a la automatización de procesos industriales. IX Congreso Virtual VUAD y VI Congreso Iberoamericano SOCOTE: Impacto y tendencias del conocimiento, las tecnologías y las estrategias de especialización inteligente para el desarrollo sostenible.
- Sanabria, J., Gómez, B., Ávila, C. (2012) El bosón de Higgs. Hipótesis: apuntes científicos uniandinos. 13, 8-12.
- Isixsigma. (2007). Analyzing Experiments with Ordered Categorical Data. Recuperado el 9 de Marzo de 2015, de <http://www.isixsigma.com/>
- Olarte & Paredes. (2015). Manual del Usuario de la Línea de Producción (Versión 1.1 ed., Vols. Capítulo 2-Modelo CIM). Bucaramanga, Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Piedrafita, R. (2014). Ingeniería de la Automatización Industrial. Madrid, España: Alfaomega Ra-Ma.
- Real Academia Española. (2001). Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (DRAE), 22. Recuperado el 7 de Marzo de 2015, de <http://lema.rae.es/drae/?val=Ratio>
- Universidad Pontificia Bolivariana. (2010). Recuperado el 2015, de [http://www.upb.edu.co/portal/page?\\_pageid=1134,32665601,1134\\_55396848&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.upb.edu.co/portal/page?_pageid=1134,32665601,1134_55396848&_dad=portal&_schema=PORTAL)

## Sobre los autores

- **Natalia Silva Ferreira:** Estudiante de Séptimo Semestre, Facultad de Ingeniería Industrial. Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga. [natalia.silva@upb.edu.co](mailto:natalia.silva@upb.edu.co)
- **Orlando Federico González Casallas:** Profesor Asociado, Magister en Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería Industrial. Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga. [orlando.gonzalez@upb.edu.co](mailto:orlando.gonzalez@upb.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)