

II ENCUENTRO INTERNACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN UTI 2018

# LA INNOVACIÓN CIENTÍFICA EN EL DESARROLLO INDUSTRIAL

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN,  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL





*Vive la Excelencia*



II ENCUENTRO INTERNACIONAL DE  
CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN UTI 2018

# LA INNOVACIÓN CIENTÍFICA EN EL DESARROLLO INDUSTRIAL

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN  
Y LA COMUNICACIÓN, CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN -

QUITO - ECUADOR  
JULIO 2018

# COMITÉ ORGANIZADOR

## María Belén Ruales

Decana de la Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación. FITIC.

## Gerardo Arteaga

Subcoordinador de la Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación. FITIC.

## Ana Álvarez Sánchez, Alexis Suárez del Villar Labastida, Pablo Elicio Ron Valenzuela, Wilson Edmundo Chancusig Espin

Docentes Investigadores a Tiempo Completo, FITIC

## Janio Jadán Guerrero

Coordinador General del Instituto de Investigación, Desarrollo e Innovación

## Mireya Zapata

Docente-Investigadora del Centro de Mecatrónica y Sistemas Interactivos (MIST)

## César Guevara Maldonado, Hugo Arias

Editor Asociado

**Fecha de publicación:** 15 de febrero de 2019

### Pares revisores académicos:

Miroslava Zapata Rodríguez, Msc., Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí-Ecuador.

Washington Fierro Saltos, Msg. Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda-Ecuador.

**ISBN:** 978-9942-8727-6-0

Editor gráfico:  | [aalgarin.com](http://aalgarin.com)

Las memorias del **II ENCUENTRO INTERNACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN UTI 2018**, recoge ponencias y artículos científicos que fueron presentados en este evento.

Queda rigurosamente prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la fotocopia y el tratamiento informático sin autorización escrita del titular del Copyright bajo las sanciones previstas por las leyes.

**Editorial Universidad Tecnológica  
Indoamérica**



**Como citar este libro:** Ruales, M., Arteaga G., Álvarez A., Suárez A., Ron P., Chancusig W., Jadán-Guerrero J., Zapata M., (2018), II Encuentro Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación UTI 2018, La Innovación científica en el Desarrollo Industrial, Quito, Ecuador: Universidad Tecnológica Indoamérica.



## PRÓLOGO

---

A medida que el avance tecnológico y científico van evolucionando, la educación debe estar a la vanguardia del conocimiento. Es por ello que la Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y la Comunicación de la Universidad Indoamérica organiza anualmente eventos académicos en los que se muestra a la sociedad el desarrollo investigativo dentro y fuera del aula.

Las memorias de las ponencias son una muestra de este trabajo ya que contiene artículos desarrollados por cada uno de los conferencistas quienes han plasmado sus conocimientos en la industria a nivel nacional como internacional, los cuales contienen elementos de interés para el lector que le permitirá vislumbrar en un panorama más amplio el aporte de la academia en el mejoramiento continuo de los procesos productivos. Sirve, además como texto de consulta a los estudiantes de ingeniería donde se podrá palpar la relación entre el contexto teórico y práctico.

El contenido de este compendio se divide en tres secciones: La Sección I contiene temáticas en Calidad y la Gestión por procesos donde se puede observar la aplicación los sistemas de gestión de la calidad y la mejora continua de los procesos. La Sección II, Gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional, recalca la importancia de gestionar adecuadamente la Seguridad e Higiene en el lugar de trabajo para precautelar la vida del trabajador. Finalmente, la Sección III Energías Renovables y Desarrollo Industrial, muestra la importancia de aprovechar los recursos naturales y mitigar el acelerado cambio climático.

Es importante recalcar la gestión desarrollada por la Coordinación de Investigación de la UTI, de las autoridades de la carrera Ingeniería Industrial y de manera especial del cuerpo docente, ya que su aporte ha contribuido de manera muy profunda en el desarrollo de esta obra.

**MARÍA BELÉN RUALES MARTÍNEZ**

Decana de la Facultad de Ingeniería y  
Tecnologías de la Información y la Comunicación



# TABLA DE CONTENIDO

## SECCIÓN 1: CALIDAD Y GESTIÓN

CHARLAS MAGISTRALES, CONFERENCISTAS

Infraestructura de la calidad en el Ecuador 17

El Six Sigma en la industria ecuatoriana 21

Factores de éxito en la gestión de producción de la empresa Royaltex S.A. 25

INVESTIGACIONES UNIVERSITARIAS

Análisis del control de la producción de pollo procesado para la venta en la empresa "AVI-TALSA" 33

Análisis del proceso de pintura y su incidencia en la productividad aplicado a una planta ensambladora de vehículos 39

Análisis del proceso de producción de láminas asfálticas y la influencia en los defectos de calidad de producto en la empresa Imptek "Chova del Ecuador" 45

Análisis del proceso de corte por plasma en planchas de acero en la empresa ATU Artículos de Acero S.A. y su incidencia en la productividad 65

## SECCIÓN 2: GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

CHARLAS MAGISTRALES, CONFERENCISTAS

La epidemiología y su papel en la salud ocupacional 79

Seguridad y salud en el trabajo en Ecuador 83

ISO 45001:2018, primera norma internacional sobre sistemas de gestión de la salud y seguridad en el trabajo 87

Medición y evaluación de los aspectos psicosociales. Metodología psicométrica integral y sistemática Modelo V. Ponce 91

Tendencias educativas para seguridad y salud ocupacional "Prevención CONLÚDICA" 95

La medicina del trabajo en el Ecuador 99

Liderazgo en la seguridad y salud del trabajo 103

## SECCIÓN 3: ENERGÍAS RENOVABLES Y DESARROLLO INDUSTRIAL

CHARLAS MAGISTRALES, CONFERENCISTAS

Microredes y eficiencia energética 111

Desarrollo e innovación industrial clave para la conservación ambiental 115

Ciencia, tecnología e innovación: El TAU del desarrollo regional 119

INVESTIGACIONES UNIVERSITARIAS

Análisis de procesos de trabajo de la línea de remate de carrocerías de automóviles en el área de suelda en la empresa OBB 125

Construcción de una estación de carga para baterías de celulares, usando paneles solares en la Universidad Tecnológica Indoamérica 137

La automatización en la agroindustria ecuatoriana. Caso de estudio: Producción de panela 145

Estrategias para la enseñanza de la robótica y la automatización 153

SECCIÓN

# 01

CALIDAD Y GESTIÓN

**CHARLAS MAGISTRALES  
CONFERENCISTAS  
INVITADOS**

# Infraestructura de la calidad en el Ecuador



**Elizabeth Guerra Fajardo (1)**

(1) Dirección de Validación y Certificación, Servicio Ecuatoriano de Normalización-INEN, Quito, Ecuador, [eguerra@normalizacion.gob.ec](mailto:eguerra@normalizacion.gob.ec)

**PALABRAS CLAVE:** Calidad, normalización, certificación, metrología, acreditación.

Si un país necesita competir en un mercado globalizado como el que tenemos en la actualidad, es de vital importancia contar con mecanismos relacionados a normas, reglamentos técnicos, certificaciones, inspecciones, acreditaciones, servicios metroológicos y de ensayos que faciliten las exportaciones de sus productos; es decir, mantener actualizada y vigente una infraestructura de la calidad que permita competir en iguales condiciones con el resto de naciones a través del reconocimiento internacional. La infraestructura de la calidad es una parte constitutiva del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, el cual se define como un conjunto de procesos, procedimientos e instituciones públicas y privadas, así como la política pública para poner en vigencia todas sus partes constitutivas.

La infraestructura de la calidad requiere de por lo menos tres instituciones nacionales como son: Organismo Nacional de Normalización, Organismo Nacional de Metrología y Organismo Nacional de Acreditación, en el caso del Ecuador el Servicio Ecuatoriano de Normalización - INEN, cumple las funciones de los dos primeros y el Servicio de Acreditación Ecuatoriano el tercero.

Una norma es un documento técnico aprobado por consenso que establece reglas, directrices y características de los procesos o sus resultados. El estudio y formulación de los documentos normativos en el Ecuador la hace el INEN. Los documentos normativos son de carácter voluntario y son realizados mediante el tratamiento y aprobación en comités técnicos, los cuales están conformados con el concurso de todas las partes interesadas como consumidores, industria, academia, cámaras, entidades públicas y privadas, asociaciones, sector comercial, importadores.

Los reglamentos técnicos al contrario que las normas son de carácter obligatorio y están relacionados con la defensa de los objetivos legítimos de cada uno de los países como son: la seguridad nacional, la salud humana, animal y vegetal, la protección del ambiente y la protección al consumidor. La acreditación es el reconocimiento que da un organismo de tercera parte sobre la competencia técnica, transparencia e imparcialidad de los organismos que evalúan la conformidad. La acreditación es muy importante porque a través de los Acuerdos de Reconocimiento Mutuo, los certificados emitidos en el país pueden ser reconocidos a nivel internacional por todos los países firmantes de los Acuerdos. Un organismo para estar acredita-

do debe cumplir los requisitos establecidos en normas internacionales, estos requisitos están enmarcados en tres grandes temas: Organización, Competencia Técnica y Sistema de Gestión.

La metrología, es la ciencia que se encarga de las mediciones, unidades de medida y de los equipos utilizados para pesar y medir en los diferentes campos del comercio. La metrología cubre tres campos perfectamente diferenciados: metrología científica, metrología industrial y metrología legal. Las dos primeras se encuentran en el campo voluntario y la tercera en el campo obligatorio.

Otro de los componentes de la infraestructura de la calidad, es la evaluación de la conformidad. Se conoce como evaluación de la conformidad, al procedimiento mediante el cual se evalúa el grado de cumplimiento de un producto, servicio, proceso, sistema o persona con los requisitos establecidos. La evaluación de la conformidad incluye la inspección, la certificación y los ensayos.

La inspección examina las características de un producto o proceso en un determinado momento y puede aplicarse en algunas etapas del proceso productivo. El resultado de la inspección depende en gran medida del juicio del inspector.

La certificación es la declaración que un organismo de tercera parte realiza y asegura documentadamente que un producto, proceso, sistema o persona cumple requisitos establecidos en un documento normativo. La certificación está orientada a productos, sistemas de gestión, procesos o personas, cada una con características propias y es con las certificaciones con las que se pueden lograr reconocimiento internacional mediante la acreditación de sus esquemas.

Los ensayos, constituyen el medio para estudiar y verificar el cumplimiento de las características y requisitos de calidad de los produc-

tos. En el país, existen laboratorios de ensayos públicos y privados que contribuyen con sus capacidades instaladas en este componente de la infraestructura; sin embargo, hace falta muchos más laboratorios ya que se ha detectado deficiencia para la evaluación de algunos productos que se encuentran incluidos en los reglamentos técnicos vigentes.

Cada uno de los componentes de la infraestructura se relacionan unos con otros; por lo tanto, es necesario aplicarlos y gestionarlos con un sistema integrado, para lograr potenciar de mejor manera las fortalezas existentes y posicionar de mejor manera el Ecuador en el contexto internacional.

#### REFERENCIAS

Sanetra, C., y Marbán, R. (2007). Una infraestructura nacional de la Calidad.

#### CONFERENCISTA

**Elizabeth Guerra**, Ingeniera Química, Magister, Auditoría en Gestión de Calidad. Auditor calificado en Sistemas de Gestión de la Calidad.

Auditor calificado para certificación de productos. Instructor en los temas de Gestión de Calidad: Normas ISO 9000, Auditorías de sistemas de gestión, normas ISO 19011 y técnicas estadísticas.



# El Six Sigma en la industria ecuatoriana



Xavier Villarroel Duque (1)

(1) Área Industrial, Empresa Aglomerados Cotopaxi S.A, Lasso-Ecuador, xvillarroel@cotopaxi.com.ec

**PALABRAS CLAVE:** Six Sigma, variabilidad, ingeniería robusta, arreglo ortogonal, DMAIC.

Muchas empresas asignan importantes recursos económicos para capacitar a su personal en distintos temas, sin embargo, no todas llegan a medir el impacto económico que éstas han generado en la empresa, el resultado normalmente es: empleados con varios diplomas y empresas con las mismas oportunidades de mejora. Desde mi experiencia, lo más difícil en nuestras industrias es trasladar los conocimientos adquiridos en las capacitaciones o especializaciones en proyectos reales, es decir, nos cuesta pasar la teoría a la práctica.

Me permito compartir la experiencia que Aglomerados Cotopaxi S.A, empresa Maderera ecuatoriana tuvo para pasar de la teoría a la práctica, esto lo convirtió en pionera en el país en aplicar los conceptos de Six Sigma de la mano del Dr. Eduardo de Moura, especialista brasileño en esta metodología y de un grupo de trabajadores que se entrenaron para dicho efecto. Para que una empresa incursiones en Six Sigma es necesario capacitar a un equipo estratégico de personas líderes que apalanque esta decisión, entonces la certificación de especialistas Green Belt y Black Belt en metodología Six sigma es el primer paso. Estos especialistas adquieren conocimientos sobre herramientas de la calidad y la aplicación del DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), como columna vertebral del Six Sigma.

Seguidamente se forma la estructura de Proyectos en los que se definen el alcance, personas que participarán, recomendable que pertenezcan al área de influencia, especialista Black Belt Líder y de algunos Green Belt como apoyo, tiempo estimado de duración del proyecto. Seguir la metodología paso a paso asegura el éxito del proyecto:

- **Define/Definir:** Es la primera etapa del DMAIC, se define el tema a mejorar, se identifican características críticas de proceso y producto, así como parámetros de desempeño o indicadores que permitirán comparar un período base con uno mejorado.
- **Measure/Medir:** se mapea el proceso objeto del análisis, se validan los métodos de medición, se determinan la estabilidad y capacidad de proceso CP.
- **Analyze/Analizar:** tiene como objeto identificar las causas potenciales y priorizar las causas primarias o importantes.

- **Improve/Mejorar:** aquí se pone en manifiesto el ingenio del equipo y la funcionalidad de las herramientas de mejora como, por ejemplo: Ingeniería robusta, diseño de experimentos, Quickchangeover, etc. Si el proceso muestra ser estable y capaz, se pasa al último paso que es el **Control** que consiste en estandarizar todos los cambios realizados para conseguir repetitividad en el tiempo y asegurar los resultados. Alto impacto económico vs. baja inversión...

## REFERENCIAS

Qualiplus-Eduardo de Moura (2004). Folletos Certificación Six Sigma Green Belt. Quito.

Qualiplus-Eduardo de Moura (2005). Folletos Certificación Six Sigma Black Belt. Quito.

Humberto Gutiérrez Pulido-Román de la Vara Salazar (2004). Control Estadístico de la Calidad y seis sigmas. México: Editora McGRAW-HILL.

## CONFERENCISTA

**Xavier Villarroel Duque**, Ingeniero Electromecánico (ESPE), Magister en Gestión de la Calidad y Productividad (ESPE), Especialista Black Belt (USFQ), Auditor Interno ISO 9001- OSHAS 18001- ISO 14001, Auditor Interno SART, Facilitador interno. Vinculado con la empresa privada, 16 años de experiencia, más de 10 proyectos de mejoramiento con metodología Six Sigma y Lean Production.



# Factores de Éxito en la Gestión de Producción de la Empresa Royaltex S.A.



## Hernán Fabricio Espejo Viñán (1) (2)

(1) Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación, Universidad Tecnológica Indoamérica, Carrera de Ingeniería Industrial, Quito-Ecuador, hernanespejo@uti.edu.ec

(2) HERES Consultores, Quito-Ecuador, heres.ec@hotmail.com

**PALABRAS CLAVE:** Productividad, tiempos, métodos, control, objetivos.

Royaltex S.A., empresa ecuatoriana, inicia operaciones en diciembre de 1989, ofrece alternativas de vestimenta con el más alto valor en servicio, calidad, moda y precio, desde 1990, representa en Ecuador a la prestigiosa marca de jeanswear Lee®, cuenta con más de 400 colaboradores en constante capacitación para cumplir su misión y visión para satisfacer las necesidades de sus clientes, tiene tres líneas de negocios, la primera, uniformes empresariales y equipos de protección personal para la industria y comercio, la segunda, desarrollo de marca, como socios estratégicos de empresas destinadas a la comercialización de prendas de vestir, y la tercera, en la producción y comercialización a nivel nacional de prendas de la marca Lee®; la producción anual se visualiza en la figura 1.



Figura 1. Estructura productiva. (ROYALTEX S.A., 2018).

La estructura operativa de la empresa que se visualiza en la figura 2, demuestra el énfasis al desarrollo productivo con una adecuada optimización de los recursos, que se logra aplicando las herramientas de ingeniería industrial enfocada al logro de los objetivos.

Los factores claves para el éxito se resumen en:

- 1. **Reglas claras de juego:** la definición clara, alcanzable y medible de las metas a lograr considerando niveles adecuados de calidad y cantidad de los productos (Meyers Fred E, 2006), crea un ambiente propicio de trabajo de los equipos, consolidando la motivación y compromiso por las tareas asignadas.

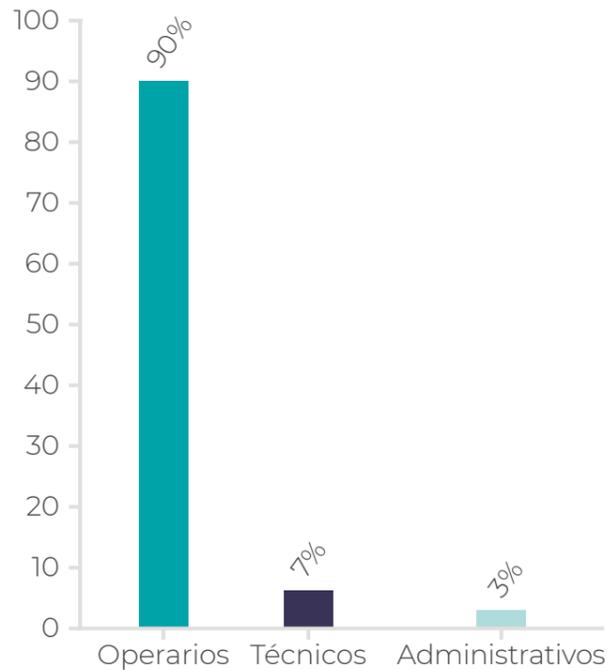


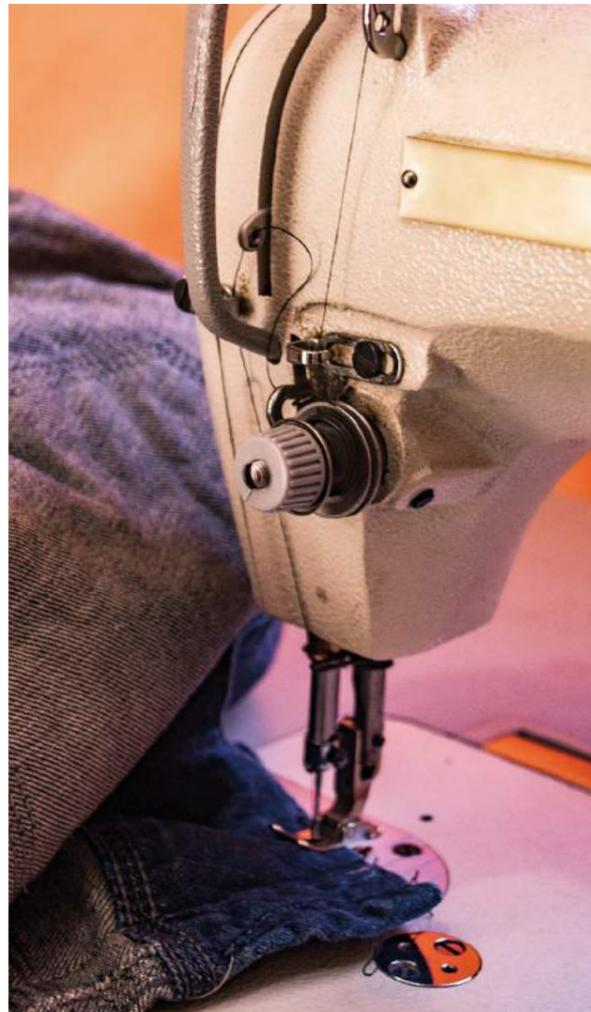
Figura 2. Estructura operativa.  
(ROYALTEX S.A., 2018).

- 2. **Tiempos estándar y estandarización de métodos:** en la figura 3, se muestra el empleo de tiempos estándar de producción, es el inicio del proceso de mejora continuo en las operaciones de la planta, la asignación de objetivos individuales y grupales es clara lo que encamina a la estandarización de los procesos, uniformidad de la calidad de los

productos y la consiguiente optimización de recursos. Esta herramienta permite planificar el mejoramiento de métodos para la reducción de los tiempos globales de producción de la planta.

- 3. **Capacitación continua:** este tema se torna prioritario con la finalidad de formalizar y mantener los cambios y nuevos métodos de trabajo implementados, soportar el crecimiento profesional y personal de los colaboradores, a más de crear compromisos duraderos entre la empresa y todos los que la conforman, el plan de capacitación está alineado a la estrategia empresarial.

En la página de al lado, **Figura 3. Tiempos estándar de una prenda.** (ROYALTEX S.A., 2018).



| OPERACIONES    |                 |  |                     |          |            |             |         |      |             |
|----------------|-----------------|--|---------------------|----------|------------|-------------|---------|------|-------------|
| Lote: 25342 L1 |                 | Hoja Ruta  | Ficha               | Diagrama | Lavados    | Resum       |         |      |             |
| Código Ficha   |                 | Prenda   |                     |          |            | Material    |         |      |             |
| L010012        |                 | ROYALTEX S.A., LEE PANTALÓN CLÁSICO MUJER M  |                     |          |            | PAULA BLACK |         |      |             |
| #Op.           |                 | T.P.   | MetHora             | Cantidad | Horas      |             |         |      |             |
| 29             |                 | 8043.0   | 108.17              | 500      | 4.62       |             |         |      |             |
| #              | Área            | DetOper  | Máquina             | Cant.    | Predecesor | SAM         | Min Nes | PT   | Cant. Horas |
| 1              | CF01<br>CO 3532 | Dobladillar RELOJERO   | Dobladi-lladora     | 1        | 0          | 0.06        | 6.89    | 0.10 | 894         |
| 2              | CF01<br>CO 237  | Pegar Relojero a vista Pegar relojero a un lado de vista                                 | 2 Aguja             | 1        | 1          | 0.16        | 17.19   | 0.24 | 359         |
| 3              | CF01<br>CO 3    | Pegar Vista en forro bolsillo Pegar VISTA a forro bolsillo                               | Recubri-dor a 3H    | 1        | 2          | 0.36        | 38.60   | 0.53 | 160         |
| 4              | CF01<br>CO 4    | Pegar Talla en forro bolsillo pegar TALLA en parte interna de vista LR                   | 1 Aguja             | 1        | 3          | 0.14        | 15.59   | 0.21 | 396         |
| 5              | CF01<br>CO 14   | Unir Tiras de sesgo boca bolsillo Unir TIRAS en los extremos para facilitar la operación | 1 Aguja             | 2        | 0          | 0.55        | 59.39   | 0.41 | 104         |
| 6              | CF01<br>CO 5    | Hacer Boca de bolsillo con sesgo Hacer BOCA DE BOLSILLOS con ayuda de folder             | 2 Aguja             | 1        | 5          | 0.82        | 88.69   | 1.22 | 70          |
| 7              | CF01<br>CO 6    | Estabilizar Vistas con delanteros Estabilizar Vistas 2 atraques en boca de bolsillo      | Atraca-dora         | 1        | 4,6        | 0.28        | 30.38   | 0.42 | 203         |
| 8              | CF01<br>CO 7    | Cerrar Forros de bolsillos Cerrar FORROS de bolsillos igualando los 2 forros             | Overlock 5 hilos    | 1        | 7          | 0.35        | 37.55   | 0.52 | 164         |
| 9              | CF01<br>CO 8    | Filetear Delantero LD Filetear DELANTERO con forro Sector de la bragueta                 | Overlock 3 hilos    | 1        | 8          | 0.12        | 12.95   | 0.18 | 476         |
| 10             | CF01<br>CO 10   | Filetear Aletilla y aletillón Filetear ALETILLA y ALETILLÓN en L                         | Overlock 3 hilos    | 1        | 0          | 0.20        | 21.49   | 0.30 | 287         |
| 11             | CF01<br>CO 11   | Preparar Cierres Preparar CIERRE pegamos a aletilla y aletillón                          | 2 Aguja             | 1        | 10         | 0.34        | 37.14   | 0.51 | 166         |
| 12             | CF01<br>CO 12   | Unir Delanteros con cierre Figurando J y unir TIRO DELANTERO                             | 2 Aguja             | 1        | 9,11       | 1.38        | 149.24  | 2.06 | 41          |
| 13             | CF01<br>CO 15   | Atracar Delantero  | Atraca-dora         | 1        | 12         | 0.12        | 13.44   | 0.19 | 459         |
| 14             | CF01<br>CO 13   | Cortar Cierre y señalar Cortar sobrante CIERRE y señalar                                 | Manual              | 1        | 13         | 0.33        | 36.12   | 0.50 | 171         |
| 15             | CF01<br>CO 266  | Hacer PINZAS en posteriores, respuntar y acentar el tiro                                 | 1 Aguja             | 0.8      | 0          | 0.98        | 106.22  | 1.83 | 58          |
| 16             | CF01<br>CO 3432 | Unir COTILLAS con ayuda de folder  | Cerrado-ra Plana 2A | 1.3      | 15         | 0.69        | 74.39   | 0.79 | 83          |

- **4. Soporte técnico:** de acuerdo a los datos proporcionados por (Secretaría técnica del sistema nacional de Cualificaciones profesionales, 2018), en el Ecuador hasta el año 2016 no se tienen escuelas acreditadas en la formación de mecánicos de confección, ni se tienen registradas personas certificadas como técnicos en el mantenimiento de máquinas y equipos para el mismo sector, por lo que una estrategia adecuada que permita garantizar el soporte técnico de la maquinaria utilizada, afianzará el desarrollo sostenido de la producción, en la figura 4 se identifican varias de las estrategias utilizadas por Royaltex S.A.

| ESTRATEGIA SOPORTE TÉCNICO                   |
|--|
| Contratación técnicos extranjeros            |
| Promoción interna                            |
| Capacitación interna                         |
| Capacitación básica a operadores de máquinas |

**Figura 4.** Estrategias para el Soporte técnico. (ROYALTEX S.A., 2018).

- **5. Actualización de máquinas/tecnología:** el desarrollo empresarial considera la renovación tecnológica, lo relevante de este punto es el adecuado análisis de los aspectos tecnológicos que se deben actualizar, considerando los temas mecánicos e informáticos del giro del negocio, como ejemplo en la figura 5 se muestra el descenso de la paralización de maquinaria luego del plan de renovación aplicado.
- **6. Información para toma de decisiones:** las actividades que se desarrollan diariamente en las empresas generan un importante volumen de información, los mismos que al ser procesados adecuadamente brindarán múltiples herramientas para la toma de acciones, la figura 6 muestra como ejemplo

que, en el período de estudio, de las 1600 operaciones de confección analizadas, en menos de 100 se concentran la mayor repetitividad de las actividades productivas.

Al combinar los factores de éxito, se logra mantener un crecimiento sostenido en cantidad y calidad de los productos, afianzando las relaciones comerciales con los clientes, manteniendo un adecuado clima laboral, y en el transcurso del tiempo, se visualizan nuevas oportunidades de mejora, que darán paso a nuevos factores de éxito en este cambiante mundo de la producción y productividad.

#### REFERENCIAS

Hillier Fredereck S., L. G. (2006). Introducción a la investigación de operaciones. México, DF: McGraw-Hill.

Meyers Fred E, S. M. (2006). Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación de México.

ROYALTEX S.A. (2018). Royaltex S.A. Recuperado el 2018, de <http://royaltex.com.ec/>

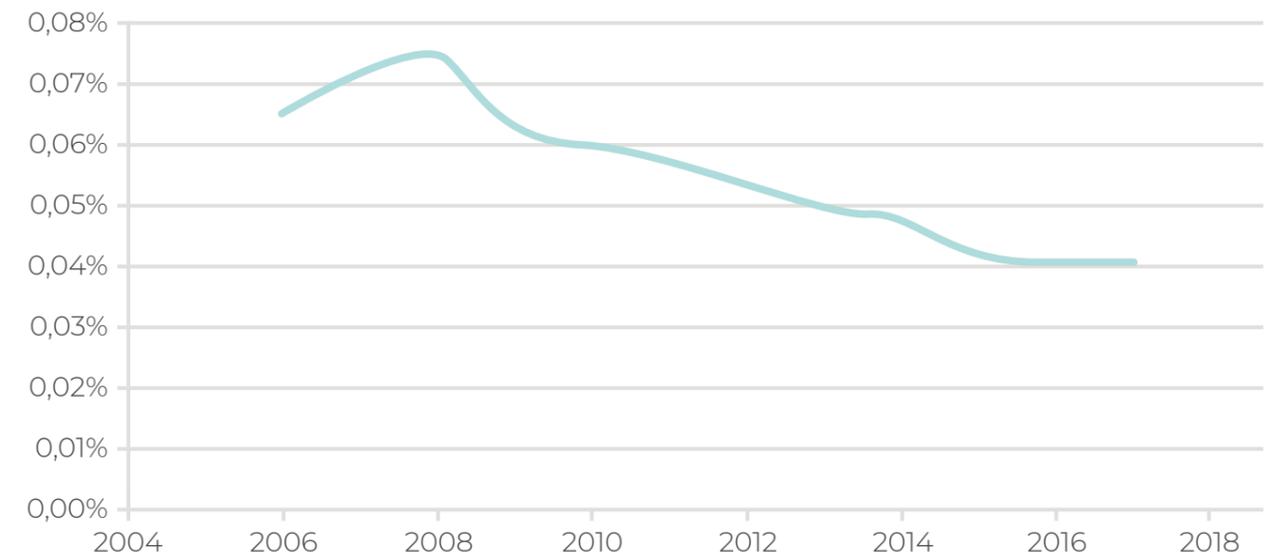
Rubinfeld, H. (2011). El Juego del trabajo. Pearson.

Secretaría técnica del sistema nacional de Cualificaciones profesionales. (2018). cualificaciones.gob.ec. Recuperado el 2018, de <http://www.cualificaciones.gob.ec/>

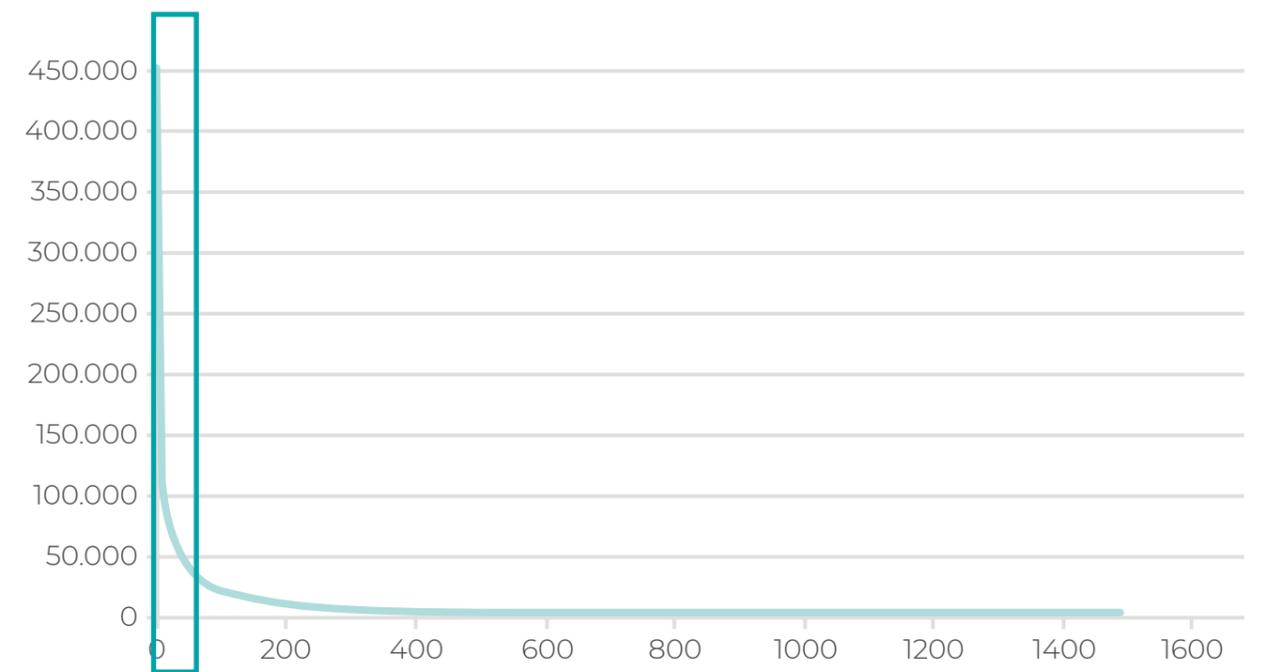
Sippner Daniel, B. R. (1998). Planeación y control de la producción. México D.F.: McGraw-Hill.

#### CONFERENCISTA

**Hernán Fabricio Espejo Viñán**, docente a tiempo completo de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Indoamérica, Consultor Sénior en HERES CONSULTORES, Investigaciones en Producción y Productividad, Magister en gestión de la producción Industrial, Ingeniero Químico.



**Figura 5.** Análisis paralizaciones maquinaria. Porcentaje de paralización. (ROYALTEX S.A., 2018).



**Figura 6.** Análisis de repetitividad de operaciones. (ROYALTEX S.A., 2018).

# **INVESTIGACIONES UNIVERSITARIAS**

# Análisis del Control de la Producción de Pollo Procesado para la Venta en la Empresa "AVITALSA"



Manolo Javier Paillacho Galarza (1), Alexis Suárez del Villar Labastida (2)

(1) Empresa "Avitalsa", Quito-Ecuador, javier\_galarza1993@hotmail.com

(2) Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación, Universidad Tecnológica Indoamérica, Carrera de Ingeniería Industrial, Quito-Ecuador, alexissuarezdelvillar@uti.edu.ec

## RESUMEN

La investigación, busca verificar la incidencia del procesamiento de pollo en la productividad, el problema se sustenta en retrasos constantes de pedidos, dificultad en estaciones, exceso de pago en horas extras debido al inadecuado control de actividades. La metodología de trabajo es teórica científica, el enfoque cuantitativo mediante índices de productividad, horas de trabajo, retrasos y tiempos de procesos. Se aplica el Análisis de la cadena de valor, entrevistas, cuestionarios mediante el panel de expertos, tiempos de procesos y la apreciación del investigador. Con esto muestra que la productividad presenta problemas como insuficiencia de bandejas para empaque de producto terminado, trabajadores con tareas muy específicas para agilizar el trabajo, el tiempo de procesamiento promedio de pollos es de 1h36min, existen mejoras a implantar como estructura de trabajo dinámica a través de trabajadores con puestos variables para adoptar diferentes habilidades, control de tiempos de comidas y ajuste del proceso de empackado.

**PALABRAS CLAVE:** Pollo procesado, proceso de empackado, pollos para venta, productividad, Avitalsa.

## ABSTRACT

The research seeks to verify the incidence of chicken processing on productivity; the problem is sustained by constant order delays, difficulty in stations, and overpayment in overtime due to inadequate control of activities. The methodology of work is scientific theory, the quantitative approach through indices of productivity, hours of work, delays and times of processes. The Analysis of the value chain, interviews, and questionnaires through the panel of experts, process times and the researcher's assessment are applied. This shows that productivity presents problems such as inadequate trays for finished product packaging, workers with very specific tasks to expedite work; the average processing time of chickens is 1h36min. There are improvements to be implemented as a dynamic work structure through of workers with variable positions to adopt different skills, control of meal times and adjustment of the packaging process

**KEYWORDS:** Processed chicken, packing process, chicken for sale, productivity, Avitalsa.

## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel global la industria avícola ha tenido una creciente participación en ventas, el avance tecnológico genera que existan plantas de procesamiento modernas para procesar pollos de forma tecnificada.

En el Ecuador el consumo de carne de pollo en los últimos 10 años (2006-2016) tiene un crecimiento del 53% conforme datos de la Asociación de Avicultura Ecuatoriana y la participación de este sector contribuye con el 5.8% del PIB Agropecuario (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2017).

Estadísticas de la Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador (Conave) muestra cálculos de población avícola en consumo per cápita en el año noventa que estimó en 7 [Kg/persona/año], y en el 2012 en 32 [Kg/persona/año], lo que equivale a un crecimiento del 360% en 22 años.

En el campo empresarial en el Ecuador se desconocen herramientas técnicas de dirección, organización y producción, por tal motivo el siguiente documento de investigación representa lineamientos para descubrir el problema del control de la producción de pollo procesado para la venta en la empresa Avitalsa y su incidencia en la productividad.

## 2. ANTECEDENTES

Dentro del país existen varias industrias de procesamiento alimenticio donde su principal objetivo es la mejora de la productividad, es por esto que se verifica investigaciones como:

De López, C. (2013). Universidad Politécnica Salesiana, investigación titulada "Análisis y propuesta de mejoramiento de la Producción en la Empresa Vitafama" se evalúa el análisis de procesos de producción mediante diagramas de flujo, permiten evidenciar cuellos de botella que existían en la empresa. La tesis es de enfoque cuantitativo de tipo explicativa y resuelve un

proceso de empaque que retrasaba los pedidos de sus clientes.

Según Amores, V. (2015). Universidad Técnica de Cotopaxi, investigación titulada "Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad de pollos eviscerados en la empresa H & N Ecuador ubicada en la panamericana norte sector Lasso para el periodo 2013-2015" se aprecia la recopilación de datos en los procesos de faenamiento, donde según la investigación se tenía un problema de reestructuración en las actividades que se desarrollan en la misma.

Del autor Montesdeoca, E. (2015). Universidad Técnica del Norte, investigación titulada "Estudio de Tiempos y Movimientos para la mejora de la Productividad en la empresa productos del día dedicada a la fabricación de balanceado avícola" hace un análisis profundo acerca de la estandarización de tiempo y su ahorro en la productividad, donde dice que realizando una estandarización de tiempos en esta empresa se ahorra aproximadamente 1 hora y 45 minutos de producción.

## 3. PROPUESTA/DESARROLLO

### 3.1. Diagnóstico

La industria alimenticia es una de las más grandes del país y una de las más competitivas, es por ello, que no tener un buen control de procesos como tiempos, exceso de pago de horas extras, etc. en la empresa Avitalsa disminuye la oportunidad de continuar en el mercado, y provocaría un déficit de ingresos y desempleo de varias personas.

### 3.2. Población y muestra

Para esta investigación se utilizará personas que tengan conocimientos en las líneas productivas, además que posean buena experiencia en la Empresa Avitalsa, laborando en puestos sensibles del proceso de producción (tabla 1).

| Nº | PUESTO                               |
|----|--------------------------------------|
| 1  | Jefe de Planta "Avitalsa"            |
| 2  | Supervisor de Calidad "Avitalsa"     |
| 3  | Supervisor de Producción "Avitalsa"  |
| 4  | Supervisor de Faenamiento "Avitalsa" |

**Tabla 1.** Población y muestra. **Fuente:** Avitalsa. **Elaborado por:** Investigador.

### 3.3. Producto o servicio

El producto final que la empresa Avitalsa ofrece al mercado es en diversidad de aves como son: pavos y pollos, esta investigación fue limitada a pollos procesados por lo cual se muestra en la figura 1, el mismo, es presentado bajo un estricto control de calidad, adecuado empaquetado y cumpliendo con la normativa legal establecida.



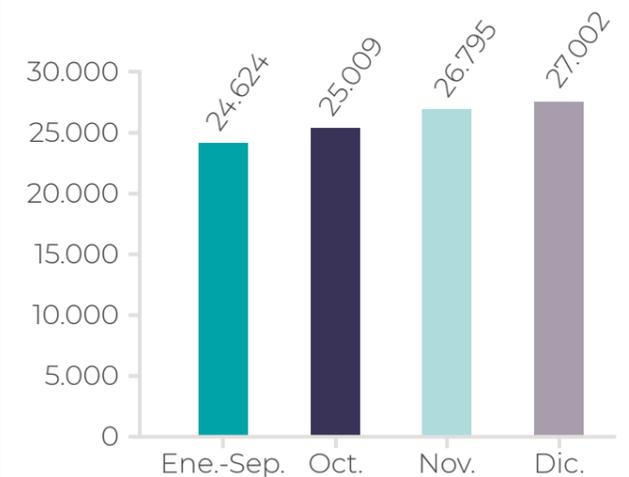
**Figura 1.** Pollo andino entero.

### 3.4. Propuesta de solución

Plan de mejora para el control de la producción de pollo procesado en Avitalsa con orientación en el incremento de la productividad.

## 4. RESULTADOS

Finalmente se analiza el comportamiento de la productividad de la empresa en base a las mejoras realizadas e implementadas (figura 2), comparando con los primeros datos hasta el momento actual.



**Figura 2.** Número de aves procesadas.

## 5. CONCLUSIONES

Mediante el análisis de control de procesamiento de pollos y con desarrollo organizado de las etapas principales en Avitalsa se logra aumentar el procesamiento diario de pollos a 27.000 desde 24.600 que se lograban antes de la implementación de actividades de mejora en las estaciones de refrigeración, despacho, recepción de materia prima y empaque.

Con la reestructuración del sistema productivo de procesamiento de pollos se logra mejorar la productividad desde 77% inicial hasta el 83% actual optimizando recursos e insumos para ser una planta más competitiva.

Mediante la implementación de mejoras y con la evaluación económica desarrollada de manera detallada se tiene un VAN de recuperación de 20868.32 USD y una TIR de 31.14%, representado altos indicadores financieros en Avitalsa para el procesamiento de pollos.

## 6. REFERENCIAS

Abad, F. (2014). Elaboración de un sistema de predicción de producción de pollos. Volumen especial, paginas 427-430.

Aiken, L. (2013). Evaluaciones de tiempos y movimientos productivos. México: Pearson Education.

Amores, V. (2013). Universidad Técnica de Cotopaxi. Tesis "Estudio de tiempos y movimientos para mejorar la productividad de pollos eviscerados en la empresa H & N Ecuador ubicada en la panamericana norte sector Lasso para el periodo 2011-2013".

Ato, M., Benavente, A. y López, J. (2016). Análisis científico comparativo de observadores. Editorial Psicothema, paginas 638 - 645.

Badi, M., Castillo, J. (2013). Uso de un método de pronóstico en investigación. Técnicas Cuantitativas en la Investigación. Pp. 137-155. Monterrey, México.

Barbero, M. (2014). Gestión de la producción. Barcelona, España: Editorial Masson.

Belchí, J. (2016). Propiedades métricas de un sistema productivo. Páginas 61-73.

<http://www.mypearsonshop.com.mx/mexico/catalogo/planificacion-control-produccion-chapman-1ed-ebook1>

Código Sanitario de los Animales Terrestres de la Organización Mundial de Sanidad Animal. (2017). Producción animal para consumo humano.

Hernández, R. Fernández, B. (2013). Enfoque cuantitativo de investigación. México: McGraw Hill. Quinta Edición.

Hontangas, P. (2017). La frontera productiva del siglo XXI. (p.p. 183-216.)

ISO 22000. (2015). Norma ISO 22000 requisitos para un sistema de gestión de calidad de producción alimenticia.

Jimmerson, C., (2015). Cadena de valor y mapeo de procesos. Nueva York, Estados Unidos.

## 7. AUTORES

**Manolo Javier Paillacho Galarza**, Ingeniero Industrial. Experiencia Laboral: Mecánica Industrial "La esperanza"; Empresa MyM Refrigeraciones; Empresa Avitalsa. Trabajo Actual: Empresa "Avitalsa".

**Alexis Suárez del Villar Labastida**, Máster e Ingeniero en Ingeniería Industrial, publicaciones realizadas: Sistema global de control de la calidad. Componentes y Aplicaciones, Despliegue de la Función Calidad en el Desarrollo de Software". ISBN: 978-959-257-123-5 y Las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación en la Formación Profesional". ISBN 959-257-002-2.



# Análisis del proceso de pintura y su incidencia en la productividad aplicado a una planta ensambladora de vehículos



Roberto Alpala Morales (1), Jacqueline Villacís Guerrero (2)

(1) Departamento de Manufactura, General Motors Ómnibus BB, Quito-Ecuador, fernando.alpala@gm.com

(2) Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación, Universidad Tecnológica Indoamérica, Carrera de Ingeniería Industrial, Quito-Ecuador, jacquelinevillacis@uti.edu.ec

## RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en una planta ensambladora de vehículos de la ciudad de Quito, específicamente en el área de pintura debido a problemas de Producto no Conforme que ocasionan pérdidas de producción afectando la productividad del área.

El objetivo de la investigación es analizar el proceso del área pintura con el fin de encontrar los subprocesos con restricción, que impiden satisfacer la demanda de vehículos requeridos por el cliente, teniendo que incluir en el patrón master de producción horas extras para satisfacer la demanda requerida.

Para lograr el objetivo se aplicaron los 5 puntos de la metodología TOC (Teoría de Restricciones), identificando el subproceso con restricción y mediante técnicas de manufactura esbelta mejorar la eficiencia del subproceso aumentando el Throughput y productividad de la planta.

**PALABRAS CLAVE:** Eficiencia de los procesos, diagrama de flujo del proceso, estudio del proceso, cuello de botella, productividad, procesos productivos.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out in an assembly plant of vehicles of the city of Quito, specifically in the area of painting due to problems of Nonconforming Product that cause losses of production affecting the productivity of the area.

The objective of the research is to analyze the process of the painting area in order to find the sub processes with restriction, which prevent to satisfy the demand of vehicles required by the client, having to include in the master production pattern overtime to satisfy the required demand.

To achieve the objective, the 5 points of the TOC methodology (Restriction Theory) were applied, identifying the sub-process with restriction and using lean manufacturing techniques to improve the efficiency of the sub process, increasing Throughput and productivity of the plant.

**KEYWORDS:** Efficiency of processes, process flow diagram, process study, bottleneck, productivity, production processes.

### 1. INTRODUCCIÓN

El problema de la identificación de desperdicios en los procesos productivos en una fábrica de manufactura, se convierte, en un objetivo complicado de resolver, puesto que es difícil identificarlos a simple vista en las estaciones de trabajo. Ante esto surge la necesidad de enfocar esfuerzos a la búsqueda de soluciones efectivas para los problemas que se presentan para que los procesos sean más eficientes y productivos, de esto va a depender el éxito de las actividades productivas que se lleven a cabo dentro de una fábrica de manufactura.

Uno de los inconvenientes que más se presenta en un proceso productivo, es cuando se presentan recursos comportándose como cuellos de botella que impiden el flujo continuo de producción identificando todos los desperdicios que están presentes en los procesos. El propósito de este estudio es centrar el análisis en la identificación de desperdicios en aspectos como: la gestión basada en la estandarización que identifica y elimina rápidamente los desperdicios, y donde el progreso es alcanzado a través de la sumatoria de pequeñas mejoras, las cuales pueden ser analizadas y corregidas para llegar a tener procesos productivos más eficientes.

Una adecuada gestión de identificación y eliminación de desperdicios es provechosa cuando contribuye al desenvolvimiento eficiente de los procesos productivos.

### 2. PROPUESTA/DESARROLLO

Mejora del subproceso “lijado elpo” diagnosticado con restricción, del área de pintura de la ensambladora de vehículos.

#### 2.1. Diagnóstico

El subproceso de “lijado elpo”, diagnosticado con restricción en el sistema de producción, está incrementando los tiempos de espera y reduciendo la productividad, lo cual genera un

aumento en el costo final del producto, afectando al Throughput.

#### 2.2. Población y muestra

Los datos obtenidos, para la identificación del cuello de botella, representan 7 subprocesos productivos del área de pintura, donde se obtiene la muestra aplicando la herramienta de Diagrama de Pareto, identificando el 20% de las causas que generan el 80% de las pérdidas.

#### 2.3. Producto o servicio

La fábrica manufacturera GM OBB, es una planta de ensamblaje automotriz ecuatoriana, con sede en el Distrito Metropolitano en la ciudad de Quito. Actualmente, es la planta de ensamblaje y producción de automóviles más grande del Ecuador y, en sus instalaciones se llevan a cabo procesos de ingeniería, soldadura, pintura, ensamble y controles de calidad, supervisados por General Motors directamente.



Figura 1. Planta ensambladora GM OBB.

#### 2.4. Propuesta de solución

En la planta de pintura de la ensambladora de vehículos, la finalidad de este análisis es identificar las restricciones que le impiden satisfacer la demanda requerida por el cliente, para lograr el objetivo se identificaron opciones de mejora basándose en la Teoría de las Restricciones (TOC) y del involucramiento de otras herramientas propias de la Ingeniería Indus-

trial, obteniendo una mejoría significativa en el nivel de producción y productividad del área.

#### 2.5. Otros

Utilización de metodología TOC y análisis de gerenciamiento por Takt Time.

### 3. RESULTADOS

De acuerdo a los datos obtenidos se observa que el subproceso de lijado elpo tiene una demanda de 112 unidades con una disponibilidad operacional de 93.01% y su tiempo fuera de lí-

nea es de 7.0%, la velocidad ideal de operación es de 246 segundos procesando 14,6 unidades por hora y la velocidad real de operación es 229 segundos procesando 15.7 unidades por hora dando una sobre velocidad del 7.5% con un Sigma CT del 91.7% y un valor agregado de 80% teniendo una mejora en productividad de 0.27 HPU a 0.26 HPU.

### 4. CONCLUSIONES

Aplicando el proceso de mejora continua TOC se identificó el subproceso con restricción “lijado elpo”, este subproceso tenía un indicador

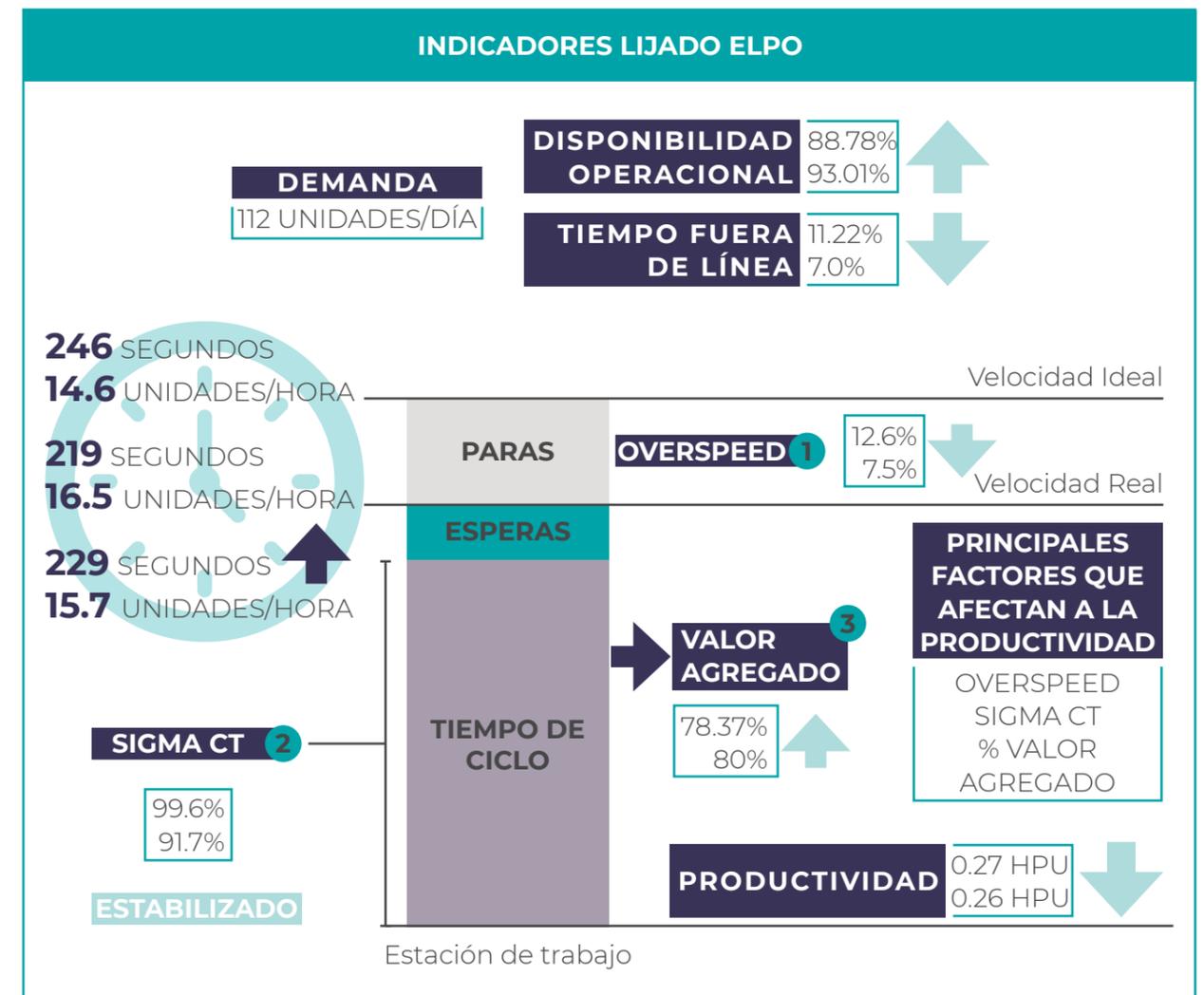


Figura 2. Mejora indicadores subproceso lijado elpo.

de productividad de 0.27 HPU, dando uso de herramientas de Ingeniería Industrial e implementando mejoras, este subproceso mejoró su productividad a 0.26 HPU.

La combinación de teorías como análisis TOC y técnicas de manufactura esbelta es factible para el desarrollo de proyectos de mejora continua en los procesos productivos de la planta ensambladora de vehículos, debido a que se identifican claramente los desperdicios y poder encontrar soluciones para eliminarlos o mitigarlos.

Con la implementación del procedimiento de operación y las mejoras realizadas en el subproceso “lijado elpo” se obtuvo un incremento de producción de 14.7 unidades/hora a 15.1 unidades/hora.

Con la mejora en el subproceso de lijado elpo se obtiene una reducción de costos de \$21470,40 por trimestre, los mismos que corresponden al costo por minuto perdido.

## 5. REFERENCIAS

Chain, (2014). Retos en Supply chain.

Curillo Curillo, (2014). Análisis y propuesta de mejoramiento de la productividad de la fábrica artesanal de hornos industriales FACOPA.

Dávila Seijas, (2008). Desarrollo del plan de acción de control de procesos de la planta de pintura área piezas plásticas en gmv.

Flores, (2009). Optimización de la producción, en el proceso de mezclado de la línea de caucho, en la empresa plasticaucho industrial S.A.

García Cortés & Saavedra García, (2006). Propuesta para aplicar la teoría de restricciones, en la empresa: ingeniería del frío de hidalgo S.A.

Guzman & Salvatore, (2009). Mejoramiento de los procesos de manufactura de la planta de

pintura de GM-OBB mediante la metodología Six Sigma.

Peláez Castillo, (2009). Desarrollo de una Metodología para Mejorar la Productividad del Proceso de Fabricación de Puertas de Madera.

Pisco Ríos, (2006). Análisis y Planteamiento de Mejoras de una Planta de Producción de Materiales de Aceros Laminados Aplicando Teoría de las Restricciones (TOC).

Universidad Tecnológica Indoamérica, (2011). Políticas y líneas de investigación de la Universidad Tecnológica Indoamérica.30.

## 6. AUTORES

Ing. Industrial **Roberto Fernando Alpala Morales**. Profesional con experiencia en el Control y gestión de la producción, Mejora continua de los procesos, Análisis de Productividad y Supervisión de normas de Seguridad y Ergonomía. En la actualidad se desempeña como Controlador de Procesos y Asistente de Producción.

**Jacqueline Villacís Guerrero**, Ingeniera Química y Máster en Sistemas de Gestión de Calidad UCE (Ecuador). Diplomado en Gestión Económica Medioambiental y de Recursos Naturales, Universidad de Alcalá de Henares (España). Docente universitaria, con experiencia en el sector hidrocarburífero. Asesora-Consultora en temas de Calidad y Normativa en varias empresas del país.

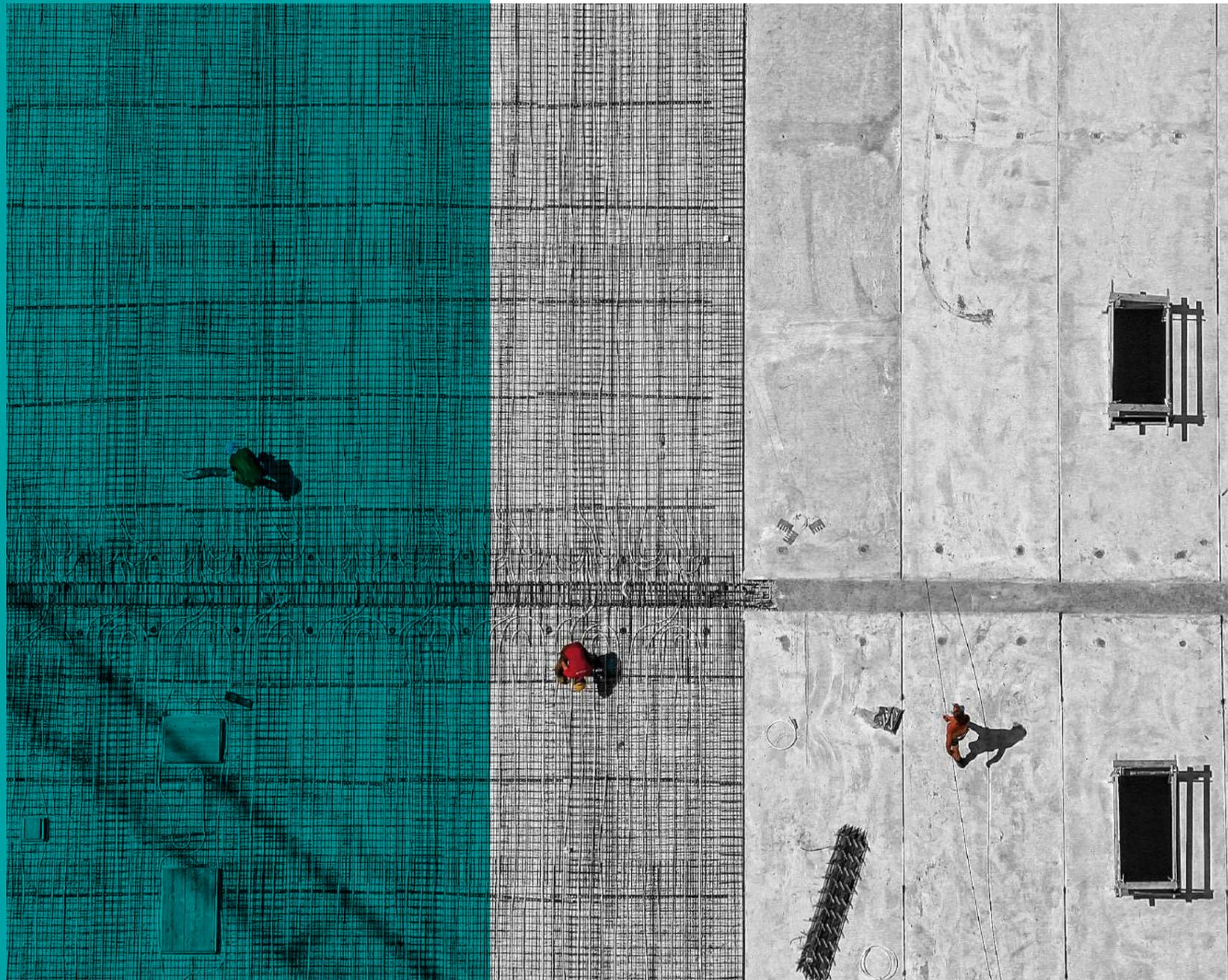


# Análisis del Proceso de Producción de Láminas Asfálticas y la Influencia en los Defectos de Calidad de Producto en la Empresa Imptek “Chova del Ecuador”

Jaime Rodrigo Noroña Torres (1), Jacqueline Villacís Guerrero (2)

(1) Departamento de Producción, Imptek-Chova, Quito-Ecuador

(2) Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación, Universidad Tecnológica Indoamérica, Carrera de Ingeniería Industrial, Quito-Ecuador, jacquelinevillacis@uti.edu.ec



## RESUMEN

El proyecto de investigación se realiza para la empresa Imptek “Chova del Ecuador”, el cual se enfoca en analizar la cantidad de láminas asfálticas consideradas como producto no conforme y los defectos por los cuales este se genera.

Con la identificación de los defectos se realiza una cuantificación económica que representa cada uno de los defectos, de la misma manera se realiza un análisis para definir los defectos que se generan en mayor cantidad, de esta manera utilizando un Análisis de Pareto se identifican los defectos más críticos sobre los cuales se buscará una solución para reducirlos o eliminarlos.

Con el análisis realizado se identifica que los defectos más críticos se relacionan con el deficiente sistema de control de temperatura instalado en las líneas de fabricación, para los cuales se diseña la propuesta enfocada en controlar automáticamente el sistema de calentamiento de las líneas productivas, y evaluar los resultados.

**PALABRAS CLAVE:** Defecto, producto, lámina, temperatura.

## ABSTRACT

The investigation project is carried out for the company Imptek "Chova del Ecuador", which focuses on analyzing the quantity of asphalt sheets considered as a non-conforming product and the defects for which it is generated.

With the identification of the defects an economic quantification that represents each one of the defects is made, in the same way an analysis is carried out to define the defects that are generated in greater quantity, in this way using a Pareto Analysis, the defects are identified more critical on which a solution will be sought to reduce or eliminate them.

With the enhanced analysis it is identified that the most critical defects are related to the deficient temperature control system installed in the manufacturing lines, for which the proposal is designed focused on automatically controlling the heating system of the production lines, and evaluating the results.

**KEYWORDS:** Defect, Product, Sheet, Temperature.

## 1. INTRODUCCIÓN

Imptek-Chova del Ecuador, empresa productora y comercializadora de productos para la construcción presente en el mercado por más de 30 años, en busca de incrementar su volumen de producción realiza la instalación de dos nuevas líneas de fabricación de láminas asfálticas en su nueva planta industrial, posterior a la instalación y acondicionamiento a los nuevos sistemas y procesos de fabricación se genera un aumento considerable en la cantidad de producto no conforme y desperdicios generados en las líneas de fabricación generando costos que asume la compañía y afectando la rentabilidad de los productos.

En base a esta problemática se realiza la evaluación del volumen de producto no conforme y el análisis económico que estos generan, con la finalidad de identificar los defectos de calidad críticos o recurrentes presentados en un determinado periodo de tiempo, una vez que los mismos se encuentren identificados se realiza el análisis del proceso de producción para determinar las causas o partes del proceso en las cuales se generan los defectos de calidad del producto, con la identificación de los defectos críticos o recurrentes se determina la oportunidad de mejora que se propone implementar para reducir o eliminar los defectos identificados.

El objetivo principal, es buscar y proponer una solución eficaz para reducir la cantidad de producto no conforme y desperdicio que se generan en las líneas de laminación asfáltica de la empresa Imptek-Chova del Ecuador y los costos que estos representan; posterior a la implementación, se evaluarán los resultados obtenidos con la solución propuesta.

## 2. DESARROLLO

### Láminas asfálticas

Las láminas son productos prefabricados, cuya base impermeabilizante es de tipo bituminoso

de asfalto modificado y reforzadas con armaduras sintéticas, que sirven para solucionar en forma eficiente la impermeabilidad de una superficie (Jácome, 2010).

Las propiedades que presenta el betún modificado, lo hacen un material idóneo para impermeabilizar una superficie por sus cualidades de repelente al agua, flexibilidad y durabilidad; esto se debe a que sus propiedades se mantienen por largos periodos de tiempo, llegando a tener una vida útil entre 25 y 30 años (Jácome, 2010).

Las láminas asfálticas fabricadas por Imptek-Chova del Ecuador, tiene en su composición betún de asfalto modificado con polímeros de la familia SBS (Estireno-Butadieno-Estireno), y reforzadas con armaduras sintéticas, las mismas que pueden ser auto protegidas o sin protección según la aplicación de cada material.

### Especificaciones de las láminas asfálticas

Las especificaciones de las láminas asfálticas que se fabrican en Imptek-Chova del Ecuador vienen dadas por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2063-2005 Segunda Revisión, entre las principales especificaciones se detallan:

- Apariencia de la lámina
- Ancho
- Longitud
- Espesor
- Peso
- Estabilidad dimensional

### Defectos de Calidad

De acuerdo a la International Organization for Standardization [ISO] (2005), se considera defecto relacionado con el producto al "Incumplimiento de una característica asociado a un uso previsto o especificado".

Es decir, se define al defecto como una no conformidad de las características o requisitos del producto que puede provocar la no satisfacción del cliente.

### Producto no conforme

Producto no conforme se considera a todo producto que no cumple con los requisitos y especificaciones técnicas determinadas o que presentan defectos, por lo cual este producto no puede ser utilizado para los fines que fue fabricado.

### Índice de producto no conforme

El índice de producto no conforme es un indicador de gestión en cual evalúa el rendimiento del proceso productivo en referente a la cantidad de unidades defectuosas producidas en un lote de producción.

Para Imptek-Chova del Ecuador, el índice de producto no conforme, está definido por la siguiente ecuación:

$$\%PNC = \frac{\text{Unidades defectuosas}}{\text{Unidades producidas}} \times 100\% \quad (1)$$

Imptek-Chova del Ecuador, en su cuadro de mando integral, establece que el índice de producto no conforme (PNC) máximo permitido es de 0.14%.

### 2.1. Población y Muestra

El análisis de los defectos de calidad y producto no conforme, se realiza con los datos históricos obtenidos del periodo enero - diciembre 2015, considerando cantidad de producto fabricado y la cantidad de producto no conforme reportado como se detalla a continuación.

- **Población**-Para esta investigación se considera como población a un total de 269929.02 m<sup>2</sup> de lámina asfáltica en diferentes productos y 28154 unidades de cortes de bandas

producidas en la empresa Imptek-Chova del Ecuador, dentro del periodo enero-diciembre 2015, los mismos se toman de varios lotes de producción que han llegado a presentar algún tipo de defecto de calidad en el producto.

- **Muestra**-Para esta investigación se considera como muestra a todo el producto no conforme generado en las líneas de fabricación de la empresa Imptek-Chova del Ecuador a lo largo del periodo enero-diciembre 2015, los mismos que representan un total de 5183.9 m<sup>2</sup> de lámina asfáltica y 2070 unidades de cortes de bandas reportados como producto no conforme.

## 2.2. Análisis de Información

### Recolección de Información

Para esta investigación se recopila los datos históricos del periodo enero - diciembre 2015 registrados en la bitácora de PNC (Producto no Conforme) de la empresa Imptek-Chova del Ecuador, donde se encuentra reportada toda la información referente al producto no conforme generado en las líneas de fabricación.

Una vez revisada la información obtenida de la bitácora de PNC de la empresa Imptek-Chova del Ecuador, se puede identificar un total de 69 registros de producto no conforme correspondientes a los productos elaborados en las líneas de laminación N° 1 y 2 de la empresa, de los cuales se puede identificar los siguientes defectos.

- Rollos con bajo peso, espesor fuera de especificación
- Rollos con arrugas
- Rollos sin mástico
- Rollos con pepas
- Rollos sin grano

- Rotura a lo largo del rollo
- Longitud fuera de especificación
- Rollo sin traslape
- Polietileno quemado
- Ancho fuera de especificación
- Gelificación de polímero
- Gránulo contaminado
- Traslape quemado

De los registros encontrados, se puede identificar 13 tipos de defectos, los mismos que

fueron identificados en varios lotes de producción, con esta información se realizará el análisis correspondiente de esta investigación.

Análisis y valoración de defectos generados

El análisis de los defectos generados inicia con la cuantificación de la cantidad de producto defectuoso tanto en los productos reportados por m<sup>2</sup> y los productos que se reportan por unidades fabricadas, esta cuantificación se la realiza analizando la cantidad de PNC reportada en cada uno de los 12 periodos (enero-diciembre 2015), clasificándolos por tipo de defecto, como se muestra en las siguientes tablas.

Con los datos presentados en las tablas anteriores, se puede determinar que la mayor can-

| DEFECTO   | PERIODO |     |    |    |     |     |     |     |     |    |    |     | TOTAL ANUAL |
|---|---------|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-------------|
|   | 01      | 02  | 03 | 04 | 05  | 06  | 07  | 08  | 09  | 10 | 11 | 12  |             |
| Rollos con bajo peso, espesor fuera de especificación | 662,4   | 170 | 10 | 0  | 150 | 0   | 170 | 0   | 110 | 0  | 90 | 0   | 1362,4      |
| Rollos con arrugas                                    | 90      | 20  | 0  | 0  | 0   | 120 | 700 | 0   | 0   | 0  | 0  | 0   | 930         |
| Rollos sin mástico                                    | 40      | 30  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0   | 70          |
| Rollos con pepas                                      | 110,8   | 100 | 0  | 0  | 0   | 30  | 0   | 160 | 0   | 40 | 0  | 0   | 440,8       |
| Rollos sin grano                                      | 100     | 120 | 20 | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0   | 240         |
| Rotura a lo largo del rollo                           | 10,2    | 0   | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0   | 10,2        |
| Longitud fuera de especificación                      | 30      | 0   | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0   | 30          |
| Rollos sin traslape                                   | 85,5    | 0   | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0   | 85,5        |
| Polietileno quemado                                   | 0       | 70  | 0  | 0  | 0   | 465 | 405 | 315 | 260 | 0  | 0  | 180 | 1695        |
| Ancho fuera de especificación                         | 0       | 0   | 0  | 0  | 210 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 60 | 0   | 270         |
| Gelificación de polímero                              | 0       | 0   | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0   | 0           |
| Gránulo contaminado                                   | 0       | 0   | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 20  | 0  | 0  | 0   | 20          |
| Traslape quemado                                      | 0       | 0   | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 30  | 0  | 0  | 0   | 30          |

Tabla 1. Cantidad de PNC generado por periodo en m<sup>2</sup>.

tividad de defectos se presentan en los rollos con polietileno quemado (1695 m<sup>2</sup>), rollos que presentan bajo peso, espesor fuera de especificación (1362.4 m<sup>2</sup>), y en los productos que se contabilizan por unidades producidas aparece el defecto gelificación de polímero que se presenta en un periodo específico con una cantidad considerable (1938 un).

Así también se analiza la repetitividad que tienen cada uno de los defectos durante el periodo 2015, como se muestra en la figura 1 (siguiente página).

Se puede apreciar, que el defecto que tiene mayor repetitividad durante los 12 periodos del 2015, son los rollos con bajo peso y espesor fuera de especificación.

#### Análisis de Costo por Defecto

Con la ayuda de la información obtenida, se realiza la valoración económica, que representa cada uno de los defectos encontrados, para esto se considera la tarifa o costo de fabricación proporcionado por Imptek-Chova de Ecuador, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3 (siguiente página).

Como se muestra en la tabla, el costo de la mala calidad generado por defectos es de \$ 24.261,19, este costo es directamente asumido por la empresa y afecta a la rentabilidad final de la compañía.

| DEFECTO   | PERIODO |    |    |      |    |    |    |    |    |    |    |    | TOTAL ANUAL |
|---|---------|----|----|------|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|
|   | 01      | 02 | 03 | 04   | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 |             |
| Rollos con bajo peso, espesor fuera de especificación | 1       | 43 | 0  | 0    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 44          |
| Rollos con arrugas                                    | 0       | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | 0  | 0  | 10 | 0  | 0  | 0  | 10          |
| Rollos sin mástico                                    | 5       | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 5           |
| Rollos con pepas                                      | 0       | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 15 | 15          |
| Rollos sin grano                                      | 0       | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0           |
| Rotura a lo largo del rollo                           | 0       | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0           |
| Longitud fuera de especificación                      | 0       | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0           |
| Rollos sin traslape                                   | 0       | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0           |
| Polietileno quemado                                   | 0       | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0           |
| Ancho fuera de especificación                         | 0       | 0  | 0  | 6    | 0  | 17 | 18 | 0  | 17 | 0  | 0  | 0  | 58          |
| Gelificación de polímero                              | 0       | 0  | 0  | 1938 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1938        |
| Gránulo contaminado                                   | 0       | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0           |
| Traslape quemado                                      | 0       | 0  | 0  | 0    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0           |

Tabla 2. Cantidad de PNC generado por periodo en unidades. Fuente: Imptek. Elaborado por: El autor.

Identificación de Defectos Críticos

Con la información obtenida en las tablas anteriores, se procede a identificar los defectos que se van a considerar como críticos, los mismos que posteriormente serán analizados para determinar el punto o la fuente que los genera en el proceso productivo.

Para esta determinación de defectos críticos, se aplica la técnica de Pareto considerando dos tipos de análisis:

- Análisis por **número de repeticiones.**
- Análisis por **costos de la mala calidad.**

Los diagramas de estos análisis se muestran en la siguiente página en la Figura 2 y Figura 3.

Se realiza el análisis de los diagramas de Pareto, de los cuales se puede determinar lo siguiente:

Defectos críticos por número de repeticiones:

- Rollos con bajo peso, espesor fuera de especificación
- Rollos con pepas
- Ancho fuera de especificación
- Polietileno quemado
- Rollos con arrugas
- Rollos sin traslape

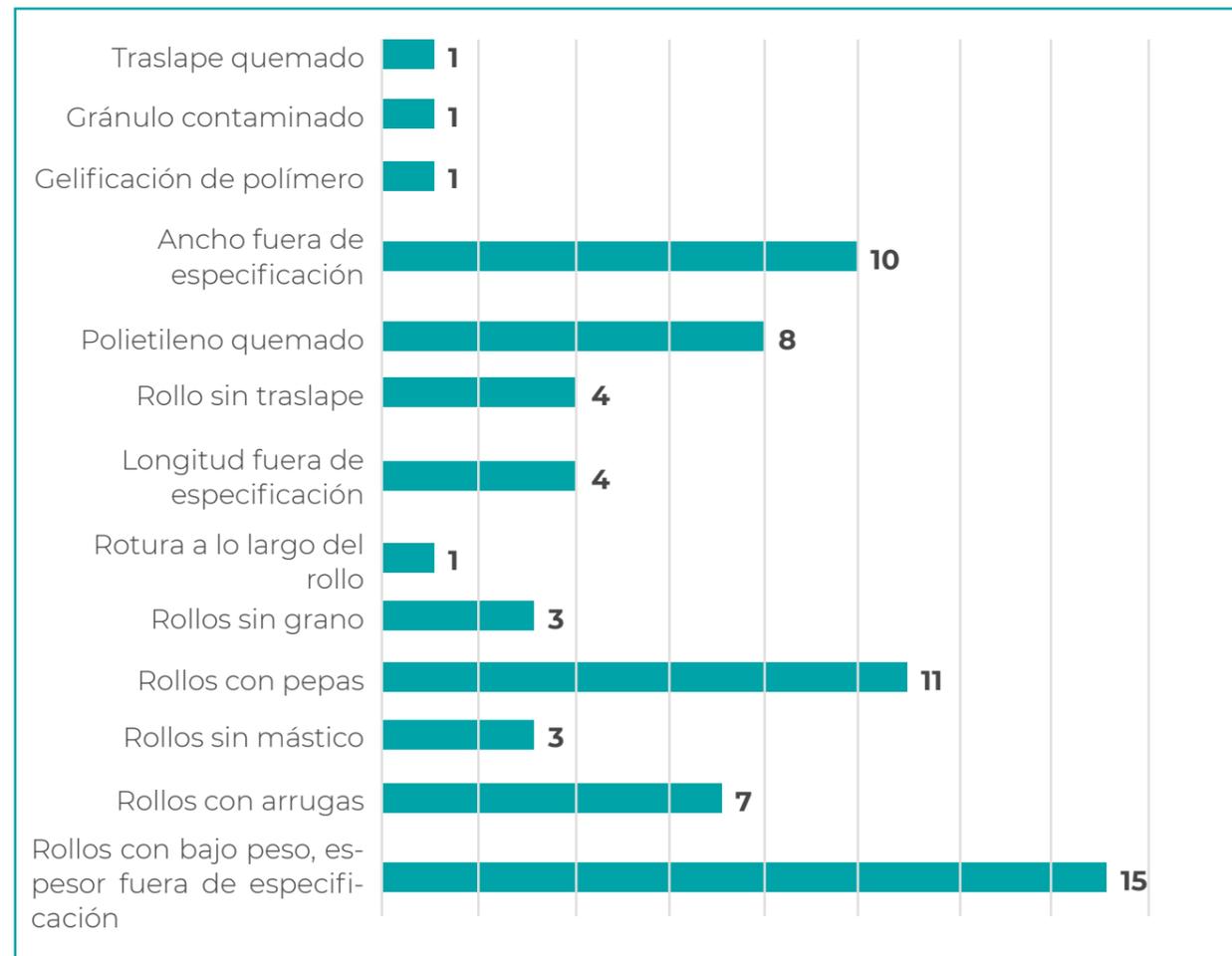


Figura 1. Repetitividad de defectos.

Defectos críticos por costo de la mala calidad:

- Gelificación de polímero
- Rollos con bajo peso, espesor fuera de especificación
- Polietileno quemado

De los defectos identificados se puede observar que dos de ellos se repiten en los dos análisis realizados, y uno de ellos tiene una mayor afectación económica para la empresa, por lo cual se decide realizar el análisis de la generación de los siguientes defectos.

- Gelificación de polímero

- Rollos con bajo peso, espesor fuera de especificación
- Polietileno quemado

Análisis de Defectos

Gelificación de Polímero

Imptek-Chova del Ecuador, utiliza para la elaboración de sus productos polímeros de tipo SBS (estireno-Butadieno-Estireno), los cuales soportan una temperatura máxima de trabajo entre 180°C y 210°C (Coyopolt y Salinas, 2006).

Una vez que este supera dicha temperatura, el polímero se degrada e inicia el proceso de gelificación, es decir aparecen masas de polí-

| Defecto   | Costo PNC x m <sup>2</sup> | Costo PNC x Unidad | Total x Defecto     |
|---|----------------------------|--------------------|---------------------|
| Rollos con bajo peso, espesor fuera de especificación | \$ 3.838,51                | \$ 141,24          | \$ 3.979,75         |
| Rollos con arrugas                                    | \$ 2.326,30                | \$ 32,10           | \$ 2.358,40         |
| Rollos sin mástico                                    | \$ 199,90                  | \$ 16,05           | \$ 215,95           |
| Rollos con pepas                                      | \$ 1.123,81                | \$ 48,15           | \$ 1.171,96         |
| Rollos sin grano                                      | \$ 646,88                  | \$ -               | \$ 646,88           |
| Rotura a lo largo del rollo                           | \$ 23,96                   | \$ -               | \$ 23,96            |
| Longitud fuera de especificación                      | \$ 70,47                   | \$ -               | \$ 70,47            |
| Rollos sin traslape                                   | \$ 219,74                  | \$ -               | \$ 219,74           |
| Polietileno quemado                                   | \$ 2.945,60                | \$ -               | \$ 2.945,60         |
| Ancho fuera de especificación                         | \$ 518,40                  | \$ 145,08          | \$ 663,48           |
| Gelificación de polímero                              | \$ -                       | \$ 11.821,80       | \$ 11.821,80        |
| Gránulo contaminado                                   | \$ 51,40                   | \$ -               | \$ 51,40            |
| Traslape quemado                                      | \$ 91,80                   | \$ -               | \$ 91,80            |
|   |                            | <b>Total</b>       | <b>\$ 24.261,19</b> |

Tabla 3. Costos de la mala calidad generados por tipo de defecto durante el 2015.

mero en forma de gel suspendidos en la mezcla asfáltica, este material degradado contamina el producto en el proceso de producción.

La principal fuente de generación de mezcla con polímero gelificado se presenta al momento de realizar el precalentamiento de las líneas de transporte de mástico a las líneas de producción, durante este proceso no existe la forma de controlar o verificar la temperatura a la que se expone el mástico asfáltico residual dentro de la tubería, esto genera que este se sobrecaliente y degrade el polímero contenido y la posterior contaminación del producto.



Figura 4. Polímero gelificado.



Figura 5. Polímero gelificado en tuberías.

Con el objetivo de evitar la contaminación del producto final, se realiza una evacuación de este material gelificado, mismo que genera un desperdicio adicional para la empresa, mismo que debe tener un tratamiento adecuado de este desperdicio, en la siguiente tabla se muestra el costo que representa para la empresa la generación y el tratamiento de este desperdicio adicional.

Este costo también tiene que ser asumido por la compañía, mismo que también afecta a la rentabilidad y productividad de la empresa.

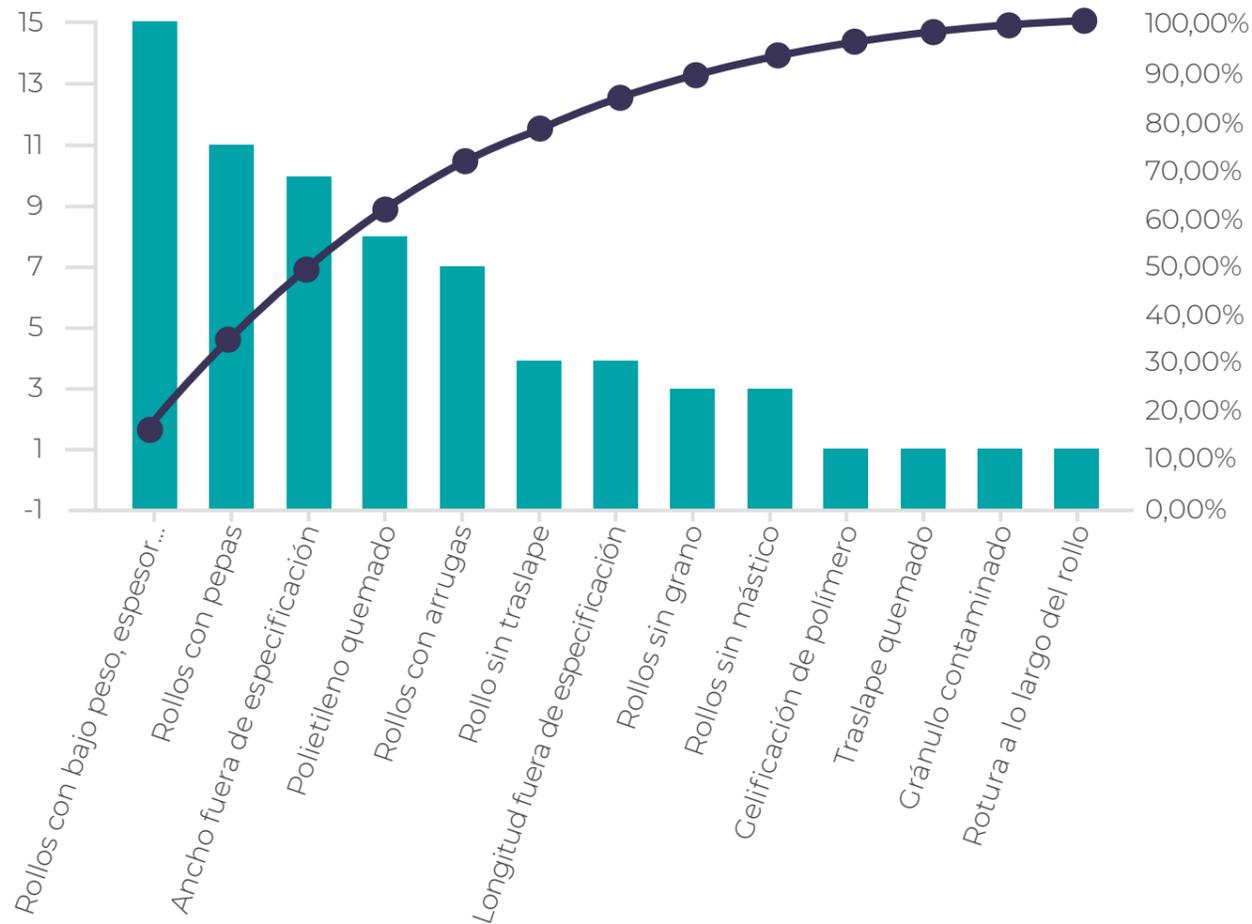


Figura 2. Diagrama de Pareto basado en la repetitividad de los defectos.

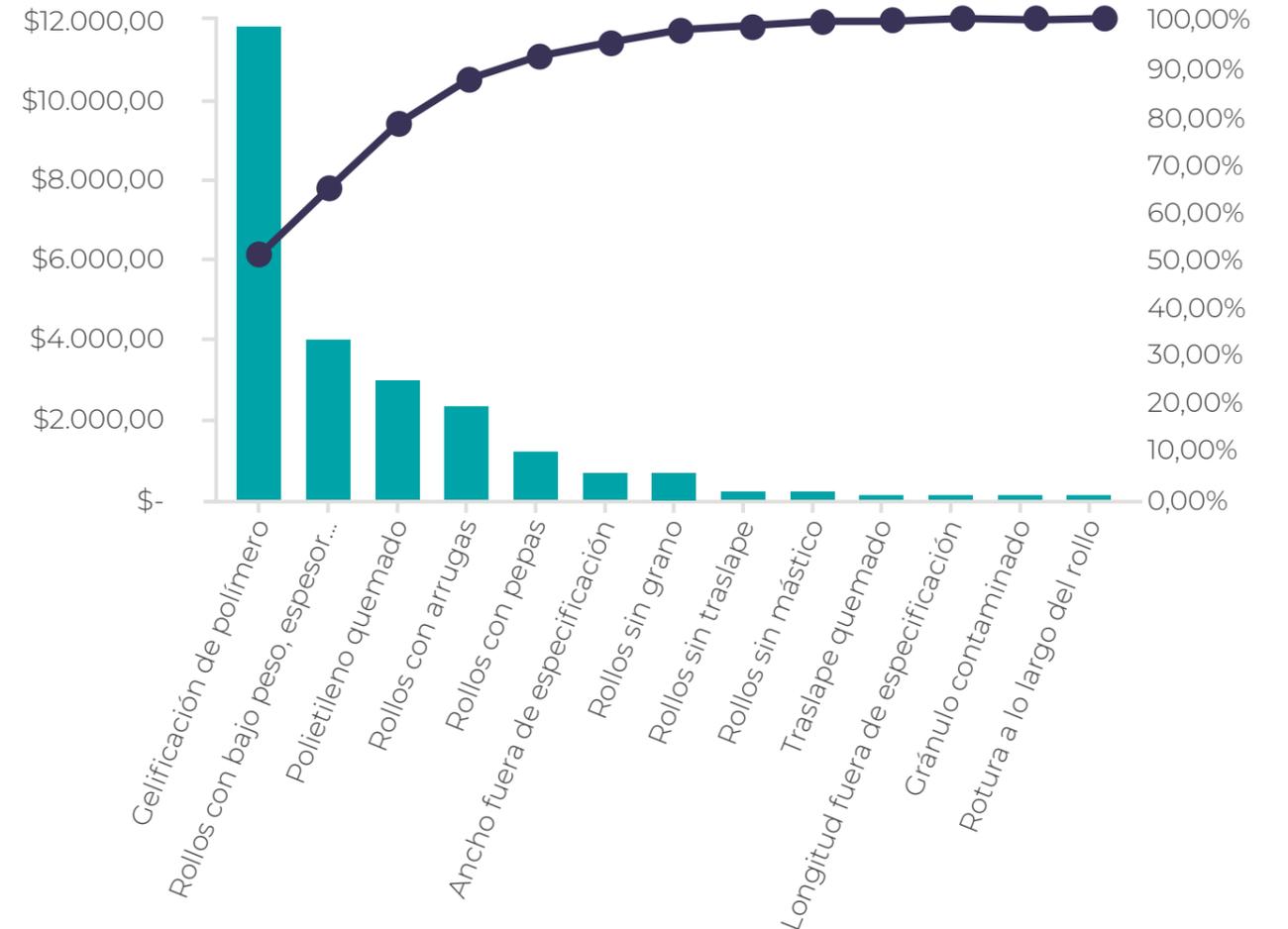


Figura 3. Diagrama de Pareto basado en el costo de la mala calidad.

| Detalle                                      | Cantidad KG | Valor unitario | Valor total        |
|--|-------------|----------------|--------------------|
| Generación desperdicio de asfalto sólido     | 1920,50     | \$ 1,33        | \$ 2.554,27        |
| Tratamiento de desperdicio de asfalto sólido | 1920,50     | \$ 0,90        | \$ 1.728,45        |
|  |             | <b>Total</b>   | <b>\$ 4.282,72</b> |

**Tabla 4.** Costo total anual para desperdicios de asfalto sólido.

Rollos con bajo peso y espesor fuera de especificación

Para que este tipo de defecto se presente durante el proceso productivo existen dos posibles causas:

- **Falla en la calibración** inicial de la máquina.
- **Temperatura excesiva** en el mástico asfáltico.

A continuación, se va a analizar cada uno de ellos.

Falla en la calibración inicial de la máquina

Previo al arranque de la maquinaria, el operario responsable de la fabricación del producto realiza la calibración inicial del equipo, este proceso se ejecuta manualmente con el uso de un calibrador galgas, con la ayuda de este equipo el operario compara la separación de los rodillos de calibración de las líneas de laminación, los mismos que definen el espesor de la lámina asfáltica durante la fabricación.



**Figura 6.** Calibración inicial de los rodillos.

La calibración inicial de la máquina al ser un proceso manual queda sujeta al criterio del operario, y al ajuste que éste quiera dar entre las galgas y los rodillos, esto puede generar que la calibración sea errónea y afecte a la calidad del producto.

Temperatura excesiva del mástico asfáltico

Cuando la temperatura del mástico asfáltico es demasiado elevada, también puede afectar al espesor y peso de la lámina, debido a que la viscosidad de la mezcla asfáltica disminuye y esta fluye con mayor facilidad por los rodillos de calibración de las máquinas laminadoras, por tal razón, este material se vuelve difícil de controlar durante el proceso productivo.

El efecto de disminución en la viscosidad del mástico afecta cuando este es arrastrado por el polietileno o armadura (dependiendo el producto que se esté fabricando), y no ocupa su lugar para la formación de la lámina disminuyendo el espesor de la misma, cuando esto se genera puede apreciar en el producto final cuando este presenta desbordes de mástico por los extremos de la lámina asfáltica.

En la figura 7 podemos observar las láminas desbordadas.

Polietileno quemado

Cuando la temperatura del mástico es demasiado elevada también puede generar la quemadura del polietileno durante el proceso de producción como se ve en la figura 8.



**Figura 7.** Láminas desbordadas.



**Figura 8.** Láminas con polietileno quemado.

En algunos casos, es necesario suspender la producción debido a que la temperatura es demasiado elevada y ésta ya no solo genera la quemadura del polietileno o desbordes de lámina, si no que genera la rotura total de la lámina y la contaminación de los rodillos de laminación, generando paros no programados en el proceso productivo.



**Figura 9.** Rodillos contaminados por rotura de polietileno.

De acuerdo al análisis realizado de la generación de defectos, el factor común que interviene en la generación de los mismos es la temperatura elevada o que no puede ser controlada de una forma adecuada, por esta razón se diseña una propuesta para solucionar esta problemática.

### 2.3. Resultados del Análisis

De acuerdo al análisis realizado de la generación de los defectos el factor común que interviene en la generación de los mismos es la temperatura elevada o que no puede ser controlada de una forma adecuada, por esta razón se diseña una propuesta para solucionar esta problemática.

### 2.4. Solución Propuesta

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de los defectos, se determina que la prin-

principal fuente para la generación de defectos es la elevada temperatura y la falta de un control adecuado de la misma en los procesos de fabricación, por esta razón se elabora la siguiente propuesta para corregir estos problemas.

*“Rediseño y automatización del sistema de calentamiento para tanques y tuberías en el área de laminación de la empresa Imptek-Chova del Ecuador para reducir la cantidad de producto no conforme”*

Desarrollo de la propuesta

Parámetros de diseño

El sistema se diseña para trabajar con un caldero de aceite térmico marca Pirobloc, el mismo que tiene las siguientes características, mismas que serán usadas como base para el dimensionamiento del sistema.

| PARÁMETRO                     | UNIDAD            | VALOR          |
|-------------------------------|-------------------|----------------|
| Fluido de trabajo             | ---               | Aceite Térmico |
| Caudal de seguridad           | m <sup>3</sup> /h | 65             |
| Caudal nominal                | m <sup>3</sup> /h | 85             |
| Presión máxima de trabajo     | Bar               | 8              |
| Presión nominal de trabajo    | bar               | 4              |
| Temperatura máxima de trabajo | °C                | 300            |

**Tabla 5.** Parámetros de diseño del sistema.  
**Fuente:** Ficha técnica Caldero Pirobloc.

Para el diseño del sistema, se considera el uso de válvulas de 2 vías para control de aceite térmico, tomando en cuenta los diámetros correspondientes a utilizar en cada punto de control del sistema.

#### Identificación de Circuito del Sistema

Con la ayuda de un análisis previo, se determina que el sistema instalado en la empresa tiene varios problemas referentes a mezcla de circuitos de calentamiento, y de acuerdo a las condiciones y requerimientos del proceso se determina los siguientes circuitos que comprenderán el sistema de calentamiento.

- Tanque mezclador N°1
- Tanque mezclador N°2
- Tanque mezclador N°3
- Tanque pre mezclador N°1
- Tanque pre mezclador N°2
- Línea de recirculación asfalto polimerizado
- Línea de despacho asfalto polimerizado
- Succión bomba de mástico Línea de laminación N° 1
- Succión bomba de mástico Línea de laminación N° 2
- Línea de despacho Línea de laminación N° 1
- Línea de despacho Línea de laminación N° 2

En el diseño del sistema se considera además una válvula para control de presión del sistema de aceite térmico, esto debido al uso de válvulas de 2 vías para los circuitos de calentamiento, ya que este tipo de sistema, puede generar descompensación o sobrepresión en las líneas principales de aceite térmico y afectando al funcionamiento normal del caldero.

Dimensionamiento y selección de válvulas de control

Para realizar la selección adecuada de la válvula que se encargará de realizar el control ade-

cuado del sistema automático de calentamiento, se toma en consideración las condiciones de funcionamiento del sistema, entre otros. Para determinar la válvula de control adecuada para el funcionamiento del sistema se realiza la selección de los siguientes parámetros constructivos y de funcionamiento del equipo.

- Selección del cuerpo de la válvula (parte externa de la válvula).
- Selección del porcentaje de fuga (Seat Leakage).
- Selección de material para componentes internos (Trim Material).
- Selección de tipo de sellos para la válvula.
- Selección del tipo de control de flujo de la válvula.
- Dimensionamiento de la válvula (cálculo coeficiente de caudal de la válvula).
- Selección del tipo de actuador.

De acuerdo a la selección adecuada de los parámetros antes detallados se determinan que la siguiente válvula es la adecuada para el funcionamiento del sistema y considerando además costo, y disponibilidad del equipo.



**Figura 10.** Imagen referencial válvula de control RKT 5214.

| PARÁMETRO                            | DETALLE                           |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Marca                                | RKT                               |
| Procedencia                          | Alemania                          |
| Modelo                               | MV5214                            |
| Material del cuerpo de la válvula    | Acero inoxidable GX5CrNiMo19-11-2 |
| Trim Material (Componentes internos) | Acero inoxidable 1.4122           |
| Seat Leakage (% de fuga)             | Clase IV (<0.01% KVS)             |
| Sellos de la válvula                 | Grafito Max 530°                  |
| Tipo de control de flujo             | Iso porcentual                    |
| Coeficiente de flujo Válvulas 1"     | Kv = 9.2                          |
| Coeficiente de flujo Válvulas 2"     | Kv = 37                           |
| Coeficiente de flujo Válvulas 3"     | Kv = 95                           |
| Tipo de actuador                     | Eléctrico 220 V AC                |

**Tabla 6.** Datos técnicos de válvulas seleccionadas.  
**Fuente:** Manual válvulas de control RKT Serie 5200-7010.

Tipo de Control de temperatura

Para este sistema se ha determinado que el tipo de control adecuado para el funcionamiento del sistema es un control de temperatura tipo PID (Control Proporcional-Integral-Derivativo), el principio de funcionamiento de este tipo de control, es evaluar el error de la señal de referencia (set point), es decir el nivel de temperatura al que se desea llegar, y la señal de salida es decir la variable que deseamos controlar, para este caso la temperatura del sistema, de tal manera que la variación que exista entre estas dos variables sea cero la mayor parte del tiempo, el esquema de funcionamiento de este tipo de control se detalla en la siguiente figura.

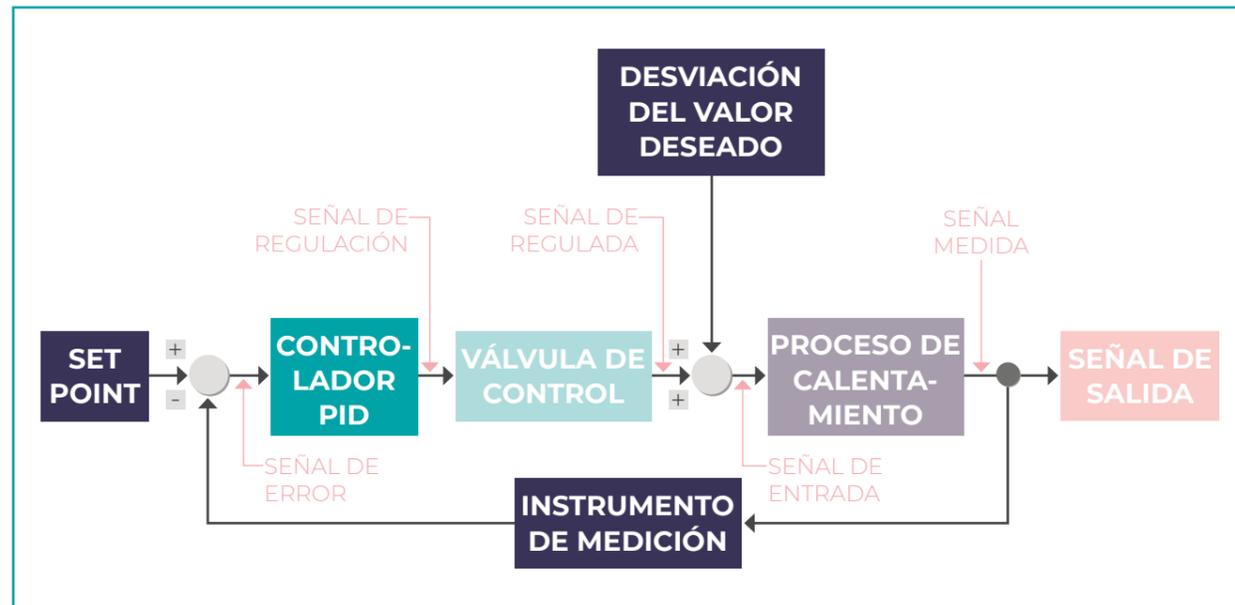


Figura 11. Funcionamiento control PID para sistema de calentamiento.

Componentes adicionales del sistema

Para el funcionamiento adecuado del sistema automático de calentamiento, se consideran los siguientes componentes necesarios para la medición, control y monitoreo del sistema.

- PLC para control del sistema marca WAGO.
- HMI para interfaz gráfica marca Brainchild.
- Sensores de Temperatura tipo PT100 de 6" de largo y 14" de diámetro.
- Medidor digital de presión marca IFM modelo PG 2454, este se instala en el sistema con un sifón para nanómetro (cola de chanco).



Figura 12. Componentes adicionales del sistema.

Presupuesto

Para la implementación de este sistema, se elabora el presupuesto referencial en el cual se consideran todos los costos referentes al sistema, el mismo se lo muestra en la siguiente tabla.

| RUBRO                                 | VALOR               |
|---------------------------------------|---------------------|
| Instrumentación Industrial            | \$ 1.573,78         |
| Sistema de control automático         | \$ 12.692,24        |
| Válvulas de control y actuadores      | \$ 43.775,25        |
| Instalación tubería de aceite térmico | \$ 5.509,40         |
| Instalación de aislamiento térmico    | \$ 4.222,83         |
| Mano de obra                          | \$ 1.860,00         |
| <b>Subtotal</b>                       | <b>\$ 69.633,50</b> |
| Imprevistos 10%                       | \$ 6.963,35         |
| <b>Total</b>                          | <b>\$ 76.596,85</b> |

Tabla 7. Presupuesto proyecto calentamiento automático.

El presupuesto presentado en la tabla anterior considera la implementación integral del proyecto.

| PARÁMETRO                               | COSTO               | BENEFICIO ESPERADO | COSTO ESPERADO      |
|---|---------------------|--------------------|---------------------|
| Índice de PNC inicial 9,07%             | \$ 24.261,19        | Reducir al 0,95%   | \$ 21.720,05        |
| Costo por desperdicio de asfalto sólido | \$ 4.282,72         | Reducir al 100%    | \$ 4.282,72         |
| <b>TOTAL</b>                            | <b>\$ 28.543,91</b> | <b>TOTAL</b>       | <b>\$ 26.002,77</b> |

Tabla 8. Beneficio estimado por reducción de costos de PNC y desperdicios.

2.5. Resultados esperados

Los resultados esperados con la implementación de este sistema se muestran en la tabla 8.

2.6. Implementación de la propuesta

Con la propuesta presentada a la empresa Imp-tek-Chova del Ecuador, se toma la decisión de realizar la implementación del sistema en dos etapas definidas de la siguiente manera.

- **Primera etapa** - Sistema de control automático para tuberías de transporte de mástico, que generan mayores problemas en el proceso de producción.
- **Segunda etapa** - Implementación del sistema de control automático para tanques mezcladores y pre mezcladores.

A partir del mes de julio del 2017 se inicia con la compra de los elementos necesarios para la instalación del sistema en la primera etapa, que comprende todas las modificaciones en circuitos de aceite térmico y la automatización del sistema de calentamiento de las tuberías de transporte de mástico.

Con la compra de los equipos se inicia con la instalación del sistema bajo el diseño entregado, la implementación cuenta con las siguientes etapas:

- Compra de equipos.
- Modificación de circuitos de aceite térmico.
- Instalación de válvulas automáticas.
- Programación del sistema automático.
- Parametrización de válvulas automáticas y control PID.
- Pruebas de funcionamiento.
- Estabilización del sistema implementado.
- Evaluación de resultados obtenidos.

### 3. RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez que el sistema se encuentra instalado y ha transcurrido el tiempo de estabilización del sistema se puede iniciar con el análisis de los defectos que se presentan durante el primer semestre del año 2018, se realiza el análisis de defectos y se obtiene los datos mostrados en la Tabla 9 y Tabla 10.

Como se puede ver en las tablas anteriores, en lo que va del año 2018 no se registran los defectos:

- Gelificación de polímero.
- Rollos con bajo peso, espesor fuera de especificación.
- Polietileno quemado.

Se encuentra una cantidad de 196 m<sup>2</sup> de lámina con peso fuera de especificación, pero se detalla que este se genera por mala calibración de la máquina, generado por la mano de obra.

### 4. CONCLUSIONES

4.1. De la investigación:

De acuerdo a los resultados obtenidos se identifican tres tipos de defectos más comunes o que afectan mayormente a la compañía, estos son:

- La gelificación de polímero.
- Bajo peso, espesor fuera de especificación.
- Polietileno quemado.

El producto no conforme generado por defectos de calidad en el área de laminación, repre-



Figura 13. Implementación del sistema.

| TIPO DE DEFECTO  | CANTIDAD EN M <sup>2</sup> |
|--|----------------------------|
| <b>Línea 1</b>   |                            |
| Ingreso de agua en la lámina                                     | 115                        |
| Lamina con línea longitudinal                                    | 180                        |
| Lámina manchada  | 370                        |
| Mezcla contaminada con residuos de asfalto reseco de los tanques | 135                        |
| Peso fuera de especificación por mala calibración                | 196                        |
| <b>Línea 2</b>   |                            |
| Peso fuera de especificación por mala calibración                | 90                         |
| <b>Total general</b>   | <b>1086</b>                |

Tabla 9. Cantidad PNC 2018 por defecto en m<sup>2</sup>.

| TIPO DE DEFECTO                    | CANTIDAD EN un |
|------------------------------------|----------------|
| <b>Cortes</b>                      |                |
| Ancho fuera de especificaciones    | 10             |
| Corte quemado                      | 8              |
| Toil oxidado                       | 227            |
| Mástico desbordado por limitadores | 17             |
| <b>Total general</b>               | <b>262</b>     |

Tabla 10. Cantidad PNC 2018 por defecto en un.

sentan un costo de \$ 24261.19 en el año 2015, este costo es asumido directamente por la compañía reduciendo la rentabilidad del producto final.

De acuerdo al estudio se define que factor principal para la generación de defectos es la elevada temperatura del mástico asfáltico, se define al control de esta variable como el punto en el cual se debe mejorar el proceso de producción, con el objetivo de reducir la cantidad de producto no conforme y los costos que estos generan.

#### 4.2. Conclusiones de la implementación

Con la implementación del sistema se define que la solución presentada para la reducción de defectos es efectiva, ya que no se encuentran registros de los defectos analizados en el que va del año 2018.

Con la implementación del sistema se controlan a más de los defectos analizados, defectos que no se consideraron como críticos, pero que también se generan por elevadas temperaturas en el proceso, como el traslape quemado entre otros.

La solución ha sido efectiva solo con la implementación de la primera etapa de la propuesta.

## 5. REFERENCIAS

Jácome, S., (2010), Manual de impermeabilización, Sangolquí, Ecuador: Chova del Ecuador.

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2063-2005, Productos derivados del petróleo. Láminas de betún modificado con elastómeros, Requisitos. Quito, Ecuador 14 de febrero del 2005.

Coyopolt, R & Salinas M., (2006). Ventajas y Desventajas del Uso de Polimeros en el Asfalto, Universidad de las Américas Puebla.

International Organization for Standardization [ISO], (2005), Sistemas de gestión de la calidad-Fundamentos y vocabulario. Ginebra, Suiza.

Noroña, J. (2017), Análisis del Proceso de Producción de Láminas Asfálticas y la Influencia en los Defectos de Calidad de Producto en la Empresa Imptek “Chova del Ecuador”.

## 6. AUTORES

Ing. Ind. **Jaime R. Noroña T.** Profesional con experiencia en actividades de coordinación y planificación de mantenimiento de plantas industriales y planificación y gestión de procesos productivos. En la empresa Imptek-Chova del Ecuador se desempeña como Jefe de Producción, encargado de la planificación y gestión de las líneas de fabricación de la empresa.

Ing. **Jacqueline Villacís Guerrero** Mgs. Ingeniera Química y Máster en Sistemas de Gestión de Calidad UCE (Ecuador). Diplomado en Gestión Económica Medioambiental y de Recursos Naturales, Universidad de Alcalá de Henares (España). Docente universitaria, con experiencia en el sector hidrocarbúrico. Asesora-Consultora en temas de Calidad y Normativa en varias empresas del país.



# Análisis del proceso de corte por plasma en planchas de acero en la empresa ATU, Artículos de Acero S.A., y su incidencia en la productividad



Marco Paredes (1), Wilson Chancusig (2)

(1) Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación, Estudiante Universidad Tecnológica Indoamérica, Carrera de Ingeniería Industrial, Quito-Ecuador, marcus-pb@hotmail.com

(2) Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación, Docente Universidad Tecnológica Indoamérica, Carrera de Ingeniería Industrial, Quito-Ecuador, wilsonchancusig@uti.edu.ec.

## RESUMEN

La presente investigación se enfoca al análisis del proceso de corte por plasma en planchas de acero negro ASTM A 36 de 6 mm de espesor, de la empresa ATU Artículos de acero S.A. realizando el reconocimiento de todas las actividades que intervienen dentro del proceso productivo para determinar el grado de incidencia que afecta el desarrollo del producto final. Diseñar un sistema electromecánico semiautomático para corte por plasma, para el proceso de corte de planchas de acero de la empresa ATU Artículos de acero S.A. considerando que el mismo debe enfocarse en satisfacer los requerimientos dimensionales relacionados a los productos que fabrica la empresa. Mediante la metodología de la investigación de campo se realizó la toma de datos del proceso de corte por plasma, con la finalidad de recopilar información la cual permitió realizar un estudio estadístico para poder evaluar el grado de correlación existente entre la variable independiente (proceso de corte plasma), y la variable dependiente (la productividad). El estudio estadístico realizado permitió verificar la hipótesis, de acuerdo a los datos obtenidos se confirmó que mientras mayor es el diámetro de los discos producidos, la productividad descende, esto hace que de igual forma aumenten las fallas ya que el proceso manual que actualmente aplica la empresa no es el más adecuado, debido a que el corte por plasma demanda un alto grado de precisión. De esta manera se pudo concluir que la mejor opción es el diseño y posterior implementación de un sistema electromecánico que permita desplazar la boquilla de corte por plasma con un alto grado de precisión, optimizando las capacidades del equipo de corte, reduciendo de manera considerable el costo de consumibles y finalmente elevar la productividad a un 117% tomando como referencia los discos más grandes que son de 900 mm de diámetro mediante el uso adecuado de los recursos con los que actualmente cuenta la empresa.

**PALABRAS CLAVE:** Productividad, discos, plasma, recursos, consumibles.

## ABSTRACT

The present investigation focuses on the analysis of the plasma cutting process on black steel plates ASTM A 36 of 6 mm thickness, from the company ATU Steel Articles S.A. realizing the recognition of all the activities that intervene in the productive process to determine the degree of incidence that affects the development of the final product. Design a semiautomatic electromechanical system for plasma cutting, for the steel plate cutting process of the company ATU Steel articles S.A. considering that it must

focus on satisfying the dimensional requirements related to the products manufactured by the company. Using the methodology of the field research, the data was taken from the plasma cutting process in order to collect information which allowed a statistical study to evaluate the degree of correlation between the independent variable (plasma cutting process) and the dependent variable (productivity). The statistical study made it possible to verify the hypothesis, according to the data obtained it was confirmed that the larger the diameter of the discs produced, the productivity decreases, this causes the failures to increase as the manual process that currently applies the company is not the most suitable, because plasma cutting demands a high degree of precision. In this way it was possible to conclude that the best option is the design and subsequent implementation of an electromechanical system that allows moving the plasma cutting nozzle with a high degree of precision, optimizing the cutting equipment capabilities, considerably reducing the cost of consumables and finally elevate the productivity to 117% taking as reference the largest disks that are 900 mm in diameter through the proper use of the resources with which the company currently has.

**KEYWORDS:** Productivity, Discs, Plasma, Resources, Consumables.

## 1. INTRODUCCIÓN

El proceso de corte por plasma para la obtención de los discos de acero es ejecutado por el operador del equipo de corte, mediante la aplicación de una metodología manual con la ayuda de un compás metálico manual elaborado por los técnicos de la empresa (ver Figura 1), el cual le permite lograr la obtención de los discos en los diferentes diámetros solicitados por el área de producción.

Durante la trayectoria del corte manual por plasma se generan mordeduras en la periferia del corte (ver figura 2), esto se debe a que al ser ejecutada de forma manual no posee una

velocidad constante de corte y también la metodología que el operador ejecuta durante el proceso de manera conjunta con la geometría de la plancha de acero, no le permite ejecutar la misma de principio a fin de manera continua.



**Figura 1.** Área de corte de los discos de acero. **Fuente:** ATU Artículos de Acero S.A. **Elaborado por:** El investigador.



**Figura 2.** Mordeduras generadas durante el proceso de corte manual. **Fuente:** ATU Artículos de Acero S.A. **Elaborado por:** El investigador.

Los discos obtenidos en el proceso de corte son transportados al área de proceso de soldadura MIG (ver figura 3), con la finalidad de que el operador de la suelda rellene las mordeduras generadas durante el proceso manual de corte por plasma.

El operador de pulido introduce los discos en la matriz giratoria de pulido (ver figura 4) y procede con el pulido hasta obtener una superficie lisa, durante este proceso el operador ocu-

pa disco de amolar para pulir los rellenos de soldadura y finalmente aplica una lija fina hasta obtener la calidad deseada del producto.



**Figura 3.** Área MIG para la recuperación de mordeduras. **Fuente:** ATU Artículos de Acero S.A. **Elaborado por:** El investigador.



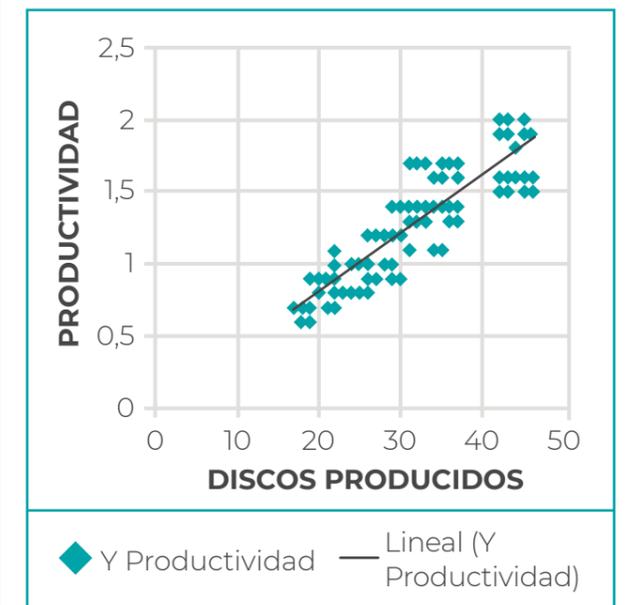
**Figura 4.** Área de pulido. **Fuente:** ATU Artículos de Acero S.A. **Elaborado por:** El investigador.

La toma de datos del proceso de corte por plasma fue tabulada e ingresada al programa Microsoft Excel 2010, (ver figura 5) para su procesamiento mediante el coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ) el cual proporcionó una medida de relación lineal entre las variables con un valor de 0,87 de acuerdo a los datos obtenidos se confirma, mientras mayor es el diámetro de los discos producidos, la productividad descende.

La interpretación de resultados de la información obtenida del proceso en estudio, permitió evaluar los niveles actuales de productividad generados, esto demostró que la aplicación del proceso manual al no ser el más idóneo deriva

una permisibilidad positiva para la aplicación del mejoramiento continuo con la finalidad de mejorar el proceso productivo, así como el producto elaborado.

Por esta razón, se considera de vital importancia, la potencial implementación de un sistema electromecánico de apoyo para el proceso de corte por plasma, enfocado en generar una producción productiva basada en su eficiencia y precisión.



**Figura 5.** Correlación de las variables dependiente e independiente. **Fuente:** ATU Artículos de Acero S.A. **Elaborado por:** El investigador.

## 2. PROPUESTA/DESARROLLO

Diseño de un sistema electromecánico de apoyo para el proceso de corte por plasma que se integre de manera conjunta junto con el resto de elementos tecnológicos del proceso.

### 2.1. Diagnóstico

Se pudo evidenciar que el proceso de corte por plasma, al ser ejecutado de manera manual incide de manera negativa en la productividad, debido a que la calidad actual del corte presenta un alto índice de desperfectos, tales como mordeduras y un alto grado de rugosidad la

cual genera la necesidad de aplicar un subproceso adicional que es el rellenado con soldadura MIG, cuya finalidad es corregir las mordeduras generadas durante el proceso de corte, siendo este último el que incrementa el tiempo de proceso en el área de pulido.

El impacto generado al ejecutar el proceso de corte de manera manual genera un incremento considerable en los tiempos de ejecución de sus procesos complementarios, así como el incremento en el consumo de insumos, energía eléctrica, mano de obra y producto de todos estos factores un bajo índice de productividad.

## 2.2. Población y muestra

La población tomada para el presente estudio es el universo de discos de acero producidos por la empresa ATU Artículos de acero S.A. con un promedio semestral de Enero a Junio del año 2015 siendo 43 unidades como promedio de producción semestral de un segmento de 500 unidades producidas por cada tipo de discos.

Para el cálculo de la muestra del proceso productivo en estudio se utilizó la siguiente ecuación, la cual permite calcular poblaciones finitas, basado en el libro El Poder Mágico de Empezar de Hernando Puentes:

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{N * E^2 + Z^2 * p * q}$$

Para este caso se determinó cuál es el tamaño de la muestra teniendo en cuenta los siguientes datos.

Dónde:

- **n** = tamaño de la muestra
- **N** = tamaño de la población (195)
- **Z** = Nivel de confianza 95% = 1,96
- **p** = probabilidad a favor 50% = 50/100 = 0,50

- **q** = probabilidad en contra 50% = 50/100 = 0,50

- **e** = error preferido a un nivel de confianza de 95% = 5% = 5/100 = 0,05

Considerando la recopilación de los datos anteriores se procede a calcular el tamaño de la muestra aplicando la siguiente ecuación:

$$n = \frac{z^2 * p * q * N}{N * E^2 + Z^2 * p * q}$$

$$n = \frac{(1,96)^2 (0,50) (0,50) (195)}{(195) * (0,05)^2 + (1,96)^2 (0,50) (0,50)}$$

$$n = \frac{(3,8416) (0,50) (0,50) (195)}{(195) (0,0025) + (3,8416) (0,50) (0,50)}$$

$$n = \frac{187,278}{1,4479}$$

$$n = 129$$

Finalmente resolviendo la ecuación y considerando que se aplicó como población un valor de 195 unidades, se obtuvo como muestra 129 datos, los mismos que se constituyen como base de análisis para garantizar la calidad del presente estudio.

## 2.3. Producto discos de acero ATU Artículos de acero S.A

Los discos de acero que se fabrican en la en el área de corte por plasma de la empresa ATU Artículos de acero S.A. son de un acero ASTM A 36 laminado en caliente con un espesor de 6 mm y son utilizados como base de mesas centrales para reuniones de altos directivos, ejecutivos y clientes en general, tanto para el sector privado como para el sector público, las dimensiones de cada uno de ellos varía ya que está sujeta a la aplicación en cada uno de sus modelos y

son denominados técnicamente por la empresa mediante codificación numérica (ver figura 6).



**Figura 6.** Discos de acero ATU S.A. **Fuente:** ATU Artículos de Acero S.A. **Elaborado por:** El investigador.

## 2.4. Propuesta de solución

*“Diseño de un sistema electromecánico semiautomático para corte por plasma, para el proceso de corte de planchas de acero de la empresa ATU Artículos de Acero S.A.”*

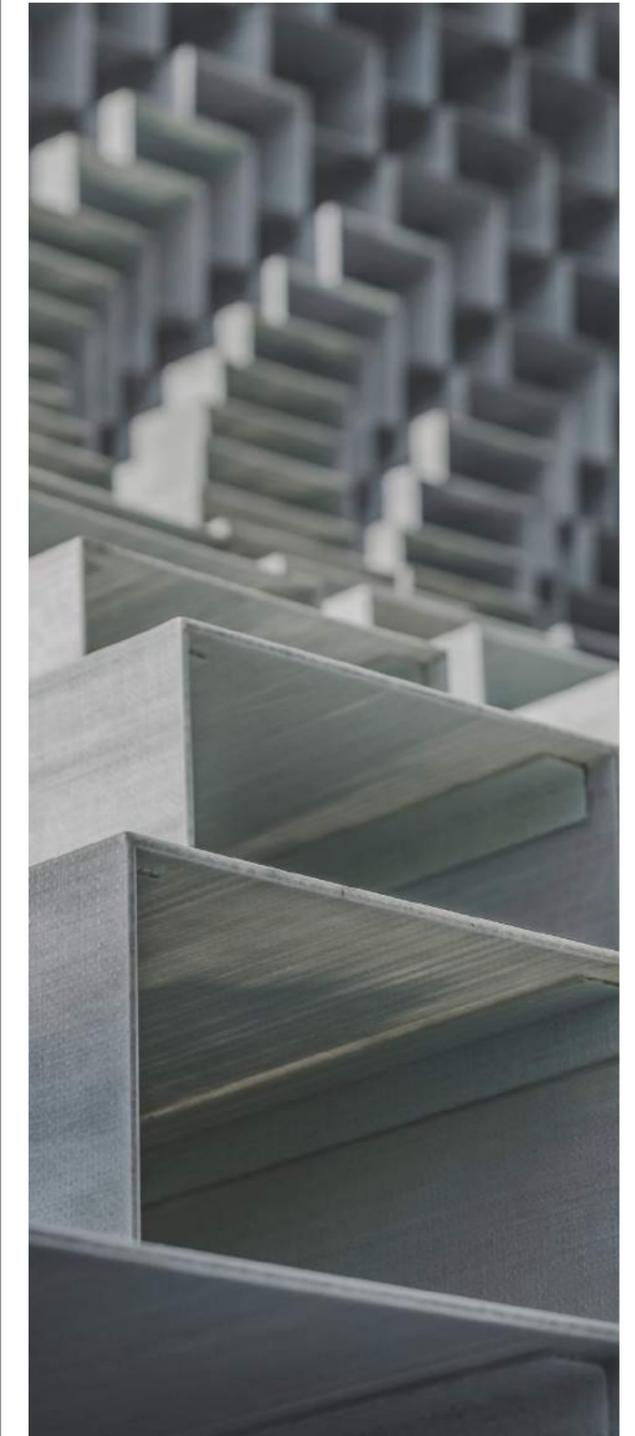
Sistema electromecánico de apoyo para el proceso de corte por plasma (ver figura 7).



**Figura 7.** Sistema mecánico para corte por plasma. **Fuente:** El investigador. **Elaborado por:** El investigador.

Un sistema mecánico de apoyo, que integre un sistema de control electrónico, diseñado de tal forma que permita desplazar la herramienta de

corte de manera continua durante la trayectoria circular del corte y que se ajuste a las necesidades dimensionales del proceso, permitiendo mantener una velocidad de corte constante en relación de las capacidades nominales del equipo de corte por plasma.



## Beneficiarios directos

Mediante la implementación de este proyecto, se generará un beneficio directo para la empresa ATU Artículos de Acero S.A., permitiéndole agilizar de manera significativa los procesos productivos que se desarrollan en el área de corte de planchas de acero por medio del equipo plasma y de esta manera permitirle a la empresa ser más competitiva mediante el adecuado manejo de los recursos que posee, que actualmente intervienen en el proceso.

## Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios son los operadores que intervienen en el proceso de corte, ya que, al mejorar este proceso mediante la implementación del proyecto, se reducirá de cierta forma su carga de trabajo física, así como reducir de manera significativa la ejecución de actividades manuales y movimientos repetitivos permanentes innecesarios dentro de este proceso.

## 2.5. Otros

## Diseño asistido por computador

El uso del Software de diseño CAD 3D (diseño asistido por computador) es de vital importancia, ya que dentro del desarrollo de la propuesta permitió el uso de herramientas de diseño para crear modelos y ensamblajes de cada uno de sus componentes mecánicos, así como el desarrollo de una simulación y evaluación del diseño, garantizando su óptimo funcionamiento y ajustándose a los requerimientos dimensionales del proceso productivo.

## Circuito de control electrónico

La aplicación de circuitos electrónicos de control en el desarrollo de la propuesta es fundamental, ya que estos al formar parte de la ingeniería se integran de manera conjunta con los sistemas mecánicos, para proporcionar un control óptimo dentro de los parámetros fundamentales, siendo estos el arranque y paro

del motor, así como su aceleración y regulación de la velocidad de corte óptima.

## Cálculo de la velocidad tangencial de corte

El cálculo de la velocidad tangencial de corte del sistema mecánico de la propuesta, permite la obtención de tiempos estándares de producción en función de la unidad lineal de corte, a fin de elevar la productividad, transfiriendo las actividades del proceso manual al proceso semiautomático.

## 3. RESULTADOS

La potencial implementación del diseño del sistema mecánico combinado con las capacidades del equipo de corte por plasma, permitirá la obtención de los cortes limpios, con alto grado de precisión, y un acabado óptimo, eliminando de forma definitiva al subproceso de rellenado con soldadura MIG, así como al subproceso de pulido, tal cual se demuestra en la siguiente tabla el comportamiento de la propuesta (ver tabla 1).

En la siguiente página: **Tabla 1.** Comportamiento de la propuesta. **Fuente:** El investigador. **Elaborado por:** El investigador.

## 4. CONCLUSIONES

Finalmente se cumple con el objetivo planteado inicialmente que es el lograr mejorar el porcentaje de productividad, con un promedio porcentual de 145,21 %, esto haciendo referencia que para el cálculo del incremento de la productividad se tomó como referencia 3 datos de cada uno de los 7 productos que fabrica la empresa, los mismos que fueron tomados de la muestra total cuyo valor calculado es de 129 datos para el análisis.

Al analizar los parámetros fundamentales para el diseño, se puede determinar aspectos tales como dimensiones que debe tener la máquina bajo los parámetros hechos según los trabajadores de la localidad, así como se establecen

| % DE INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD CON LA PROPUESTA |                     |  |                                  |                     |                            |              |                       |                          |                            |
|--|---------------------|--|----------------------------------|---------------------|----------------------------|--------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|
| FECHA  | DIÁMETRO DISCO (mm) | TIEMPO PROCESO DE CORTE CON EQUIPO (MIN) | # UNIDADES DISCOS/DÍA CON EQUIPO | HORAS DE PRODUCCIÓN | # OPERADORES EN EL PROCESO | HORAS/HOMBRE | PRODUCTIVIDAD INICIAL | PRODUCTIVIDAD CON EQUIPO | % INCREMENTO PRODUCTIVIDAD |
| 11/09/2014   | 200                 | 3,06                                     | 104,31                           | 5,31                | 3                          | 15,93        | 2                     | 6,54                     | 227                        |
| 08/10/2014   | 200                 | 3,06                                     | 119,21                           | 6,07                | 3                          | 18,21        | 1,9                   | 6,54                     | 244                        |
| 10/10/2014   | 200                 | 3,06                                     | 111,76                           | 5,69                | 4                          | 22,67        | 1,6                   | 4,92                     | 208                        |
| 04/01/2016   | 270                 | 4,11                                     | 72,70                            | 4,97                | 3                          | 14,91        | 1,7                   | 4,87                     | 186                        |
| 08/01/2016   | 270                 | 4,11                                     | 78,68                            | 5,38                | 3                          | 16,14        | 1,7                   | 4,87                     | 186                        |
| 14/01/2016   | 270                 | 4,11                                     | 70,94                            | 4,85                | 4                          | 19,40        | 1,4                   | 3,65                     | 161                        |
| 29/08/2014   | 360                 | 5,47                                     | 59,01                            | 5,37                | 3                          | 16,11        | 1,4                   | 3,66                     | 161                        |
| 15/09/2014   | 360                 | 5,47                                     | 66,03                            | 6,01                | 3                          | 18,03        | 1,4                   | 3,66                     | 161                        |
| 25/09/2014   | 360                 | 5,47                                     | 69,32                            | 6,31                | 4                          | 25,24        | 1,1                   | 2,74                     | 149                        |
| 02/09/2014   | 460                 | 6,97                                     | 53,37                            | 6,19                | 3                          | 18,57        | 1,2                   | 2,87                     | 139                        |
| 10/09/2014   | 460                 | 6,97                                     | 47,08                            | 5,46                | 4                          | 21,84        | 0,9                   | 2,15                     | 139                        |
| 12/09/2014   | 460                 | 6,97                                     | 51,47                            | 5,97                | 4                          | 23,88        | 1                     | 2,15                     | 115                        |
| 26/09/2014   | 560                 | 8,48                                     | 42,45                            | 5,99                | 3                          | 17,97        | 1,1                   | 2,36                     | 115                        |
| 01/10/2014   | 560                 | 8,48                                     | 42,80                            | 6,04                | 4                          | 24,16        | 0,8                   | 1,77                     | 121                        |
| 17/10/2014   | 560                 | 8,48                                     | 39,90                            | 5,63                | 4                          | 22,52        | 0,8                   | 1,77                     | 121                        |
| 03/09/2014   | 720                 | 10,89                                    | 34,71                            | 6,29                | 4                          | 25,20        | 0,7                   | 1,37                     | 96                         |
| 16/09/2014   | 720                 | 10,89                                    | 30,13                            | 5,46                | 3                          | 16,38        | 0,9                   | 1,83                     | 103                        |
| 09/10/2014   | 720                 | 10,89                                    | 33,99                            | 6,16                | 4                          | 24,64        | 0,7                   | 1,37                     | 96                         |
| 01/09/2014   | 900                 | 13,16                                    | 29,77                            | 6,52                | 4                          | 26,08        | 0,6                   | 1,14                     | 90                         |
| 08/09/2014   | 900                 | 13,16                                    | 26,99                            | 5,91                | 3                          | 17,73        | 0,7                   | 1,52                     | 117                        |
| 24/09/2014   | 900                 | 13,16                                    | 28,54                            | 6,25                | 3                          | 18,75        | 0,7                   | 1,52                     | 117                        |
| % PROMEDIO DE INCREMENTO                             |                     |  |                                  |                     |                            |              | 145,21                |                          |                            |

tipo de energía que se va a usar para la puesta en marcha de los elementos que lo conforman. Esto contribuye a dimensionar correctamente la máquina para los diversos diámetros que son requeridos por el cliente, sin ninguna complicación al momento de hacer funcionar el sistema mecánico.

Los elementos necesarios tanto desde el punto de vista mecánico y electrónico son múltiples, pues dado que la máquina debe ser muy versátil se determina que el elemento que más se desde el punto de vista mecánico es necesario es el acero que es un elemento de fácil obtención, así como los elementos eléctricos y electrónicos que son también asequibles en el mercado local.

La potencial implementación del proyecto demuestra una recuperación de la inversión en 15 meses, con un valor positivo del VAN que indica que el proyecto es viable según la teoría y con un TIR del 4% mensual que es muy superior a la tasa referencial que es del 1,15%. Pero todo esto va a depender de la velocidad de sistema mecánico que se use para efectuar el corte, cuyo valor va a ser limitado a su vez por la capacidad del equipo de corte por plasma y de la demanda que se tenga de los diferentes tamaños de discos.

## 5. REFERENCIAS

Budynas, Richard G. y NISBETT, J. Keith (2008). Diseño de ingeniería mecánica de Shigley. Octava edición Mc Graw Hill.

Calupiña Jácome, Cristian Fernando y OÑARIVAS, Daniel Mauricio (2013). “Mejoramiento de los Parámetros de Trabajo para una Máquina de Corte por Plasma y Oxiacetilénica tipo CNC-4000 Marca Hugon Welder”, de la Universidad Escuela Politécnica Nacional. (Pág. 18 y 19).

INEN. (1981). Código de Dibujo Técnico Mecánico. Quito.

Núñez (2007). “Seminario Gestión de la Productividad Doctorado en Ciencias de la Ingeniería, mención Productividad”.

Puentes. L. Hernando (2017). “El Poder Mágico de Emprender”, Corporación Universitaria del Caribe CECAR. Colombia.

Salazar, Rosmerys (2015). “Aspectos Fundamentales de los Procesos de Manufactura”.

## 6. AUTORES

**Marco Paredes.** Ingeniero Industrial. Bachiller Técnico en Mecánica Industrial. 20 años de experiencia profesional como operador de máquinas herramientas, diseño y construcción de maquinaria industrial, desarrollo y construcción de piñonera y tratamientos térmicos, 5 años como diseñador CAD 3D con software Solidworks.

**Wilson Chancúsig,** Magister en Gestión de Proyecto e Ingeniero Mecánico. Cursos de capacitación en el área de la docencia y técnica. 15 años de experiencia profesional en producción y mantenimiento. 10 años de experiencia en la docencia universitaria.



**SECCIÓN**

# 02

GESTIÓN DE SEGURIDAD  
Y SALUD OCUPACIONAL

**CHARLAS MAGISTRALES**  
**CONFERENCISTAS**  
**INVITADOS**

# La epidemiología y su papel en la salud ocupacional



Dr. Alberto González Salso (1)

(1) Funcionario del Seguro General de Riesgos del Trabajo IESS, Quito-Ecuador, albertohlg@yahoo.com.mx

**PALABRAS CLAVE:** Epidemiología, salud y determinantes.

Se hace un rápido recorrido por el surgimiento de la Salud Ocupacional, cuáles fueron las principales vertientes del quehacer científico que trataron de explicar el papel que diversos agentes presentes no solo en el puesto de trabajo, sino también el medio ambiente del trabajador, desempeñaban en la aparición de determinadas afecciones que deterioraban la salud de los trabajadores.

Se hace un análisis de la evolución del concepto de Salud a lo largo de la historia más reciente y se explica el concepto epidemiológico y el papel que juegan los diversos factores o determinantes en que se mantenga o modifique el estado de salud de los trabajadores.

Se trata el tema de las Enfermedades Ocupacionales y los factores que se emplean para su diagnóstico y como se aplica el criterio epidemiológico para su definición. Se abordan los aspectos relacionados con la susceptibilidad y resistencia de las personas a la aparición de determinadas enfermedades. Se muestran los impactos de las Enfermedades Ocupacionales en el cuadro de salud de las poblaciones y de los resultados de las intervenciones gubernamentales en el mayor trazador de la Salud de las personas.

Se explican los Sistemas de Vigilancia de la Salud y el papel que desempeña la epidemiología en cada uno de ellos. Se abordan los distintos factores de riesgos en los puestos de trabajo y en el medio ambiente y las formas y métodos de evaluación y control en aras de mantener la salud de los trabajadores.

Por último, se tratan los aspectos relacionados con el papel que juegan los agroquímicos y los metales pesados en la aparición de enfermedades no solo en los trabajadores y en su entorno laboral, sino también en el ámbito familiar.

## REFERENCIAS

Al Hernberg S. (1995). Introducción a la epidemiología ocupacional. Madrid: Editorial Díaz Santos. p.1-19.

Becklake MR. (2000). The epidemiology of asbestosis. In: Liddell FDK, Miller 9, eds. Mineral Fibers and Health. Boca Raton, Fl: CRC Press.

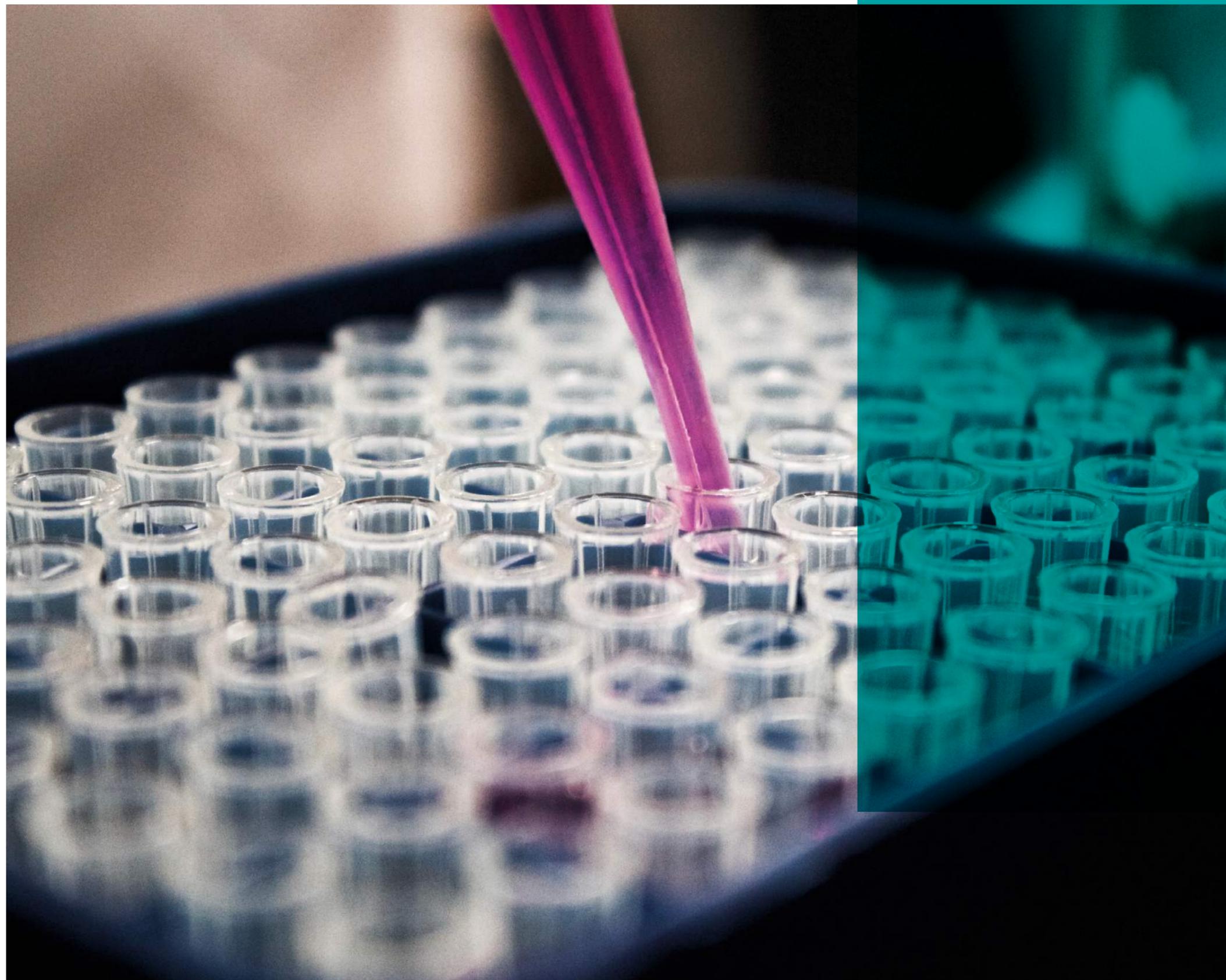
Steenland K, Stayner LT. (1997). Silica, asbestos, man-made mineral fibers and cancer. *Cáncer Causes Control*.

Checkway H, Pearce NE, Crawford-Brown DJ. (1989). *Research methods in occupational epidemiology*. New York: Oxford. p. 3-17.

El Batawi MA. (2017). Work-related diseases: a new program of the World Health Organization. *Scand. J Work Environ. Health*.

### CONFERENCISTA

**Alberto González Salso**, Médico Ocupacional con Especialidades Médicas en Epidemiología, Gerencia en Salud y Gerencia en Sistemas y Servicios de salud, Maestría en Salud de los Trabajadores. Amplia experiencia en el trabajo de intervenciones epidemiológicas en situaciones de crisis en diversos países. Profesor de Epidemiología, Gerencia en Salud y Clínica Sanitaria Ocupacional en Post Grados en diversos países y Universidades del Ecuador. Autor de varias investigaciones científicas y Tutor de Tesis de los temas reseñados.



# Seguridad y salud en el trabajo en Ecuador

**Karla Elizabeth Pando Bacuilima (1)**

(1) Dirección de Seguridad, Salud en el Trabajo y Gestión Integral de riesgos, Ministerio del Trabajo, Quito-Ecuador, karla\_pando@trabajo.gob.ec

**PALABRAS CLAVE:** Seguridad, salud, ministerio, Ecuador.

La Organización Internacional del Trabajo (OIT), indica que cada 15 segundos, un trabajador muere a causa de accidentes o enfermedades relacionadas con el trabajo, anualmente ocurren más de 317 millones de accidentes en el trabajo, muchos de estos accidentes resultan en absentismo laboral y 2,3 millones mueren debido a accidentes o a enfermedades profesionales (OIT, 2017). En este contexto, la falta de prevención de riesgos laborales, incrementa el riesgo de accidentes y enfermedades profesionales, afectando a los tres actores principales en la prevención: estado, empresas y trabajador; esto se ve reflejado en aspectos como mayor gasto prestacional por subsidios, indemnizaciones, pensiones, baja productividad, ausentismo laboral, pérdida de la capacidad de trabajo, deterioro de la calidad de vida. En Ecuador, el ente rector en seguridad en el trabajo y prevención de riesgos laborales es el Ministerio del Trabajo. Actualmente, esta institución, tiene como objetivo generar una cultura de prevención de riesgos laborales, a través de la participación activa del estado, empresas y trabajadores. En este sentido, el Ministerio se ha enfocado en cuatro ejes fundamentales: Normativa en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo, Proyectos en Seguridad y salud en el trabajo, control y comunicación.

Respecto a los dos primeros ejes, el Ecuador cuenta con normativa en seguridad y salud en el trabajo (Convenios internacionales, Decretos, Acuerdos Ministeriales), sin embargo, es necesario generar nueva política pública que regule el cumplimiento de las obligaciones en seguridad y salud. Al respecto, el Ministerio Rector, está trabajando en la elaboración de nuevas propuestas de ley y proyectos que generen y fomenten ambientes de trabajos seguros y saludables. El tercer eje, se enfoca en el control a través de inspecciones especializadas en Seguridad y Salud en el Trabajo. En este sentido, el Ministerio verifica el cumplimiento de normativa legal en seguridad y salud en el trabajo, gestión en prevención de riesgos laborales, salud en el trabajo y gestión en prevención de amenazas naturales y riesgos antrópicos.

Finalmente, una cultura de seguridad, estará bien estructurada si se establecen los canales de comunicación necesarios para empleadores y trabajadores. En la actualidad, el Ministerio genera campañas mensuales de socialización de normativa vigente en Seguridad y Salud en el Trabajo, las cuales son difundidas a través de medios de comunicación masiva como redes sociales.

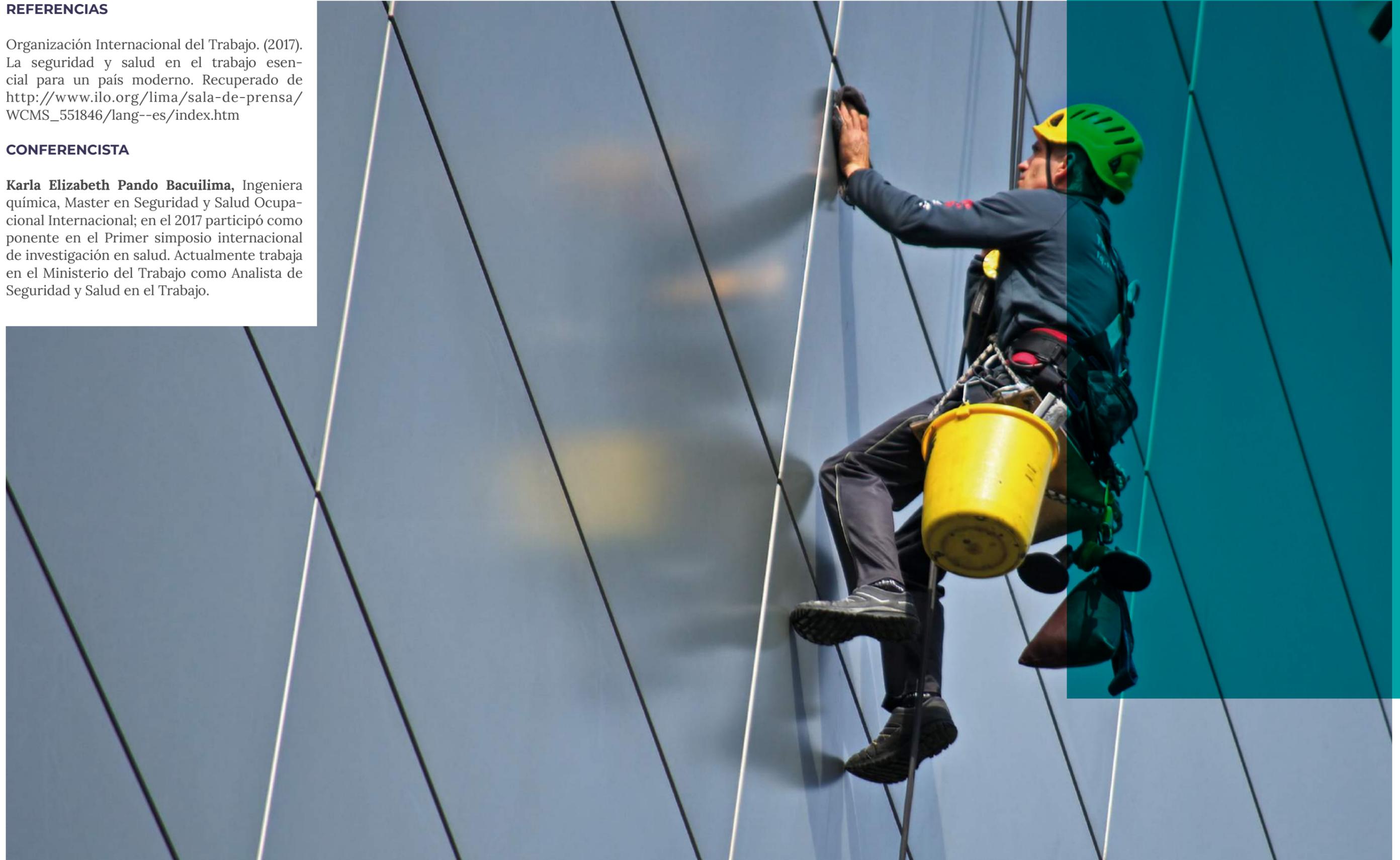


## REFERENCIAS

Organización Internacional del Trabajo. (2017). La seguridad y salud en el trabajo esencial para un país moderno. Recuperado de [http://www.ilo.org/lima/sala-de-prensa/WCMS\\_551846/lang--es/index.htm](http://www.ilo.org/lima/sala-de-prensa/WCMS_551846/lang--es/index.htm)

## CONFERENCISTA

**Karla Elizabeth Pando Bacuilima**, Ingeniera química, Master en Seguridad y Salud Ocupacional Internacional; en el 2017 participó como ponente en el Primer simposio internacional de investigación en salud. Actualmente trabaja en el Ministerio del Trabajo como Analista de Seguridad y Salud en el Trabajo.



# ISO 45001:2018, primera norma internacional sobre sistemas de gestión de la salud y seguridad en el trabajo



David Aníbal Erazo Cerón (1)

(1) Dirección de Normalización, Servicio Ecuatoriano de Normalización, Quito-Ecuador, derazo@normalizacion.gob.ec, davideraozc10@gmail.com

**PALABRAS CLAVE:** Seguridad, salud, trabajo, gestión, 45001.

Según datos proporcionados por la Organización Internacional del Trabajo -OIT- (s/f), alrededor de 6300 personas mueren al día por actividades relacionadas con el trabajo, es decir, una persona cada 15 segundos; además cada segundo, 153 personas sufren un accidente de trabajo. Muchos de estos accidentes, implican una carga económica que llega a ser del 4 % del Producto Interno Bruto global anual.

En este contexto, la Organización Internacional de Normalización -ISO-, desarrolló en el comité ISO/PC 283 “Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo” la Norma Internacional ISO 45001 “Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo. Requisitos con orientación para su uso”, la cual se aprobó por los países participantes con un 94 % de votos a favor, misma que fue publicada el 12 de marzo del 2018.

La Norma Internacional ISO 45001, especifica los requisitos y orientación para un sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo, que permita a una organización, mejorar proactivamente el desempeño de la seguridad y salud en el trabajo; encaminado a la prevención de lesiones y deterioro de la salud.

Se prevé que ISO 45001, se aplique en cualquier organización sin importar su tamaño, tipo o naturaleza, ya sea una organización que presente un bajo riesgo en sus operaciones, como una organización con alto riesgo, o de estructura compleja. Todos los requisitos están previstos a ser integrados en el mismo proceso de gestión de la organización.

ISO 45001 permite a una organización, a través de su sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo, integrar otros aspectos de la seguridad y salud, tal como el bienestar del trabajador, sin embargo, se debe tomar en cuenta que a una organización se le puede solicitar el cumplimiento de requisitos legales aplicables (ISO, 2015).

A diferencia de OHSAS 18001, norma mundialmente reconocida para sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo, ISO 45001 adopta una estructura de alto nivel desarrollada también en las normas de sistemas de gestión como ISO 9001, ISO 14001, ISO/IEC 27001, etc., que implica temáticas relacionadas con el contexto de la organización, el liderazgo, la planificación, el apoyo, la operación, la evaluación del desempeño y la mejora, lo cual facilita la integración de varios sistemas de gestión a la vez. Esta estructura aporta mayor claridad y aplicabilidad a la norma.

Las normas de sistemas de gestión tienen como base el ciclo PHVA, mejor conocido como ciclo de Deming, el cual es un proceso interactivo utilizado por las organizaciones para lograr la mejora continua. Puede aplicarse a un sistema de gestión y a cada uno de sus elementos individuales, como planificar, hacer, ver y actuar.

ISO 45001 es el resultado del consenso mundial, ya que refleja las experiencias de empresas, entes reguladores y trabajadores en la seguridad y la salud en el trabajo, pues se caracteriza por su enfoque basado en riesgos, a través de la participación activa de los trabajadores, así estos forman parte de la toma de decisiones dentro de la organización.

Una organización que aplique ISO 45001, mejorará su desempeño de la seguridad y la salud en el trabajo mediante:

- **Protección de los trabajadores** - Un enfoque estructurado para la identificación de peligros y la gestión de riesgos contribuye a mantener un ambiente de trabajo más saludable y seguro, así como a reducir el número de accidentes y los problemas de salud producidos en el lugar de trabajo. Este enfoque debería ayudar a reducir las lesiones y las bajas por enfermedad de los empleados.
- **Reducción de los riesgos** - El enfoque global ayuda a traducir los resultados de riesgo en planes de acción adecuados para la evaluación, verificación, inspección, revisión legal e investigación de accidentes, con el objetivo de reducir los riesgos, proteger a los trabajadores y controlar las amenazas en infraestructura que causan accidentes.
- **Cumplimiento legal** - Proporciona un mecanismo para la identificación de la legislación vigente y la implementación de los requisitos aplicables. Mantenerse conforme a la ley puede ayudar a reducir las quejas, pagar primas de seguro más bajas, evitar consecuencias financieras, y paliar el estigma de la publicidad negativa (Lloyd's register, 2016).

## REFERENCIAS

Organización Internacional del Trabajo (s/f). Seguridad y salud en el trabajo. Disponible en: <http://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang--es/index.htm>

International Organization for Standardization. (2015). ISO 45001 Briefing notes. Disponible en: [https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/iso\\_45001\\_briefing\\_note.pdf](https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/iso_45001_briefing_note.pdf)

Lloyd's register. (2016). Certificación ISO 45001. Disponible en: <http://www.lrqa.es/certificaciones/iso-45001-seguridad-salud-trabajo/>

Gasiorowski-Denis, E. (2017). Moving ahead with ISO 45001 for safety and health at work. Disponible en: <https://www.iso.org/news/Ref2180.html>

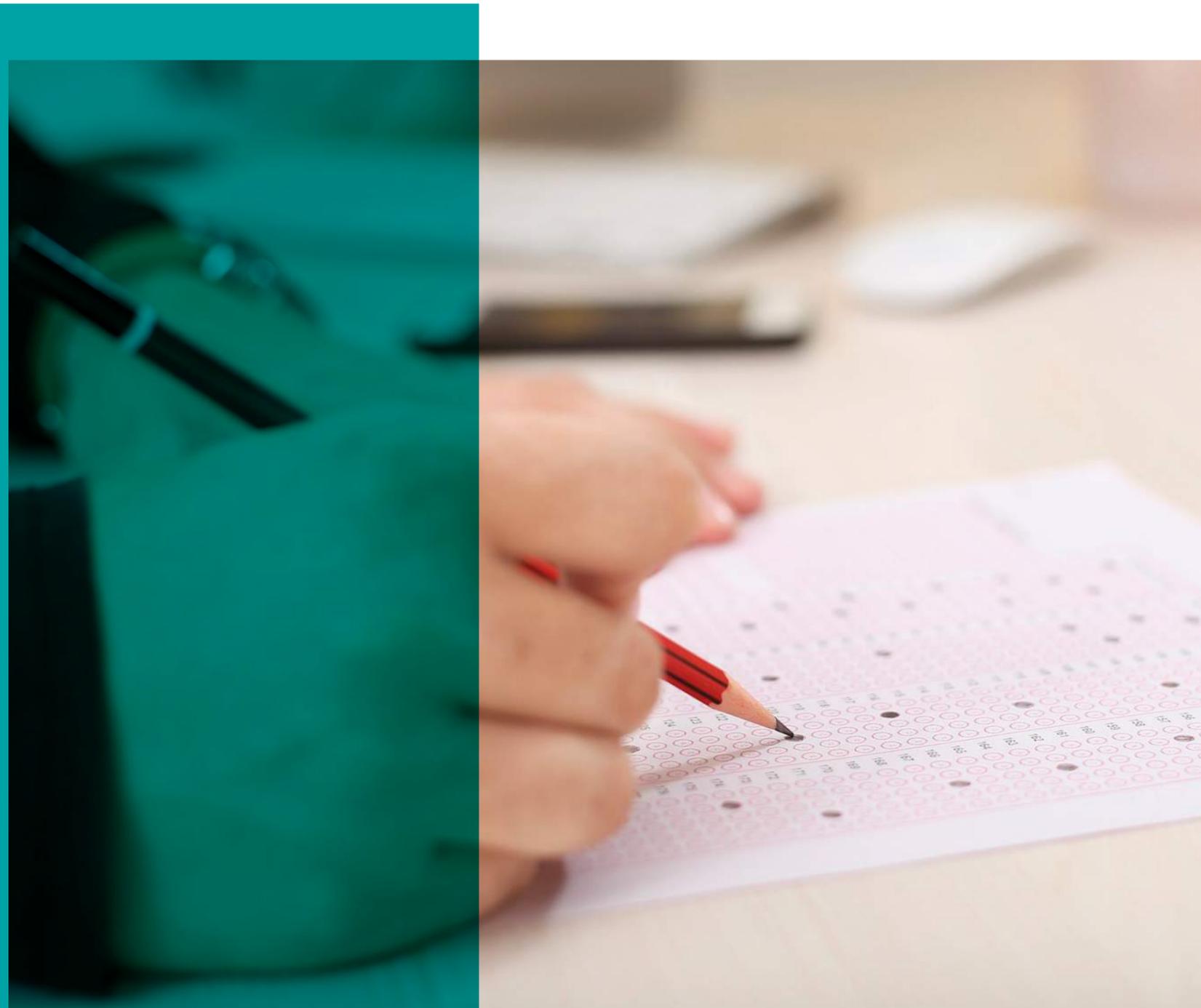
Lau, J. (2004). Directrices internacionales para la alfabetización informativa [versión electrónica]. México: Universidad Veracruzana. Recuperado el 21 de enero de 2009 de: <http://bivir.uacj.mx/dhi/DoctosNacioInter/Docs/Directrices.pdf30>

## CONFERENCISTA

**David Aníbal Erazo Cerón**, Ingeniero Mecánico de la Escuela Politécnica Nacional, actualmente laborando en el Servicio Ecuatoriano de Normalización donde hace de secretario técnico del Comité Espejo de ISO/TC 283 sobre seguridad y salud en el trabajo.



# Medición y evaluación de los aspectos psicosociales. Metodología psicométrica integral y sistemática Modelo V. Ponce



Edwin Vinicio Ponce Perugachi (1)

(1) Docente Investigador Universidad Central del Ecuador, drvinioponce@hotmail.com

**PALABRAS CLAVE:** Medición, metodología, sistema, estadísticos y modelo.

La metodología psicométrica integral y sistemática Modelo V. Ponce, es un conjunto de procedimientos psicométricos, estadísticos descriptivos e inferenciales aplicados a instrumentos diseñados para la valoración integral de indicadores tempranos de afectación a la salud física, psicológica y social, cuyo origen sea el distrés laboral mediante un enfoque directo a la investigación cuantitativa del aspecto psicosocial laboral.

Por su integralidad, no se fundamenta en los indicadores independientes y aislados unos de otros, dispuestos en los instrumentos psicosociales tradicionales, sino más bien, en el análisis correlacional-explicativo, de las variables del aspecto psicosocial laboral (factor psicosocial laboral<sup>1</sup>, factor psicosocial de riesgo o estrés y riesgo psicosocial laboral).

Su fundamento filosófico es el positivismo lógico<sup>4</sup>, la ciencia de aplicación es la estadística y la psicometría<sup>5</sup>, y el modelo teórico es el gerencial o integral<sup>6</sup>; este último muy bien explicado por B. Moreno<sup>7</sup>, donde su origen teórico se encuentra en la relación Estrés y Trabajo, tanto como mediadora de afectaciones a la salud ocupacional como también potenciadora de comportamientos positivos, en las y los trabajadores. Siendo posible, por lo tanto, la identificación de procesos peligrosos y positivos, así como, eventos centinelas al respecto del Enfoque Alternativo de Salud y Seguridad en el Trabajo.

Las fases metodológicas del Modelo V. Ponce, en primera instancia permite solucionar el problema de la utopía de una unidad de medida universal para la respuesta psicosocial humana, mediante la utilización de procedimientos de estandarización y normalización ajustadas a escalas de: 100, 10, 4, 80, entre otras, sobre la base de datos reales, pertenecientes a la población donde se esté aplicando la instrumentación o técnica de obtención de datos, transformando en última instancia los resultados cuantitativos en cualitativos en una distribución ordinal (de cinco apreciaciones), determinada por el cálculo distributivo de datos mediante la utilización de la desviación estándar, a partir de la media aritmética o la mediana, según sea su pertinencia.

En una segunda instancia, el Modelo V. Ponce, permite establecer una valoración sobre las relaciones, procesadas mediante el estudio de estresores interno y externos al trabajo, indicadores predictivos de síntomas tempranos psicofisiológicos del distrés categorizados de acuerdo a su naturaleza de

afectación (fisiológico, cognitivo, entre otros), con base en los trabajos de la Teoría de la Adaptación General, y la valoración de referencias epidemiológicas del médico de empresa sobre sus diagnósticos: Musculo esquelético, cardiovascular, gastrointestinal, adicción a sustancias tóxicas, entre otras, suficientemente estudiados en el mundo científico actual, o con los resultados de un cuestionario prediseñado para tal efecto, cuyo contenido simplifica las estadísticas mundiales sobre esta epidemiología relacionada al estrés laboral.

Es importante mencionar que el Modelo V. Ponce, puede relacionar información comparativa sobre las variables que sean estudiadas en distintas realidades a nivel mundial, en base al ajuste de la escala a comparar, por lo tanto, una de sus características fundamentales es la flexibilidad, pues sus procedimientos y técnicas obedecen al desarrollo histórico científico: estadístico, psicométrico y teórico fundamental.

Los instrumentos que estructuran el Modelo V. Ponce, mantienen una doble visión:

- **Visión del procedimiento 1:** En base a una propia batería de instrumentación psicosocial, que desarrolló el Modelo V. Ponce, y perfeccionó para su empleo particular, esta batería contiene:
  - a. Indicadores tempranos psicosocial intra organizacional.
  - b. Indicadores tempranos psicosocial extra organizacional.
  - c. Indicadores tempranos de factor psicosocial de riesgo.
  - d. 17 indicadores tempranos de riesgo psicosocial, físico, psicológico y social.
- **Visión del procedimiento 2:** Utilización de instrumentación de varios autores, donde el principal aporte del Modelo V. Ponce, es la estandarización y normalización local y

la estructuración de valoración de sus relaciones internas. Habrá que notar que, en esta visión, existe el gran riesgo de no alcanzar los resultados esperados, ya sea especialmente por: la diferencia teórica entre autores de los instrumentos, además de su contexto cultural geográfico diferente al ecuatoriano y/o latino americano.

El presente modelo, busca resolver esencialmente tres problemas fundamentales los cuales, en su ejercicio, determinarán un proceso investigativo y de resultados con altísimos grados de científicidad y tecnificación, que se ajustan a la realidad particular de las poblaciones donde se aplique.

Los problemas a resolver son:

- **Identificar las fuentes históricas del desarrollo de la investigación psicosocial laboral,** para estructurar sus momentos y productos particulares, sin que estos sean antagónicos sino parte de un todo teórico (factor psicosocial laboral intra, extra organizacional y condiciones individuales; factor psicosocial del estrés, con presencia y evidencia de las afectaciones inmediatas o tempranas del estrés o tensión emocional; y por último la presencia de afectaciones a la salud caracterizadas por la agudeza del estrés o tensión emocional, representada en el organismo como tal, y en el ser humano en su comportamiento y su interacción con su mundo social).
- **Estructurar la forma de objetivación de cada fase** anteriormente descrita, mediante la instrumentación de pruebas tanto de origen del Modelo V. Ponce, como de otros autores, que permitan su productividad en la creación de óptimas condiciones del trabajador en el ser humano a nivel psicosocial.
- **Estudiar los instrumentos de medición** (test o pruebas) en cuanto a la estandarización y el escalonamiento, Thorndike, Hagen (2006) para ajustar sus resultados, a la realidad objetiva de las poblaciones donde sean apli-

cados, provocando un muy menor error de interpretación, y, sobre todo, estimando de mejor manera los controles sobre hallazgos negativos y potenciación sobre los hallazgos positivos, así mismo, potencializando la investigación en América sobre el problema psicosocial laboral.

No se ha pretendido en ningún momento limitar el conocimiento del ser humano para la creación del Modelo V. Ponce, por lo que dicho Modelo, está continuamente en remodelación, en cada una de sus versiones, pues el producto científico técnico terminado, es un producto científico técnico mal entendido.

## REFERENCIAS

- Aldecoa, J. (1992). Historia de una maestra. (7ª ed.) Barcelona: Anagrama.
- Bamwell, D., y Bramwell, Z. I. (1990). Flores silvestres de las Islas Canarias. (3ª ed.). Madrid: Rueda.
- Boekaerts, M. (2009). La evaluación de las competencias de autorregulación del estudiante. En C. Monereo (coord.), PISA como excusa: repen-

sar la evaluación para cambiar la enseñanza (pp. 55-69). Barcelona: Graó.

Lau, J. (2004). Directrices internacionales para la alfabetización informativa [versión electrónica]. México: Universidad Veracruzana. Recuperado el 21 de enero de 2009 de: [http://bivir.uacj.mx/dhi/DoctosNacioInter/ Docs/Directrices.pdf30](http://bivir.uacj.mx/dhi/DoctosNacioInter/Docs/Directrices.pdf30)

## CONFERENCISTA

**Edwin Vinicio Ponce Perugachi**, Profesor Universitario: Estadística, Psicometría, Psicotecnia, Psicología del Adolescente, Psicología General, Psicopsicología Laboral, Metrología. Investigador de condiciones de trabajo Mediante procesos del Modelo V. Ponce. Crear o mejorar el sistema de Selección como lo exige Riesgos del Trabajo y el Sistema de Gestión Modelo Ecuador, vigente en el Ecuador. Identificación, medición, evaluación y planificación del control del Riesgos Psicosocial, con instrumentos adaptados a la realidad ecuatoriana, Diagnóstico que es parte de la Responsabilidad Social. Establecimiento de programas que mejoren o minimicen el Riesgo Psicosocial en el Talento Humano. Consultoría en Seguridad e Higiene Industrial.



# Tendencias educativas para seguridad y salud ocupacional "Prevención CONLÚDICA"



David Fiallo (1)

(1) FISE Seguridad y Salud Ocupacional, Quito-Ecuador, [www.conludica.com](http://www.conludica.com), [david.fiallo@organizacionfise.com](mailto:david.fiallo@organizacionfise.com)

**PALABRAS CLAVE:** Capacitación, formación, aprendizaje, seguridad y prevención conlúdica.

La capacitación y formación es un acto de supervivencia, la importancia del aprendizaje es a lo largo de toda la vida activa.

El 85% de instructores en SSO, desconocen una metodología de enseñanza aprendizaje para adultos, 8 de cada 10 instructores de SSO utilizan únicamente el proyector como herramienta pedagógica (periodo 2014-2015).

El 70% de instructores de SSO, desconocen una metodología para medir el impacto de eficiencia sobre la capacitación (periodo 2015-2016).

Existen diferentes tipos de modelos de enseñanzas: aprendizaje catedrático, aprendizaje experiencial, dogmático, invertido, heurístico, etc. Por ejemplo, el aprendizaje invertido: consiste en invertir el flujo tradicional de una formación en SSO, de tal manera que los participantes lleguen al curso a presentar su aprendizaje: nivel de aprendizaje medio y nivel de aceptación bajo.

- El **Storytelling** consiste en una narración de historias tradicionales con adaptación a situaciones de riesgos del trabajo.
- El **Lipdub** es un video musical sonorizado por los participantes que permita recordar frases de prevención de riesgos.
- El **aprendizaje periódico** es un informativo narrativo tipo noticiero para relatar los acontecimientos de Seguridad y Salud Ocupacional.
- La **Gamificación** se basa en convertir el aprendizaje en un juego.
- **Mobile learning** consiste en el uso de aplicaciones en teléfonos móviles.
- **Aprendizaje basado en casos** es extender el aprendizaje más allá del marco teórico.
- **Curso online** es la tendencia educativa que permite a cualquier persona tener acceso a una educación de calidad independientemente de su situación geográfica y económica.
- El **Blended Learning** se basa en la combinación de clases presenciales con contenido online gracias a plataformas.

"No te preocupes porque entrenes a los trabajadores y se vayan, preocúpate que NO los entrenes y se queden"

## REFERENCIAS

Jiménez C A, Dinello R, Alvarado L A. Lúdica y Recreación. Texto online: [http://www.geocities.com/ludico\\_pei/ludica\\_y\\_recreacion.htm](http://www.geocities.com/ludico_pei/ludica_y_recreacion.htm) Consultado agosto 22 de 2008.

Dinosaurio.com. La importancia del juego en la educación. Texto online: <http://www.dinosaurio.com/maestros/la-importancia-del-juego-en-educacion.asp>. Consultado agosto 22 de 2008.

Días A C, da Silva C V. Tendencias de la producción del conocimiento en la educación en la salud. Rev Latino-am Enfermagem. 2007; 15. Texto On line: [http://www.scielo.br/pdf/rlae/v15n6/es\\_18.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rlae/v15n6/es_18.pdf). Consultado agosto 20 2008.

Gutiérrez F, Prieto D. (2004). Mediación pedagógica. Apuntes para una educación alternativa. Ediciones La Copia Fiel, décima edición. Costa Rica, p 38.

## CONFERENCISTA

**David Fiallo**, Presidente de Fundación FISE, Director Latam CONLÚDICA, Coach certificado TEc. Monterrey, Coach certificado por ILC Miami. Gerencia con liderazgo del INCAE, Ponente y conferencista en México, Brasil, Perú y Ecuador, Miembro de la asociación de directores de gestión humana.



# La medicina del trabajo en el Ecuador



Washington Jaime Toscano Hermosa (1)

(1) Instituto de Medicina del Trabajo, Sociedad Ecuatoriana de Medicina del Trabajo, Quito-Ecuador, medicolaboral-ec@hotmail.com, imetrab@imetrabecuador.com

**PALABRAS CLAVE:** Medicina, trabajo, ocupacional, prevención y planificación.

Los objetivos de la medicina del trabajo, es prevenir las enfermedades laborales; proteger a los trabajadores de los riesgos a su salud, presentes en el ambiente laboral donde se desempeñan; establecer condiciones del medio ambiente, adaptadas a las condiciones y capacidades físicas y psicológicas de los trabajadores. Se definen como objetivos específicos: mantener y promover la salud y la capacidad de trabajo de los empleados; mejorar las condiciones del trabajo para favorecer la salud y la seguridad de los trabajadores; desarrollar culturas y sistemas organizacionales que favorezcan la salud y la seguridad en el trabajo, promoviendo un clima organizacional positivo, una eficiencia mayor y la optimización de la productividad de la empresa.

Según Rodríguez y Méndez (2005), desde el origen del hombre, y ante la necesidad de alimentarse y sobrevivir, nació el trabajo y junto a este sus riesgos de enfermedad o incluso la muerte de los trabajadores. Posteriormente, las acciones que toma para protegerse dan origen a la Medicina del Trabajo. Sin embargo, con el devenir del tiempo se han desarrollado tres conceptos íntimamente relacionados que son la Medicina del Trabajo, la Medicina Ocupacional y del Medio Ambiente, y la Salud Ocupacional.

Actualmente, se reconoce que a nivel mundial existe mucha variación respecto de la enseñanza y entrenamiento en Medicina Ocupacional y Salud Ocupacional, incluso existen países en que otras especialidades médicas asumen el rol de proteger la salud de los trabajadores. Entonces, el objetivo de la conferencia es alcanzar al asistente los conceptos de cada una, enfatizando que no comparten el mismo objeto de estudio ni la forma de construir su conocimiento (López, 2000). Para este artículo debemos interpretar el término Medicina del Trabajo como el término hispano latino de Medicina Ocupacional que es un término anglosajón.

La aparición del Tratado de las enfermedades de los artesanos (De Morbis artificum diatriba), obra de Bernardino Ramazzini en el año 1773, fue el inicio de una tradición científica de la higiene y la medicina del trabajo. Otro suceso importante en el desarrollo de la Medicina del Trabajo fue la firma del Tratado de Versalles donde, en su fracción XII, estableció los principios que posteriormente tomaría la organización Internacional del Trabajo (OIT).

Los inicios de la Medicina del Trabajo tuvieron, inicialmente, una visión asistencial dirigida a la prestación de primeros auxilios y hospitalización especializada, en la evaluación de los daños biológicos sufridos desde una perspectiva puramente clínica o quirúrgica y en tratamiento y Rehabilitación de los casos de invalidez, relegando los problemas de prevención a la evaluación médica pre-ocupacional y periódica de los trabajadores, encuestas higiénicas y las campañas de educación sanitaria (Betancourt, 1995).

Entre los años 1940 y 1950 la Medicina del Trabajo, tanto en Europa como en Estados Unidos, maduró hasta convertirse en una disciplina científica por pleno derecho. En el año 1950, para el Comité mixto de la Organización Internacional del Trabajo y la Organización Mundial de la Salud (OIT - OMS), la medicina del trabajo era la actividad médica que debía promocionar y mantener el mayor grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las profesiones; y, la protección de los trabajadores frente a todo tipo de riesgo procurando adaptar el trabajo y su ambiente a las capacidades fisiológicas y psicológicas de los trabajadores.

El término salud ocupacional se relaciona directamente con el término en inglés occupational health, que también ha sido traducido como salud laboral o salud en el trabajo, derivando de esta última traducción la homología con medicina del trabajo, como se puede apreciar al comparar las versiones inglesa y española de la Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo (Nava, 1994).

En 1986, la reunión de expertos de la Región de las Américas, organizado por la Organización Panamericana de la Salud, utilizaron la siguiente definición:

"Es el conjunto de conocimientos científicos y de técnicas destinadas a promover, proteger y mantener la salud y el bienestar de la población laboral, a través de medidas dirigidas al trabajador, a las condiciones y ambiente de

trabajo y a la comunidad, mediante la identificación, evaluación y control de las condiciones y factores que afectan la salud y el fomento de acciones que la favorezcan." (Tudón, 2004).

Agregando a continuación:

"El desarrollo de la salud ocupacional, debe lograrse con la participación y cooperación de los trabajadores, empresarios, sectores gubernamentales, instituciones y asociaciones involucradas. Para proyectar y ponerla en práctica es necesaria la cooperación interdisciplinaria y la constitución de un equipo, del cual tiene que formar parte el médico de los trabajadores." (Tudón, 2004).

En conclusión, la función de la Medicina Ocupacional es proteger y fomentar la salud y la capacidad de trabajo de los trabajadores, así como el bienestar de su familia y la de su ambiente. De esta manera, la Medicina contribuye a una buena gestión de las empresas saludables.

Actualmente, los Servicios de Medicina Ocupacional están dirigidos desde varias perspectivas en nuestro país, en su mayoría, por médicos ocupacionales y pocos de diferentes especialidades. A continuación, se detallan los objetivos que debe tener todo Servicio de Medicina Ocupacional:

- Proteger a las personas en sus trabajos de los riesgos a la salud y seguridad.
- Proteger el ambiente.
- Facilitar ambientes de trabajo saludable y seguro, de acuerdo a sus capacidades físicas, mentales y emocionales.
- Proveer adecuado cuidado médico y rehabilitación frente a enfermedades y daños derivados del trabajo.
- Asistir en las medidas necesarias para el mantenimiento de la salud de los trabajadores.

## REFERENCIAS

Rodríguez, E., Menéndez, A. (2005). La Medicina del trabajo en la historia. En: Gil F. Tratado de Medicina del Trabajo. Primera Edición, España: Masson SA Editores, pp. 3-6.

López M. (2000). Salud Pública y medicina curativa: objetos de estudio y fronteras disciplinarias. Salud Pública de México, pp. 42: 88 - 89.

Nava H. (1994). Antecedentes históricos de la Salud en el Trabajo. En: Barquín CM. socio medicina. Cuarta Edición, México: Méndez Editores, pp. 533-536.

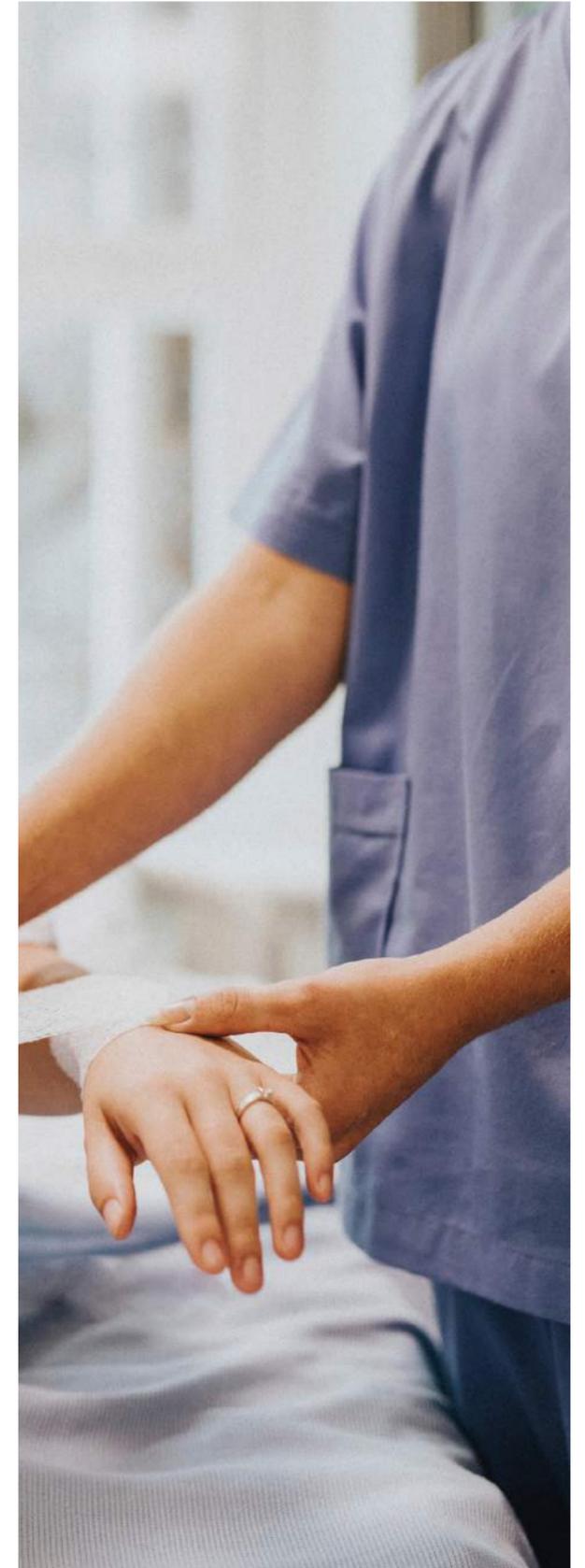
Clavreul J. (1983). El orden médico. Editorial Argot, pp. 86-87.

Betancourt O. (1995). Teoría y práctica de la salud de los trabajadores. En: Centro de Estudios y Asesoría en Salud y la Organización Panamericana de la Salud. La salud y el trabajo. Quito, Ecuador: Centro de Estudios y Asesoría en Salud y la Organización Panamericana de la Salud, pp. 1-13.

Tudón J. (2004). La medicina del trabajo y la salud ocupacional. Latinoamericana de la Salud y el Trabajo, 4 (2), p. 45.

## CONFERENCISTA

**Washington Toscano Hermosa**, Médico Cirujano graduado en el Universidad Central del Ecuador, 1988, obtuvo su experiencia inicial en salud Ocupacional en el Centro de Estudio de la Salud en el Trabajo de las Centrales Sindicales del Ecuador - FUT, lugar que recibió los conocimientos básicos para lograr su Especialidad en Medicina del Trabajo, mediante una beca Iberoamericana en la Universidad Nacional de Tucumán de la Republica de la Argentina. A su regreso inicio sendos congresos en el año 2002, 2004, 2008 que pusieron a la Medicina del Trabajo, se Integró a la Sociedad de Medicina del Trabajo en el año 2007. Es fundador del Instituto de Medicina del Trabajo.



# Liderazgo en la seguridad y salud del trabajo



## Pablo Elicio Ron Valenzuela (1)

(1) Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación, Universidad Tecnológica Indoamérica, Carrera de Ingeniería Industrial, Quito-Ecuador, pablaron@uti.edu.ec

**PALABRAS CLAVE:** Cultura preventiva, liderazgo, seguridad y salud.

El empoderamiento de la alta dirección, es primordial en las empresas, cuando se trata de la seguridad y salud en el trabajo; el liderazgo, que debe prevalecer en los responsables de este tema es determinante e imprescindible; por cuanto, tienen una responsabilidad social, moral y profesional en los centros de trabajo, que tiene como objetivo común la reducción de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales. La cultura preventiva nace en la creación del sistema de seguridad y salud en el trabajo e involucra competencias de todas las personas que se interrelacionan en las empresas, orientados con un enfoque en la seguridad y bienestar de los trabajadores, para ello existen deberes y responsabilidades de empleadores, quienes tienen que plasmar una política de SSO, asignar el talento humano, los recursos y la implementación en la organización; los trabajadores y departamentos que deben integrarse en el análisis FODA de este sistema, recogiendo y analizando datos, definiendo competencias, formación y responsabilidades para gestionar los riesgos y controlar la siniestralidad.

Entendemos como liderazgo en la seguridad y salud en el trabajo a la facilidad de comunicarse, de interrelacionarse con los demás y de transmitir que la seguridad absoluta no existe ya que todo trabajo por muy pequeño entraña riesgo por lo tanto a los riesgos se los debe identificar, medir, evaluar, controlar y hacer el seguimiento correspondiente con el fin de reducirlos o si es posible eliminarlos. Existen muchos tipos de liderazgo, tales como:

- El **natural**, quien satisface las necesidades de un equipo.
- El **participativo o democrático**, es quien toma la última decisión solicitando la contribución de otras personas que conforman un equipo de trabajo.
- **Autocrático**, es el que tiene el poder absoluto sobre los equipos.
- **Burocrático**, son los que se guían bajo reglas rigurosas y no son muy efectivos porque las normas no lo proveen todo.
- **Carismático**, inspiran mucha confianza y entusiasmo y son muy enérgicos al guiar a los demás.
- **Orientados a la tarea**, se centran a que los trabajos se cumplan y son autocráticos.

- **Situacional**, es el que varía su forma de interactuar en función de sus colaboradores.
- **Transformacionales**, son los que necesitan sentirse apoyados solo por ciertos empleados.

En síntesis se podría manifestar que el tipo de liderazgo va a ser una combinación de los tipos de liderazgo tomando en cuenta el contexto en el que se vaya actuar y el grupo de personas con quien se va a relacionar.

Lo verdaderamente importante de un líder es conocer a fondo las necesidades y oportunidades de la empresa y de sus liderados; utilizando estrategias que permitan transmitir confianza, trabajo en equipo, comunicación efectiva, capacidad de aprendizaje, capacidad de enseñar con el ejemplo a otros y orientar las energías individuales hacia el cambio y la mejora continua; es decir combinar los tipos de liderazgo en función de con quien estemos y de las realidades a la que nos enfrentamos.

Por último, se hace referencia a siete principios; que sin ser los únicos, se consideran los más importantes y se mencionan a continuación:

- **1. Crear la visión de la seguridad por medio de la política**, dándole el lugar que se merece con objetivos alcanzables y con comportamientos idóneos de los trabajadores y empleadores.
- **2. Integrar la seguridad** en todos los niveles de la organización creando roles y funciones a cada uno.
- **3. Ser claros y transparentes en la comunicación** fomentando el análisis de actos y condiciones inseguras que genere situaciones de riesgo.
- **4. Ser creíble y predicar con el ejemplo** siendo competente, íntegro, equitativo a la hora de juzgar la seguridad, argumentando sus decisiones e involucrándose en el trabajo.

- **5. Instaurar el trabajo en equipo y la cooperación** en los métodos de trabajo con una visión global de los riesgos.
- **6. Estar presente en los sitios de trabajo**, para observar, escuchar y comunicar eficazmente lo que se está haciendo bien y recordar lecciones de accidentes e incidentes del pasado.
- **7. Hacer hincapié en las buenas prácticas** de seguridad y aplicar sanciones justas.

#### REFERENCIAS

Goleman, D. (2013). *Cómo ser un líder*. Ediciones B, S.A.

Hernández, H.-Monterrosa, A.-Muñoz, D. *Cultura de prevención para la seguridad y salud en el trabajo en el ámbito colombiano*.

Lopez, A. (2016). *Liderar desde la seguridad y salud*. Madrid: Fremap.

Muchinsky, P. (2000). *Psicología del trabajo*. Ediciones Paraninfo.

Organización Internacional Del Trabajo (OIT). (2013) *Convenio sobre Seguridad y Salud de los trabajadores*. Ginebra. Recuperado de: [http://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMAL-EX-PUB:12100:0::NO::P12100\\_ILO\\_CODE:C155](http://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMAL-EX-PUB:12100:0::NO::P12100_ILO_CODE:C155)

#### CONFERENCISTA

**Pablo Elicio Ron Valenzuela**, Ingeniero Mecánico con maestría en Calidad, Seguridad y Ambiente, Maestría en Educación; Calificación en el MRL para empresas de alto riesgo Auditor SART, experiencia profesional en empresas del sector petrolero, textil, metalmeccánico y farmacéuticas, Docente de la Universidad Tecnológica Indoamérica.



# SECCIÓN 03

ENERGÍAS RENOVABLES Y  
DESARROLLO INDUSTRIAL

**CHARLAS MAGISTRALES  
CONFERENCISTAS  
INVITADOS**

# Microrredes y eficiencia energética



Diego Arcos Avilés (1)

(1) Departamento de Eléctrica y Electrónica, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí-Ecuador, dgarcos@espe.edu.ec

**PALABRAS CLAVE:** Microrred, estrategia de gestión energética y Fuzzy Logic.

Los beneficios ambientales y económicos relacionados con la reducción de emisión de gases de efecto invernadero (GHG) y las pérdidas de transmisión han hecho que los sistemas distribuidos de generación renovable se conviertan en una solución competitiva para los futuros sistemas de energía (International Energy Agency, 2015). En este contexto, las microrredes (MG) se consideran como los componentes clave de las redes inteligentes (Bacha et al., 2015) y han despertado gran atención en la última década por su potencial y el impacto que pueden tener en el futuro (Lidula & Rajapakse, 2011; Siano et al., 2012).

El concepto de MG ha captado una gran atención en los últimos años, ya que puede considerarse una de las alternativas más adecuadas para la integración de unidades de generación distribuidas en la red eléctrica (Lasserter, 2002). Sin embargo, esta integración implica algunos desafíos a tratar, especialmente cuando se incrementa la penetración de Fuentes de Energía Renovable (RES) en la red de distribución. Por lo tanto, se requiere un Sistema de Gestión Energético (EMS) (Olivares et al., 2014) efectivo para garantizar la utilización óptima de energía dentro de la MG, lo que facilita la integración de la red y el control del operador. En este sentido, el diseño de la estrategia EMS depende de la aplicación, la arquitectura de potencia MG y la capacidad de administración de potencia de los elementos MG (Arcos-Aviles et al., 2017; Arcos-Aviles et al., 2018).

Esta presentación se enfoca en el diseño de estrategias de gestión basadas en un controlador Fuzzy Logic (FLC) para un MG residencial conectada a la red eléctrica, la cual incluye generación de energía renovable (i.e., generadores fotovoltaicos y de turbinas eólicas) y capacidad de almacenamiento (i.e., banco de baterías y almacenamiento de agua tanque). El objetivo principal de las estrategias de EMS basadas en FLC es minimizar las fluctuaciones en el perfil de potencia intercambiado con la red eléctrica mientras se mantiene el estado de carga de la batería (SOC) dentro de límites seguros. Para lograr este objetivo, los parámetros de diseño del controlador, como las funciones de pertenencia (MF) y la base de reglas, de las estrategias de gestión se ajustan para optimizar un conjunto predefinido de criterios de calidad (Pascual et al., 2015) relacionados con el correcto desempeño de la MG.

## REFERENCIAS

Arcos-Aviles, D., Pascual, J., Guinjoan, F., Marroyo, L., Sanchis, P., & Marietta, M. P. (2017). Low complexity energy management strategy for grid profile smoothing of a residential grid-connected microgrid using generation and demand forecasting. *Applied Energy*, 205, 69–84. <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.07.123>

Arcos-Aviles, D., Pascual, J., Marroyo, L., Sanchis, P., & Guinjoan, F. (2018). Fuzzy Logic-Based Energy Management System Design for Residential Grid-Connected Microgrids. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 9(2), 530–543. <http://doi.org/10.1109/TSG.2016.2555245>

Bacha, S., Picault, D., Burger, B., Etxeberria-Otadui, I., & Martins, J. (2015). Photovoltaics in Microgrids: An Overview of Grid Integration and Energy Management Aspects. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 9(1), 33–46. <http://doi.org/10.1109/MIE.2014.2366499>

International Energy Agency. (2015). CO2 Emissions from Fuel Combustion Highlights. *IEA Statistics, (IEA-STATISTICS)*, 1–15. <http://doi.org/10.1787/co2-table-2011-1-en>

Lasseter, R. H. (2002). MicroGrids. In *IEEE Power Engineering Society Winter Meeting (Vol. 1, pp. 305–308)*. New York, NY, EEUU. <http://doi.org/10.1109/PESW.2002.985003>

Lidula, N. W. A., & Rajapakse, A. D. (2011). Microgrids research: A review of experimental microgrids and test systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 186–202. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.041>

Olivares, D. E., Mehrizi-Sani, A., Etemadi, A. H., Cañizares, C. a., Iravani, R., Kazerani, M., ... Hatziargyriou, N. D. (2014). Trends in microgrid control. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 5(4), 1905–1919. <http://doi.org/10.1109/TSG.2013.2295514>

Pascual, J., Barricarte, J., Sanchis, P., & Marroyo, L. (2015). Energy management strategy for a renewable-based residential microgrid with generation and demand forecasting. *Applied Energy*, 158, 12–25. <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.08.040>

Siano, P., Cecati, C., Yu, H., & Kolbusz, J. (2012). Real Time Operation of Smart Grids via FCN Networks and Optimal Power Flow. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 8(4), 944–952. <http://doi.org/10.1109/TII.2012.2205391>

## CONFERENCISTA

**Diego Arcos Avilés**, recibió el título de Ingeniero en Electrónica, Automática y Control de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador, en 2002. Obtuvo sus títulos de Master en Ciencias y Doctorado en Ingeniería Electrónica por la Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España, en los años 2012 y 2016, respectivamente. Es Profesor Asociado del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE desde 2002. Es Editor General de la revista *Maskay* de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y conforma el comité técnico y científico de numerosos congresos y revistas a nivel nacional e internacional. Sus intereses de investigación incluyen la gestión energética de microrredes, control de electrónica de potencia, redes inteligentes y sistemas de generación renovables.



# Desarrollo e innovación industrial clave para la conservación ambiental

Belén Vallejo Vargas (1), Camila Álvarez (2)

(1) SR3 INVENT Cía. Ltda, Tumbaco-Santa Rosa, Quito-Ecuador, belen.vallejo@sr3invent.com

(2) SR3 INVENT Cía. Ltda, Tumbaco-Santa Rosa, Quito-Ecuador, camilaalvarez174@gmail.com

**PALABRAS CLAVE:** Industria, desarrollo sostenible, sustentable, economía circular.

La industria ha sido un sector económico que por muchos años ha traído beneficios para el ser humano, pero consigo efectos adversos en el medio ambiente como agotamiento de los recursos, aumento de emisiones de gases -efecto invernadero-, acumulación de residuos, entre otros. Es por ello que, en la actualidad, el desarrollo industrial juega un rol importante en cuanto a la búsqueda de alternativas que permitan mitigar y adaptar los efectos del cambio climático. La Economía circular es una de las tendencias en la industria que maximiza los recursos durante los procesos, minimiza los costos y además se recicla los residuos generados reduciendo el impacto ambiental. Finalmente, cabe destacar que la sensibilización ambiental es un aspecto fundamental que se debe fomentar en cada sector productivo ya que son los encargados de los procesos quienes pueden convertirse en agentes de cambio; tienen el conocimiento de las oportunidades de mejora hacia un desarrollo sustentable y sostenible.

A partir de la revolución Industrial, el desarrollo tecnológico y científico ha causado cambios en la vida social y económica de los seres humano. Los beneficios de este desarrollo han trascendido hasta la actualidad, pero también sus efectos adversos; la industrialización ha provocado contaminación ambiental, agravando y acelerando los efectos de cambio climático. De hecho, la actividad económica en estas últimas décadas ha ido acompañada de preocupaciones ambientales, escasez de recursos y seguridad energética. Frente a estas problemáticas, las industrias han mostrado recientemente especial interés en una producción sostenible y sustentable, adoptando iniciativas de responsabilidad social corporativa y responsabilidad ambiental (OECD, 2009).

Entender que las malas prácticas ambientales conllevan a la pérdida de recursos, ha sido un proceso largo pero esencial para el desarrollo e innovación industrial amigable con el ambiente. Un claro ejemplo del impacto causado por actividades humanas, es el mar Báltico, el cual ha sido considerado como mar muerto debido a la contaminación de sus aguas con ácidos, metales tóxicos, aguas residuales, exceso de fertilizantes, entre otros compuestos contaminantes (Echarri, s/f).

Por tanto, es necesario comprender que después de cada proceso industrial se generan nutrientes, aguas residuales, desechos químicos, metales, entre otros componentes. Es por ello que para reducir el impacto ambien-



tal industrial se requiere de innovación para cerrar el círculo y lograr una Economía Circular. Es decir, maximizar los recursos para que estos permanezcan en el ciclo productivo constantemente, reutilizar al máximo aquellos residuos que se hayan generado, y por último encontrar la manera de generar la menor cantidad de residuos posibles (Chacón, 2018; Ministerio para la Transición Ecológica España, s/f).

Suecia ha sido considerada como uno de los países con mayor sustentabilidad y sostenibilidad exitosa. Las reformas ambientales desarrolladas en este país demuestran que adoptando nuevas tecnologías amigables con el ambiente no solo se reduce el impacto ambiental, sino que también se reducen los costos ya que los insumos necesarios disminuyen (Nidumolu, 2009). Una de las principales medidas involucra el aprovechamiento de los residuos generados en los procesos de producción. En Vaxjo, por ejemplo, más del 90% de energía utilizada para la electricidad y calefacción proviene de la combustión de residuos de la industria forestal local (Slavin, 2015).

Por otra parte, Ecuador ha sido considerado como pionero en el procesamiento de sustancias que destruyen la capa de ozono (Chang, 2018), uno de los primeros países latinoamericanos con una producción sostenible certificada de aceites de palma (BioEnergy International, s/f).

El sector industrial, tiene una gran capacidad de ser protagonista en medidas que mitiguen y prevengan los efectos del cambio climático. Son los encargados de procesos quienes tienen una alta injerencia en el manejo eficiente de recursos y procesos.

Dentro del desarrollo del taller, se realizaron dinámicas, que permitieron sensibilizar a los participantes sobre su capacidad de ser agentes de cambio. Los resultados evidenciaron el profundo conocimiento que tienen los estudiantes sobre procesos y su capacidad para identificarlos, por ejemplo, en 5 minutos, se obtuvieron alre-

dedor de 50 iniciativas de economía circular, se concluye que existe un potencial nicho de mercado. Es importante mencionar que dichas iniciativas requieren de un proceso de apoyo continuo para que se puedan aplicar efectivamente.

## REFERENCIAS

Chacón, S. (2018). El criterio ambiental juega un rol decisivo al buscar beneficios para su empresa. Diario El Telégrafo. Recuperado de: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/desde/1/el-criterio-ambiental-juega-un-rol-decisivo-al-buscar-beneficios-para-su-empresa>

Chang, D. (2018). Ecuador pioneering the destruction of ozone depleting substances. UNIDO. Recuperado de: <https://www.unido.org/stories/ecuador-pioneering-destruction-ozone-depleting-substances> BioIndustry International. (s/f). Ecuador takes significant step towards certified sustainable palm oil production. Recuperado de: <https://bioenergyinternational.com/biofuels-oils/ecuador-takes-significant-step-towards-certified-sustainable-palm-oil-production>

Echarri, L. (s/f). El mar Báltico en peligro. Contaminación marina. Libro electrónico. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgu/151Baltic.htm>

Nidumolu, R. (2009). Why Sustainability Is Now the Key Driver of Innovation. Recuperado de: [http://www.billsynnotandassociates.com.au/images/stories/documents/sustainability\\_the\\_key\\_driver\\_of\\_innovation.pdf](http://www.billsynnotandassociates.com.au/images/stories/documents/sustainability_the_key_driver_of_innovation.pdf)

OECD. (2009). Sustainable Manufacturing and Eco-Innovation. Organisation for Economic Co-operation and Development. Framework, Practices and Measurement. Recuperado de: <https://www.oecd.org/innovation/inno/43423689.pdf>

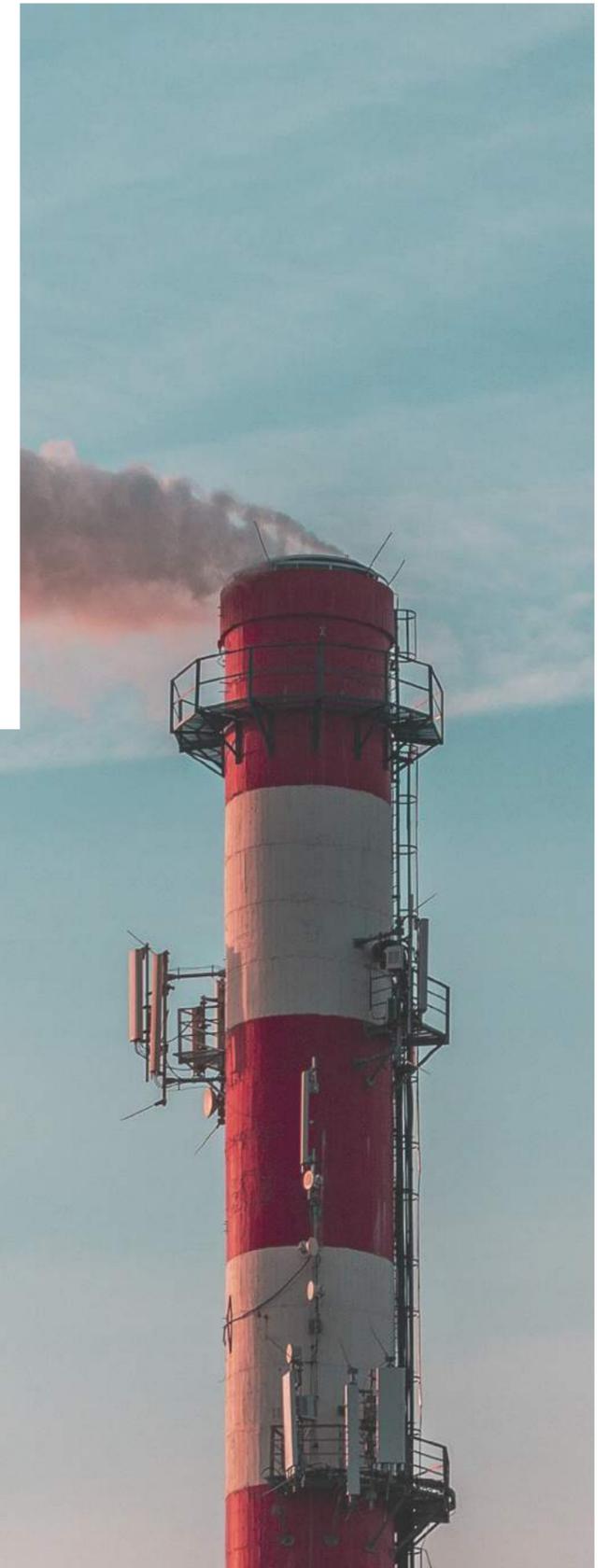
Slavin, T. (2015). The European cities moving faster on clean energy than their governments. The

Guardian. Recuperado de: <https://www.theguardian.com/public-leaders-network/2015/jul/06/european-cities-clean-energy-governments-eu-climate-targets>

## CONFERENCISTAS

**María Belén Vallejo Vargas**, estudió Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente en Ecuador, maestría en Manejo Sostenible del Agua en Suecia y fue cewas start-up program en Suiza. Tiene 12 años de experiencia en el sector ambiental. Actualmente es Gerente de Operaciones y Negocios de SR3 INVENT.

**Camila Salomé Álvarez Vega**, estudia Ingeniería en Procesos Biotecnológicos en la Universidad San Francisco de Quito, está realizando su tesis vinculada a la biodegradación de polímeros. Actualmente apoya técnicamente en SR3 INVENT.



# Ciencia, tecnología e innovación: el TAU del desarrollo regional

Pedro Pablo Burbano (1)

(1) Vicerrector de I+D+I y Posgrados, Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, AUNAR, Pasto (Nariño)-Colombia, innovayaco@gmail.com, vicerectoria.investigacion@aunar.edu.co

**PALABRAS CLAVE:** Producción conocimientos, intangibles, dinámicas sociales, desarrollo territorial.

La C+T+I fortalece el desarrollo de las regiones (la conceptualización de departamento, región o territorio, se tratará como una misma acepción). La industria, los servicios, el turismo, las TIC, reúnen una serie de conocimientos, unos sofisticados y otros populares, que impactan de diferente forma a este tipo de organizaciones e instituciones; la implementación de procesos, productos, organizaciones, comercialización y financiación que se originan en las empresas demandan talento humano para su operación; el empleo, cambiante y exigente, reclama mínimos niveles de formación; las dificultades departamentales relacionadas con la economía, las vías terrestres y fluviales, la generación de empleo formal y de calidad, la equidad de género, la reducción de la exclusión social y económica, el analfabetismo raso y digital, las profundas desigualdades científicas y tecnológicas departamentales que incrementan la vulnerabilidad cultural y política... van marcando senderos de progreso y desarrollo de los pueblos, van dando giros, en unos más que en otros, que habitan una región y un país.

La C+T+I dinamiza la economía, coadyuva a mejorar productos y procesos empresariales e industriales; permite prospectar escenarios económicos, sociales, políticos y culturales para tomar decisiones inteligentes; la agricultura y la ganadería son más productivas y competitivas si articulan la C+T+I a sus variadas actividades y procesos agroindustriales; los graneros, tiendas, grandes superficies de ventas, cada una y su a manera, sacan provecho de la C+T+I para incrementar sus ventas y llegar a un mayor número de clientes; el transporte, sincronizado, económico, social y cultural, facilita comprender la dimensión humana para ofertar servicios variados de calidad; la salud, en su múltiple cadena de servicios, pasando por una cita médica hasta llegar a una compleja cirugía, exige C+T+I para ser eficiente y eficaz; el deporte de alto y medio rendimiento, requiere el conocimiento científico y tecnológico para lograr cotas competitivas exitosas;... en fin, la C+T+I permea todas las actividades del ser humano para optimizar su productividad y competitividad, mejorar los cambios y transformaciones mundiales, ver e interpretar en tiempo real los variados acontecimientos nacionales e internacionales, interiorizar las transformaciones sociales y culturales, avanzar en la construcción ecológica de espacios comunes de desarrollo y progreso. La C+T+I participa en el progreso y desarrollo de los pueblos.

El día a día en el territorio va construyendo estilos de vida y de desarrollo. La panadería, el salón comunal, la escuela, los caminos y carreteras, la agri-



cultura y ganadería, las empresas, el folclor y la tradición oral y escrita, van forjando identidad territorial, reflejando dinámicas sociales, culturales, económicas y políticas propias de las personas que se integran para evidenciar tejido social y desarrollo territorial, velando para que los intangibles encarnados en las personas y en las tradiciones no se pierdan y se fortalezcan con el discurrir del tiempo. Es pertinente resaltar que "la identidad territorial, así como el capital social, no deben ser entendidos como activos preexistentes o inexistentes en un territorio, sino como un activo intangible que es posible construir localmente mediante la generación de espacios de concertación y redes de confianza entre actores para enfrentar los retos comunes" (Albuquerque, 2007, p. 65).

Allí donde la dinámica social, económica, política y cultural se expande en el territorio, la C+T+I va facilitando eficiencia y eficacia sobre los quehaceres del hogar, empresas públicas y privadas, organizaciones, instituciones, del territorio, permitiendo que su productividad y competitividad favorezca el desarrollo sostenible de la región y optimice las condiciones de vida de las comunidades que lo habitan. El desarrollo desde la región, desde adentro, fortalece la cultura, genera dinámicas variadas a los procesos económicos, propicia escenarios para la convivencia y la cohesión social, facilita exigir visiones globales de desarrollo a los líderes sociales y políticos, según Garofoli (1986, p. 161). El desarrollo, a partir de la C+T+I, en el territorio exige implementar estrategias en variados frentes: institucional, empresarial, laboral, financiero, educativo, político, normativo, entre otros, creando ambientes sistémicos que contribuyan con el fortalecimiento del capital tangible e intangible de la región, los cuales potencian el desarrollo endógeno y la competitividad (Keating, 1998; Helmsing, 1999; Scott, 1998).

En el territorio se hilan variadas estrategias, unas veces convergentes y/o divergentes, para que la C+T+I se implique y coadyuve con la transformación social, económica, política y cultural, convirtiéndolo en escenario de oportunidades,

realizaciones, pero también de obstáculos y amenazas, aspectos que se justifican cuando las relaciones individuales y grupales confluyen en objetivos comunes. Es decir, el territorio, es el lugar, "donde el hombre y los negocios establecen relaciones, donde instituciones públicas y locales intervienen para la regulación social. El territorio representa el lugar de encuentro de las relaciones mercantiles y de formas de regulación social, que determinan diferentes formas de organizar la producción y diferentes capacidades de innovación, que conducen a una diversificación de los productos representados al mercado no basada en el coste relativo de los factores" (Furió, 1996, p. 105).

En definitiva, la C+T+I son vitales para favorecer crecimiento económico y bienestar social. Sin estos factores el TAU del desarrollo regional se podrá evidenciar en el corto y mediano plazo.

## REFERENCIAS

Albuquerque, F. (2007). "Desarrollo económico y territorio: Enfoques teóricos relevantes y reflexiones derivadas de la práctica". En García Docampo, M. (ed.). *Perspectivas teóricas en desarrollo local*. Oleiros: Netbiblo.

Furió, E. (1996). *Evolución y cambio en la economía regional*. Barcelona: Ariel.

Garofoli, G. (1986). "Modelos locales de desarrollo". *Estudios Territoriales*, nº 22, pp. 157-168.

Helmsing, A. H. J. (1999). "Teorías de desarrollo industrial regional y políticas de segunda y tercera generación". *Revista de Estudios Urbanos y Regionales*, nº 25, vol. 75, pp. 5-39.

Keating, M. (1998), *The New Regionalism in Western Europe: Territorial restructuring and political change*, Cheltenham, Edward Elgar.

## CONFERENCISTA

**Pedro Pablo Burbano**, Doctor o Ph.D en Estudios Políticos, Master docencia de la Física, Master

en Dirección General de Empresas, Master en Análisis y Gestión de la Ciencia y la Tecnología, Especialización en Economía de los Recursos Naturales y Medio Ambiente, Especialización en Ciencia, Tecnología y Sociedad. Docente investigador y profesor Asociado de las Universidades: Distrital de Colombia, Escuela Superior de Administración Pública y Universidad Los Libertadores. Actualmente desempeña el cargo de Vicerrector de I+D+I y Relaciones Internacionales de la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, AUNAR. Es par académico del orden nacional e internacional, conferencista de talla nacional e internacional, invitado como ponente en CONGRESOS nacionales e internacionales para compartir el resultado de las variadas investigaciones.



# INVESTIGACIONES UNIVERSITARIAS

# Análisis de procesos de trabajo de la línea de remate de carrocerías de automóviles en el área de suelda en la Empresa OBB

Juan Pablo Veliz Vera (1), Ana Álvarez Sánchez (2)

(1) Área de suelda de la línea de remate de carrocerías de automóviles, General Motors Ómnibus BB, Quito-Ecuador, juanpablo.velizvera@gm.com

(2) Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación, Universidad Tecnológica Indoamérica, Carrera de Ingeniería Industrial, Quito-Ecuador, anaalvarez@uti.edu.ec

## RESUMEN

El presente estudio consiste, en el análisis del diseño del layout en la línea de remate de carrocerías de automóviles, en el área de suelda de la empresa OBB, donde involucra e inciden la inadecuada distribución de las operaciones de soldadura. Los sistemas de indicadores de los procesos de producción, el diseño del layout está ligado a la Ingeniería de Producción y sustentados con la Ingeniería Industrial, para la implementación de mejoras continuas en la empresa. Dado que existen varios indicadores implicados en la tarea de control, planificación, estrategia de producción y productividad horas hombre eficientes, para los diferentes productos debiendo cumplir con todos los estándares nacionales e Internacionales dentro de la empresa OBB, que implica mantener el control de alta calidad de sus productos terminados. Versus los costos de mantener los equipos y procesos de trabajos de la línea de remate en perfecto equilibrio costos eficiencia y funcionamiento dentro de los talleres de ensamblaje en esta línea de montaje, de las diferentes partes y componentes que comprenden la construcción de un automóvil.

**PALABRAS CLAVE:** Layout, línea de remate, procesos de producción, mejora continua, planificación.

## ABSTRACT

This present study consists in the analysis related to the design of the layout in the auction line of cars in the OBB Company soldering area, where it involves and influences in the unsuitable distribution of the soldering operations. Thus, the indicators system of the Production Processes, the design of layout are linked to the engineering production and sustained with the Industrial Engineering in order to the constant improvement implementation. Since there are several involved indicators in the task of control, planning, production and productivity, efficient man hours strategy, for the different products which they must fulfill with all the National and International standards within the OBB company, which it implies to keep high quality control of their finished products, against the maintenance costs of the equipment and the work processes of the auction line in perfect balance, efficient costs and functioning within the assembly workshops in this set up lines, different parts and components that comprise the construction of a car.

**KEYWORDS:** Layout, auction line, constant improvement production processes, planning.



### 1. INTRODUCCIÓN

En la empresa O.B.B. cada año se están implementando nuevos procesos tecnológicos donde se incluyen los nuevos programas de estandarización de procesos en tiempos establecidos de acuerdo a los requerimientos de producción. En la actualidad se utiliza el programa APS y STDS con tecnología americana, en el cual incluye toda información relacionada a la estandarización de los procesos.

En este trabajo se desarrollará la línea de remates de carrocería de automóviles, es decir, el área de suelda. Para mantener fijo y sellado los bordes de cada parte, se realiza un proceso de soldadura o remate; que permite asegurar que cada parte, esté unida una con la otra y no se desprenda dando estructuras homogéneas y compactas. Este proceso toma un determinado tiempo de ensamblaje, se utilizan una gran variedad de elementos, maquinaria y herramientas para realizar eficientemente un espacio determinado y un alto rendimiento.

Sin embargo, este proceso puede ser mejorado en tiempo, espacio, lo que generará un remonte en ganancias.

En la Empresas OBB se realizó un análisis del proceso de trabajo que se ejecutan dentro del área línea de remate de las carrocerías de automóviles en el área de suelda. Con estos antecedentes se ha llegado a la conclusión de que puede haber una mejora en la distribución en los equipos de suelda de electro punto y un mejoramiento en el uso del espacio físico, que ayude a facilitar la producción.

### 2. PROPUESTA/DESARROLLO

Se evidencia el problema que cuando se incrementa el número de unidades requeridas por el área de ventas, debe modificar los procesos en la línea remate y aumentar el número de trabajadores según la necesidad de producción y pedidos. Por lo que el layout de la línea de remate de carrocerías de automóviles en el área de suelda en la empresa OBB, se debe modificar en su estructura fundamental basado en el resultado de un diagnóstico y estudio previo.

### 3. DIAGNÓSTICO

El proceso de producción de la empresa OBB en la línea de remate de carrocerías, área suelda, se observa en el diagrama de flujo ilustrado en la Figura 1.

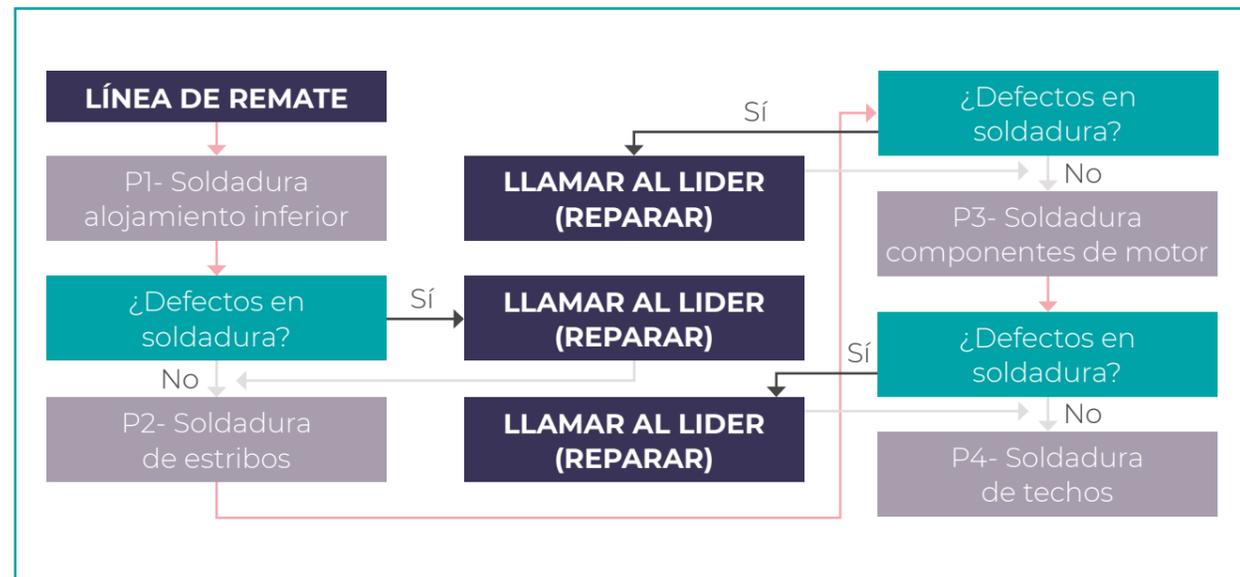


Figura 1. Diagrama de flujo del área de suelda.

Tiempo disponible

**Línea de producción.**  
Turno: 07:00 - 15:45 = 525 MINUTOS

**(Lunes-Viernes):**  
10:00 - 10:15 = 15 min DE REFRIGERIO  
13:15 - 14:00 = 45 min DE ALMUERZO

**JET = 525 MINUTOS - 60 MINUTOS**

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo disponible (minutos)}}{\text{Demanda del cliente (unidades)}}$$

$$\text{Takt Time} = \frac{465 \text{ minutos}}{100 \text{ unidades}} = 4,65 \text{ min/unid}$$

Tiempo estándar real:

Es el tiempo real que toma producir un vehículo o un componente del mismo. Depende de muchos factores tales como el tiempo de arranque, el estado del stock de unidades, la frecuencia de paros de línea, ineficiencias, etc.

Disponibilidad Operacional

Incluye, paradas por problemas de producción, falta de materiales, problemas de calidad y planeación.

$$\text{Tiempo real de operación} = \text{Disponibilidad operacional (\%)} * \text{Tiempo ideal}$$

$$95\% * 4,65 = 4,41 \text{ min/unid}$$

$$\text{Carga de trabajo} = \left( \frac{\text{Tiempo de ciclo (min)}}{\text{Tiempo real de la operación (min)}} \right) * 100$$

$$\text{Carga de trabajo} = \left( \frac{4,00 \text{ minutos}}{4,41 \text{ minutos}} \right) * 100 = 90,7\%$$

El operario tiene una carga del 90.7% para producir una unidad y el 9.3% se puede considerar como tiempo improductivo.

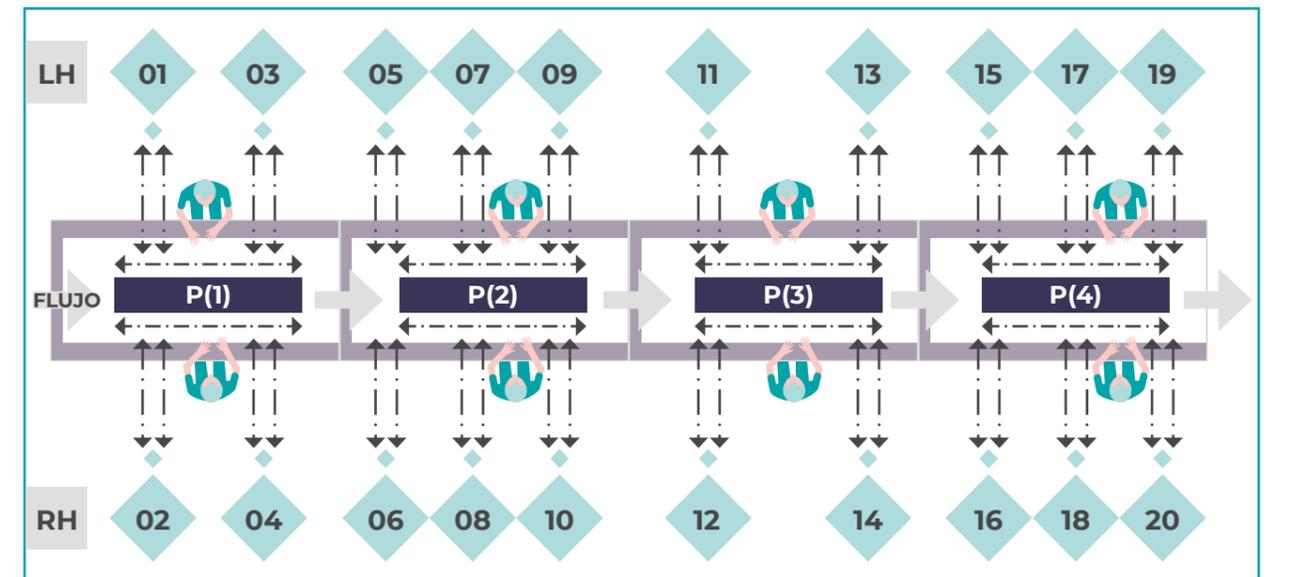


Figura 2. Layout línea de remate en estudio.

3.1. Población y muestra

La población es de veinticuatro personas del área de suelda. A partir de ahí se utilizarán los métodos cuantitativos y cualitativos para mejorar el proceso de productividad y el cumplimiento de las unidades programadas.

| ÍTEM         | POBLACIÓN             | POBLACIÓN |
|--------------|-----------------------|-----------|
| 1            | Directivos            | 5         |
| 2            | Supervisores          | 3         |
| 3            | Asistentes            | 3         |
| 4            | Mantenimiento (apoyo) | 5         |
| 5            | Operarios             | 8         |
| <b>Total</b> |                       | <b>24</b> |

**Tabla 1.** Población y muestra analizada. Descripción de la población y muestra.

- **Los directivos** son los líderes a las áreas involucradas como: líder seguridad industrial, líder procesos, líder de mantenimiento, líder producción y líder control de calidad.
- **Los supervisores** son: de seguridad industrial, control de calidad y supervisor de línea de terminado.
- **Los asistentes** son: asistente de procesos, asistente de control de calidad y asistente de línea de terminado.
- **Mantenimiento (apoyo)** son: mecánico, eléctrico, electrónico, neumático y soldadores.
- **Operarios de línea de remate:** están distribuidos de la siguiente manera: cuatro de lado derecho y cuatro de lado izquierdo. Y

estos a su vez se distribuyen en: dos operarios para la operación P1 de Soldadura Alojamiento Inferior, dos operarios para la operación P2 de soldadura de estribos, dos operarios para la operación P3 de soldadura componentes de motor y dos operarios para la operación P4 de soldadura del techo, para un total de ocho operarios directos a la producción.

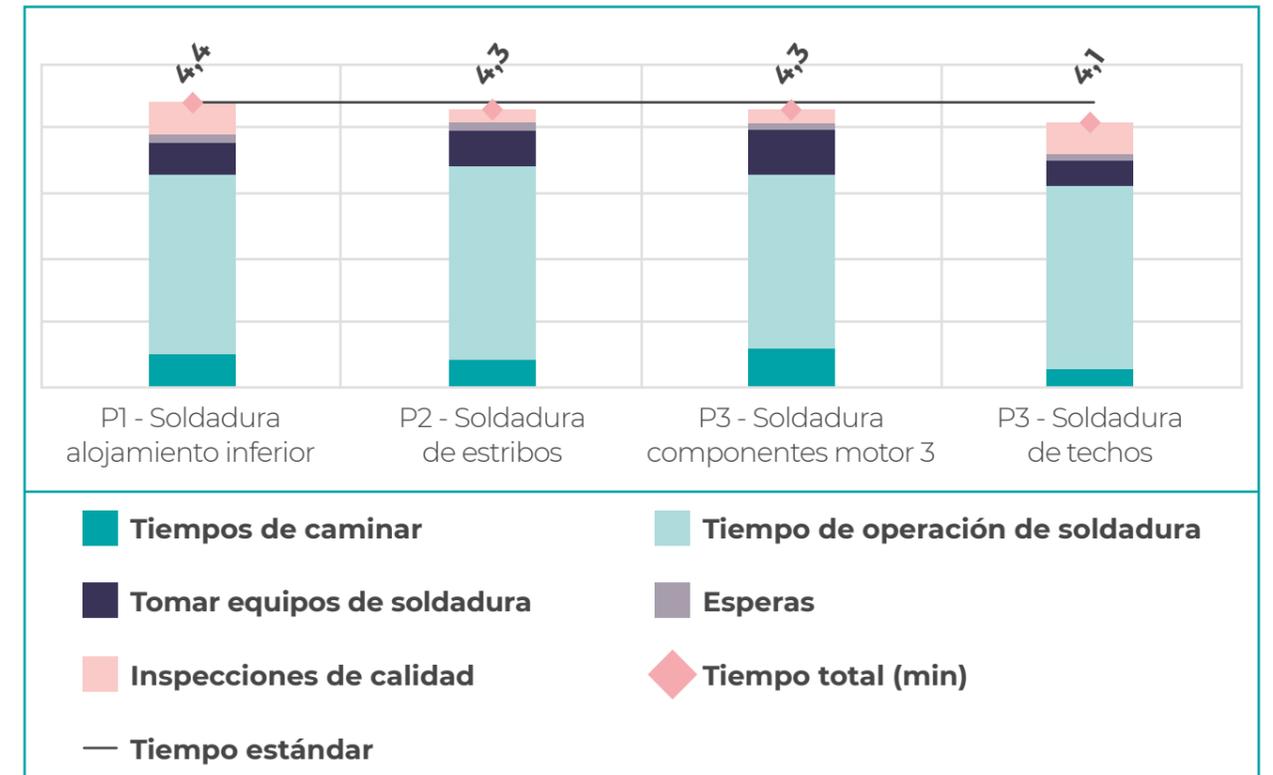
3.2. Producto o servicio

Las operaciones de trabajo en línea de remate de carrocería de automóviles en el área de suelda están representadas en la figura 3.

Se observan las cuatro operaciones que existen de soldadura de electro-punto; mismas que están distribuidas de la siguiente manera:

- **Operación P1:** Suelda alojamiento inferior de la puerta delantera y posterior tienen una carga de trabajo al límite con el tiempo establecido para su producción. En el análisis de tiempo tiene una suma de 4,4 minutos.
- **Operación P2:** Suelda de la parte inferior del vehículo, es decir, los estribos. La carga de trabajo tiene un mínimo GAP con relación al tiempo establecido para su producción. Tiene una suma de su tiempo de 4,3 minutos.
- **Operación P3:** Suelda los componentes del motor y los alojamientos posteriores. La carga de trabajo tiene un mínimo GAP con relación al tiempo establecido para su producción, con un tiempo de 4,3 minutos.
- **Operación P4:** Suelda los alojamientos de parabrisas y techo. Tiene una carga de trabajo, mayor en relación al tiempo establecido para su producción, con un tiempo de operación de soldadura media de 2,8 minutos y total de 4,1 minutos.

Las cargas de trabajo en algunos casos son mayores en relación al tiempo establecido para su producción, y en otros, menor al tiempo esta-



**Figura 3.** Operaciones de trabajo en línea de remate.

blecido, cualquier problema que se produjera, afectaría la producción, es decir, se requiere por cualquier problema un balanceo en las operaciones, ya que podrían afectar a la producción total.

3.3. Propuesta de solución

Rediseñar el nuevo layout en la línea de remate de carrocerías de automóviles en el área de suelda de la empresa OBB para lograr equilibrar el tiempo de producción por operaciones y puestos de trabajo, realizar una adecuada distribución de la maquinaria y la carga de trabajo en los puestos de operación con la implementación del nuevo sistema de producción de acuerdo al layout reestructurado. (Página siguiente, figura 4).

3.4. Otros

Cursogramas analíticos propuestos mostrando las mejoras del proceso con el análisis de tiempos de las operaciones, transportes, demoras,

almacenamientos e inspecciones. (Páginas siguientes, figuras 5 y 6).



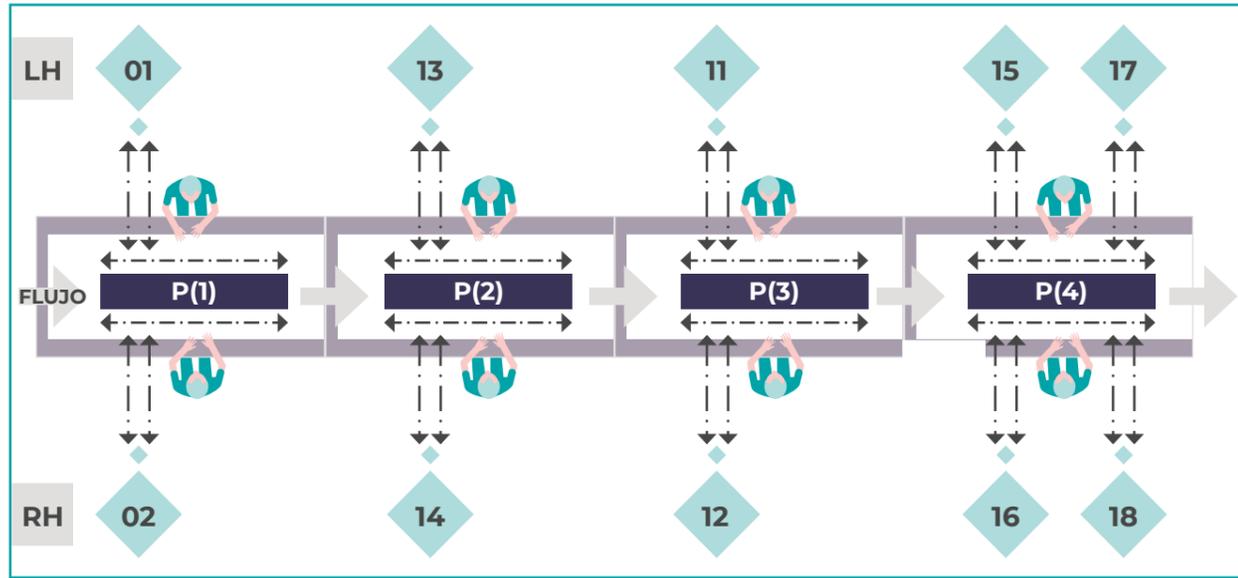


Figura 4. Propuesta del layout línea de remate.



| DIAGRAMA DE FLUJO DE LA OPERACIÓN                                   |                                      |                    |                    |               |                       |                    |                    |                   |                    |              |                           |
|---|--------------------------------------|--------------------|--------------------|---------------|-----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------|---------------------------|
| UBICACIÓN: Línea de remate de carrocerías                           |                                      | RESUMEN            |                    |               |                       |                    |                    |                   |                    |              |                           |
| ACTIVIDAD: Soldadura alojamiento inferior                           |                                      | EVENTO             | CANT. PASOS ACTUAL | TIEMPO ACTUAL | CANT. PASOS PROPUESTA | TIEMPO PRO- PUESTO | CANT. PASOS MEJORA | TIEMPO MEJORA     |                    |              |                           |
| FECHA:  |                                      | Operación          | 11                 | 3.02          | 7                     | 2.4                | 4.0                | 0.6               |                    |              |                           |
| OPERACIÓN 1 ANALISTA:   |                                      | Transporte         | 1                  | 0.25          | 1                     | 0.3                | 0.0                | 0.0               |                    |              |                           |
| Subraye el método y tipo apropiado                                  |                                      | Retrasos           | 1                  | 0.25          | 1                     | 0.3                | 0.0                | 0.0               |                    |              |                           |
| MÉTODO: Presente   Propuesto  |                                      | Inspección         | 1                  | 0.47          | 1                     | 0.1                | 0.0                | 0.3               |                    |              |                           |
| TIPO: Trabajador   Material   Máquina                               |                                      | Almacena- miento   | 0                  | 0.00          | 0                     | 0.0                | 0.0                | 0.0               |                    |              |                           |
| Comentario: Tiempo en reali- zar 1 unid. según propuesta es 3,6 min |                                      | Distancia en pasos | 51                 | 0.40          | 34                    | 0.3                | 17.0               | 0.1               |                    |              |                           |
| <b>Tiempo total del proceso</b>                                     |                                      |                    | <b>4.4</b>         |               | <b>3.4</b>            |                    | <b>1.0</b>         |                   |                    |              |                           |
| Nº  | DESCRIPCIÓN DE LOS EVENTOS           | SÍMBOLOS           |                    |               |                       |                    | TIEMPO (min)       | DISTANCIA (PASOS) | TIEMPO PASOS (min) | TIEMPO TOTAL | RECOMENDACIONES AL MÉTODO |
| 1   | Desenganchar carrocería del cargabus | ●                  | ➔                  | D             | □                     | ▽                  | 0.6                | 6                 | 0.05               | 0.6          |                           |
| 2   | Enganchar la carrocería a la cadena  | ○                  | ➔                  | D             | □                     | ▽                  | 0.3                | 4                 | 0.03               | 0.3          |                           |
| 3   | Toma soporte guardafango             | ●                  | ➔                  | D             | □                     | ▽                  | 0.1                | 4                 | 0.03               | 0.1          |                           |
| 4   | Colocar soporte en la unidad         | ●                  | ➔                  | D             | □                     | ▽                  | 0.1                | 2                 | 0.02               | 0.1          |                           |
| 5   | Tomar pistola de soldadura 1LH/2RH   | ●                  | ➔                  | D             | □                     | ▽                  | 0.1                | 4                 | 0.03               | 0.1          |                           |
| 6   | Soldar soporte de guardafango        | ●                  | ➔                  | D             | □                     | ▽                  | 0.4                | 3                 | 0.03               | 0.4          |                           |
| 7   | Soldar bóveda delantera              | ●                  | ➔                  | D             | □                     | ▽                  | 0.4                | 3                 | 0.03               | 0.4          |                           |
| 8   | Soldar alojamiento comp de motor     | ●                  | ➔                  | D             | □                     | ▽                  | 0.8                | 4                 | 0.03               | 0.8          |                           |
| 9   | Inspección de soldadura              | ○                  | ➔                  | D             | ■                     | ▽                  | 0.1                | 4                 | 0.03               | 0.2          |                           |
| 10  | Esperar la otra unidad               | ○                  | ➔                  | ●             | □                     | ▽                  | 0.3                | 0                 | 0.00               | 0.3          |                           |
| <b>TOTAL</b>  |                                      | <b>7</b>           | <b>1</b>           | <b>1</b>      | <b>1</b>              | <b>0</b>           | <b>3.1</b>         | <b>34</b>         | <b>0.3</b>         | <b>3.4</b>   |                           |

Figura 5. Diagrama de flujo de la operación: soldadura alojamiento inferior.

| DIAGRAMA DE FLUJO DE LA OPERACIÓN                                 |                                       |                                 |                    |                   |                       |                   |                           |               |  |
|---|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|---------------------------|---------------|--|
| UBICACIÓN: Línea de remate de carrocerías                         |                                       | RESUMEN                         |                    |                   |                       |                   |                           |               |  |
| ACTIVIDAD: Soldadura de estribos                                  |                                       | EVENTO                          | CANT. PASOS ACTUAL | TIEMPO ACTUAL     | CANT. PASOS PROPUESTA | TIEMPO PRO-PUESTO | CANT. PASOS MEJORA        | TIEMPO MEJORA |  |
| FECHA:  |                                       | Operación                       | 6                  | 3.05              | 3                     | 2.2               | 3.0                       | 0.9           |  |
| OPERACIÓN 2 ANALISTA:   |                                       | Transporte                      | 2                  | 0.45              | 2                     | 0.5               | 0.0                       | 0.0           |  |
| Subraye el método y tipo apropiado                                |                                       | Retrasos                        | 1                  | 0.25              | 1                     | 0.3               | 0.0                       | 0.0           |  |
| MÉTODO: Presente   Propuesto                                      |                                       | Inspección                      | 2                  | 0.38              | 1                     | 0.2               | 1.0                       | 0.2           |  |
| TIPO: Trabajador   Material   Máquina                             |                                       | Almacenamiento                  | 0                  | 0.00              | 0                     | 0.0               | 0.0                       | 0.0           |  |
| Comentario: Tiempo en realizar 1 unid. según propuesta es 3,6 min |                                       | Distancia en pasos              | 21                 | 0.20              | 24                    | 0.2               | -3.0                      | 0.0           |  |
|   |                                       | <b>Tiempo total del proceso</b> | <b>4.3</b>         |                   | <b>3.3</b>            |                   | <b>1.1</b>                |               |  |
| Nº  | DESCRIPCIÓN DE LOS EVENTOS            | SÍMBOLOS                        | TIEMPO (min)       | DISTANCIA (PASOS) | TIEMPO PASOS (min)    | TIEMPO TOTAL      | RECOMENDACIONES AL MÉTODO |               |  |
| 1   | Bajar elevador                        | ○ → D □ ▽                       | 0.2                | 1                 | 0.01                  | 0.2               |                           |               |  |
| 2   | Soldar estribo                        | ● → D □ ▽                       | 1.6                | 8                 | 0.07                  | 1.7               |                           |               |  |
| 3   | Subir elevador                        | ○ → D □ ▽                       | 0.3                | 2                 | 0.02                  | 0.3               |                           |               |  |
| 4   | Toma pistola de soldadura 13 LH/14RH  | ● → D □ ▽                       | 0.1                | 6                 | 0.05                  | 0.1               |                           |               |  |
| 5   | Soldar alojamiento cajuela            | ● → D □ ▽                       | 0.5                | 4                 | 0.03                  | 0.5               |                           |               |  |
| 6   | Inspección de soldadura de la cajuela | ○ → D ■ ▽                       | 0.2                | 3                 | 0.03                  | 0.2               |                           |               |  |
| 7   | Esperar la otra unidad                | ○ → ◐ □ ▽                       | 0.3                | 0                 | 0.00                  | 0.3               |                           |               |  |
| <b>TOTAL</b>  |                                       | <b>3 2 1 1 0</b>                | <b>3.1</b>         | <b>24</b>         | <b>0.2</b>            | <b>3.3</b>        |                           |               |  |

Figura 6. Diagrama de flujo de la operación de la operación de soldadura de estribos.

| INDICADORES   | PROCESO ACTUAL | PROPUESTA DE MEJORA | DIFERENCIA |
|---|----------------|---------------------|------------|
| Trabajadores directos a la producción (unidad)            | 8              | 8                   | 0          |
| Número de estaciones de trabajo (unidad)                  | 4              | 4                   | 0          |
| Equipos de soldadura (unidad)                             | 20             | 10                  | 10         |
| Pistolas de electropunto (unidad)                         | 20             | 10                  | 10         |
| Costos de mantenimiento por equipo de soldadura (dólares) | \$ 2.000       | \$ 1.000            | \$ 1.000   |
| Costo de implementación (dólares)                         |                | \$ 10.920           | \$ 10.920  |
| Producción diaria (unidad)                                | 100            | 120                 | 20         |

Tabla 2. Indicadores del proceso de soldadura actual y la propuesta de mejoras.

#### 4. RESULTADOS

De acuerdo a los datos obtenidos se observa que el subproceso de Soldadura muestra que antes de la propuesta de mejora se tenía una producción diaria de 100 autos lográndose aumentar a 120 diarios principalmente por el estudio de los tiempos en soldadura completa de motor y parte superior con un tiempo de mejora de un minuto y en la soldadura de techo y alojamiento de parabrisas de siete segundos.

#### 5. CONCLUSIONES

El layout del diagnóstico en la línea de remate mostró una inadecuada distribución de las operaciones.

En el nuevo layout se tomaron en cuenta los equipos suelda que están colocados con la nomenclatura de RH 02, 14, 12, 16, 18, para el lado derecho y los equipos LH 01, 13, 11, 15, 17 que se encuentran para el lado izquierdo, manteni-

do los mismos ocho operarios, pero con diferentes operaciones de procesos.

Al balancear el flujo de carga en las operaciones en la línea de remates se optimizó la distribución de actividades de supervisores, líderes de equipo en la línea de remate.

#### 6. REFERENCIAS

Meyers, F. (2014). Estudios de tiempos y movimientos. México: Pearson Education.

Pérez, J. L. (2013). Estudio de Tiempos. Guatemala: Blogspot.

Pinilla, J. (2012). Teoría de Colas: Sistemas de colas. Obtenido de Ingjox: <http://ingjox.blogspot.com/2012/02/teoria-de-colas-sistemas-de-colas.html>

Salazar López, B. (2016). Estudio de tiempos. Obtenido de Ingenieria Industrial Online:

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/>

Salgueiro, A. (2005). Indicadores de gestión y cuadro de mando. España: Publicista. 92.

Silva, A. (Enero de 2011). Determinando la población y la muestra. Obtenido de Wordpress: <https://allanucatche.files.wordpress.com/2011/01/tipo-de-muestreo.pdf>

Vargas Vallejo, M. E. (2007). Distribución de planta de un taller de mantenimiento automotriz para vehículos de hasta 3 toneladas para transporte de pasajeros. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

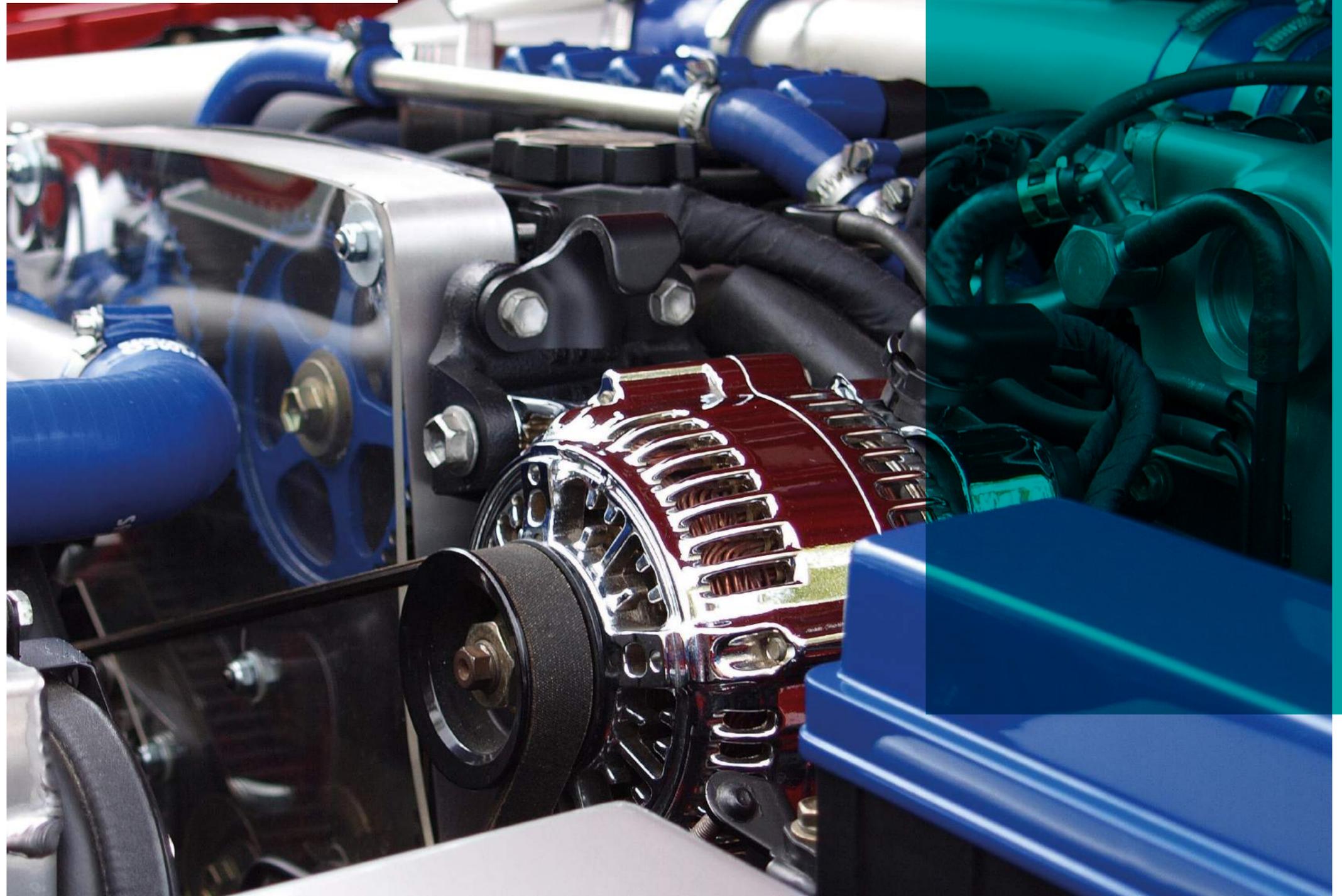
Fuentes, M. (2004). Organización de un taller de servicio automotriz. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

## 7. AUTORES

**Ing. Juan Pablo Veliz Vera**, Ingeniero industrial, título obtenido en la Universidad Tecnológica Indoamérica, Quito 2018, experiencia laboral: Controlador de procesos y producción suelda y Líder de grupo de producción suelda en GENERAL MOTORS "OBB".

**MSc. Ana Álvarez Sánchez**, Ing. Máster en Dirección e Ingeniería Industrial, ambos títulos obtenidos en Universidades de excelencia en Cuba, las investigaciones se han desarrollado en los campos de estudios, en las temáticas de Gestión Integrada de Capital Humano en el Sistema Nacional Bancario de Cuba, Administración Estratégica, Producción y Calidad. Publicaciones realizadas en los dos últimos años: Análisis del proceso de producción e incidencia en la productividad de la microempresa BIOCORAL, ubicada en la Isla de Santa Cruz provincia de Galápagos ISBN: 978-9942-9916-2-1 página 186, Caracterización de la miel de Meliponas en ecosistemas periurbanos y agrícolas del Consejo Popular Horquita, ISSN : 2415-2862, Vol. 6 Núm. 1 (2018): Sistemas pro-

ductivos sostenibles (enero-abril) y Satisfacción de un programa de capacitación sobre bio-seguridad para obreros agropecuarios especializados de una granja porcina, ISSN: 2415-2862, Vol. 6 Núm. 2 (2018): "Servicios ecosistémicos y biodiversidad" (Mayo-Agosto).



# Construcción de una estación de carga para baterías de celulares, usando paneles solares en la Universidad Tecnológica Indoamérica

Liliana Topón (1), Andrés Morán (2), Christian Iza (3), Jorge Molina (4)

(1) Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación, Universidad Tecnológica Indoamérica, Carrera de Ingeniería Industrial, Quito-Ecuador, blancatopon@uti.edu.ec

(2) Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación, Universidad Tecnológica Indoamérica, Carrera de Ingeniería Industrial, Quito-Ecuador, andresmoran@uti.edu.ec

(3) Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación, Universidad Tecnológica Indoamérica, Carrera de Ingeniería Industrial, Quito-Ecuador, christianiza@uti.edu.ec

(4) Estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica Indoamérica, Carrera de Ingeniería Industrial, Quito-Ecuador, jorgemolina1996@outlook.com

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación se encuentra basado en el diseño y construcción de una estación de carga para baterías celulares usando paneles solares, el cual brindará un servicio a la comunidad educativa de la Universidad Tecnológica Indoamérica. Se tiene como objetivo la implementación del prototipo de carga por medio de dos paneles fotovoltaicos, el cual capta y transforma la energía lumínica en energía eléctrica, la que permitirá que las baterías de los celulares se carguen sin ningún tipo de dificultad. Además, servirá como medio de aprendizaje de los tipos de energías renovables que se utilizan actualmente en el país, una de ellas es la energía solar, una energía limpia y que no produce contaminación alguna. La energía solar es una de las alternativas a la energía eléctrica producida por la fuerza del agua. El proyecto alcanzó cargar varios dispositivos móviles, pero sufrió averías al intentar cargar un computador portátil.

**PALABRAS CLAVE:** Panel solar, energía renovable, energía eléctrica, energía solar, estación de carga.

## ABSTRACT

This research project is based on the design and construction of a charging station for cell batteries with a solar panel, which will provide a service to the educational community of the University of Technology Indoamérica.

It aims at the implementation of the prototype of load by means of a photovoltaic panel, which captures and transforms the light energy into electrical energy, which allow the cell batteries be charged without any difficulty.

It will also serve as a means of learning the types of renewable energy that are currently used in the country, one of which is solar energy, clean energy and produces no pollution. Solar energy is one of the alternatives to electrical energy produced by the force of water. This prototype was able to charge several móvil devices. However, it presents faults when it was used for charging a computer.

**KEYWORDS:** Solar Panel, Renewable Energy, Electric Power, Solar Energy, Charging Station.



## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el desarrollo de la tecnología ha otorgado a las personas una oportunidad de aprovechar los beneficios que los dispositivos electrónicos ofrecen, estos beneficios son aplicados en la vida cotidiana de cualquier persona ya sea en su ámbito laboral, estudiantil, universitario, o cualquier ambiente en la que se llegue a necesitar dicho artefacto; por ello el gasto de energía eléctrica del dispositivo es bastante elevado.

El diseño, construcción e implementación de la estación de carga para baterías de celulares es el objetivo del presente proyecto, de tal forma que la energía se obtendrá a partir de la radiación solar mediante paneles solares, el prototipo dispondrá de 4 puertos USB alimentados por la transformación de energía solar a eléctrica; por lo tanto la energía eléctrica obtenida por la estación de carga es una alternativa de energía renovable más limpia para el medio ambiente al ser obtenida de manera natural sin generar residuos y/o contaminantes.

## 2. PROPUESTA/DESARROLLO

### 2.1. Selección entre panel solar fotovoltaico o panel solar térmico

Los paneles solares fotovoltaicos funcionan mediante la incidencia de los rayos solares sobre su superficie, lo que obliga a que estos estén correctamente orientados en todo momento hacia el sol para captar toda la luz posible.

Esta luz transmite energía a los electrones, lo que provoca que estos se separen de protones y neutrones y sean liberados del panel en forma de electricidad.

Por su parte, los paneles solares térmicos tienen una configuración más sencilla. Estos paneles, que generan energía termo solar, reciben los rayos solares sobre su superficie y calientan el agua que circulará a través de unos tubos

que se encuentran dentro del panel. Luego el agua a alta temperatura puede generar energía mediante el calor.

El proyecto se realizó con paneles solares fotovoltaicos porque son aquellos que al momento de captar la luz solar con ayuda de un regulador, inversor y baterías transforman dicha luz solar en electricidad, y así poder usar esta electricidad para poder efectuar a carga en los teléfonos celulares.

### 2.2. Selección de baterías de plomo o baterías de litio

- Baterías de ciclo profundo que permiten almacenar energía de paneles solares.
- Son de bajo costo a comparación con otras baterías.
- Son de un peso muy elevado ya que está compuesta principalmente de plomo.
- Apenas sufren el efecto memoria y pueden cargarse sin necesidad de estar descargadas completamente, sin reducción de su vida útil.
- Altas densidades de capacidad.

Sin embargo, no admiten bien los cambios de temperatura al igual que descargas completas. Se escogió las baterías de plomo ya que son las adecuadas para poder almacenar la energía que capta el panel solar y transmitir esta al regulador e inversor para poder cargar los dispositivos móviles.

### 2.3. Discriminación del regulador y del inversor

El costo de un regulador MPPT es muy elevado respecto a otro regulador PWM, pero el de menor costo es capaz de explotar al máximo una tensión fotovoltaica como también de tener un rendimiento más elevado al regulador MPPT, siendo esta su vida útil y funcionalidad más eficiente.

Por lo tanto, se usó un regulador PWM porque el proyecto será implantado en el patio de la Universidad para que los estudiantes lo usen, por lo tanto, se necesita un regulador que tenga un rendimiento diario y una vida útil elevada para que sirva durante un largo tiempo.

### Inversor central

Este transforma la electricidad de corriente directa producida por los paneles, en electricidad AC Corriente alterna. No está preparado para trabajar con paneles sombreados ni de diferentes capacidades o posicionamiento.

### Microinversores

Convierten la electricidad DC de sus paneles solares en electricidad AC sin necesidad de un inversor central separado. Están integrados en el propio panel solar. Anulan los impactos negativos del sombreado parcial o completo.

Si bien los dos inversores convierten la energía DC en AC, se implementó en el proyecto un inversor central porque un panel que tiene implementado un microprocesador tiene un costo muy elevado, sin embargo, dentro de la universidad donde va a estar colocado el proyecto no da un sombreado significativo para colocar un panel con micro inversor.

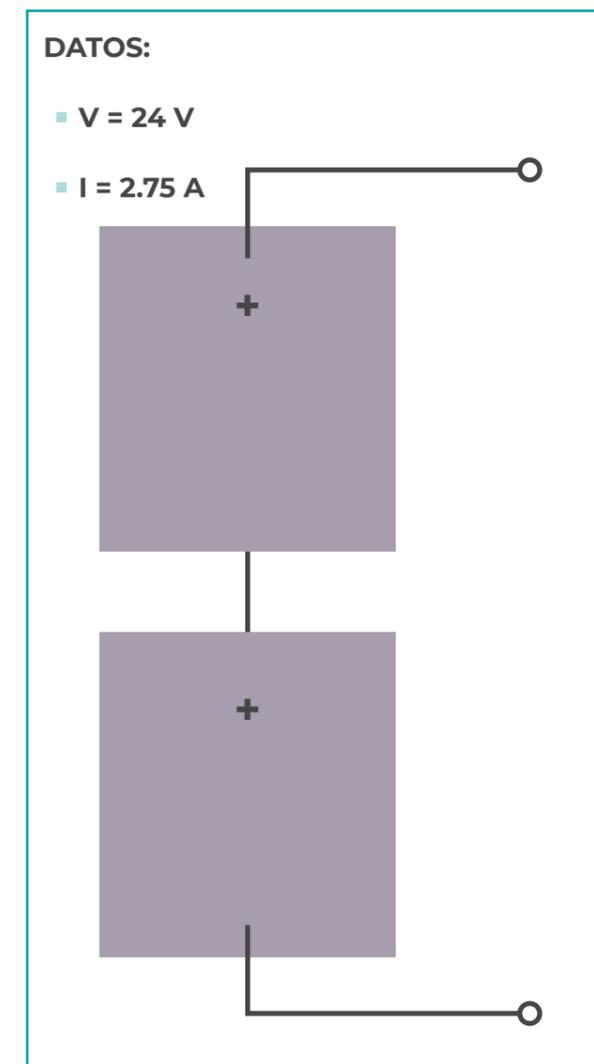
Desarrollo de la propuesta de solución del problema análisis de los cálculos

En el presente proyecto, se dimensiona los paneles a 50 W, teniendo las siguientes especificaciones técnicas.

- **Potencia máxima:** 50 W
- **Voltaje:** 18 V
- **Corriente:** 2.777 A
- **Voltaje con circuito abierto:** 23.1 = 24 V
- **Número de celdas solares:** 36

Los cálculos se realizan mediante los datos que se obtiene de las especificaciones técnicas, el motivo de los 50 W por panel, es por lo que se dimensiona de la radiación promedio en Ecuador de 30 331.87 Wh al día, esto se divide para los 365 días del año dando como resultado 83.10 Wh al día.

### Conexión



**Figura 1.** Conexión en serie de paneles solares.

Datos:

- **Panel Datos Pmax = 50 Wp**
- **Vmp = 18.2 V**

- $V_{oc} = 22.5 \text{ V}$
- $I_{mp} = 2.75 \text{ A}$
- $I_{dc} = 2.98 \text{ A}$
- $V_{max \text{ system}} = 600 \text{ V}$

Inversor

Según la potencia que entrega los paneles es de  $224.77 \text{ Wh}$ , por lo que generalmente se encuentra en el mercado es de  $300 \text{ W}$ . Cuyas características permiten la carga rápida el cual será implementado en la estación de carga. Dando como salida  $1.25 \text{ A}$  por lo que en la mayoría de dispositivos móviles se encuentran en  $1.67 \text{ A}$ .

La conexión de los paneles se realiza en serie, por lo que la configuración se conecta el polo positivo de un módulo, con el polo negativo del siguiente, así sucesivamente con cuantos paneles sean necesarios. Con esto se consigue aumentar la tensión y mantener el mismo valor

de corriente generada. Por esta razón se compró dos paneles de  $50 \text{ W}$ .

Las baterías se conectan en paralelo, esto permite obtener una salida dos veces la capacidad de corriente de las baterías individuales, manteniendo el mismo voltaje nominal. Esto quiere decir que la capacidad de batería de  $12 \text{ Amperios}$ , por lo que en paralelo se obtiene un Amperaje de  $24$ .

Estructura implementada

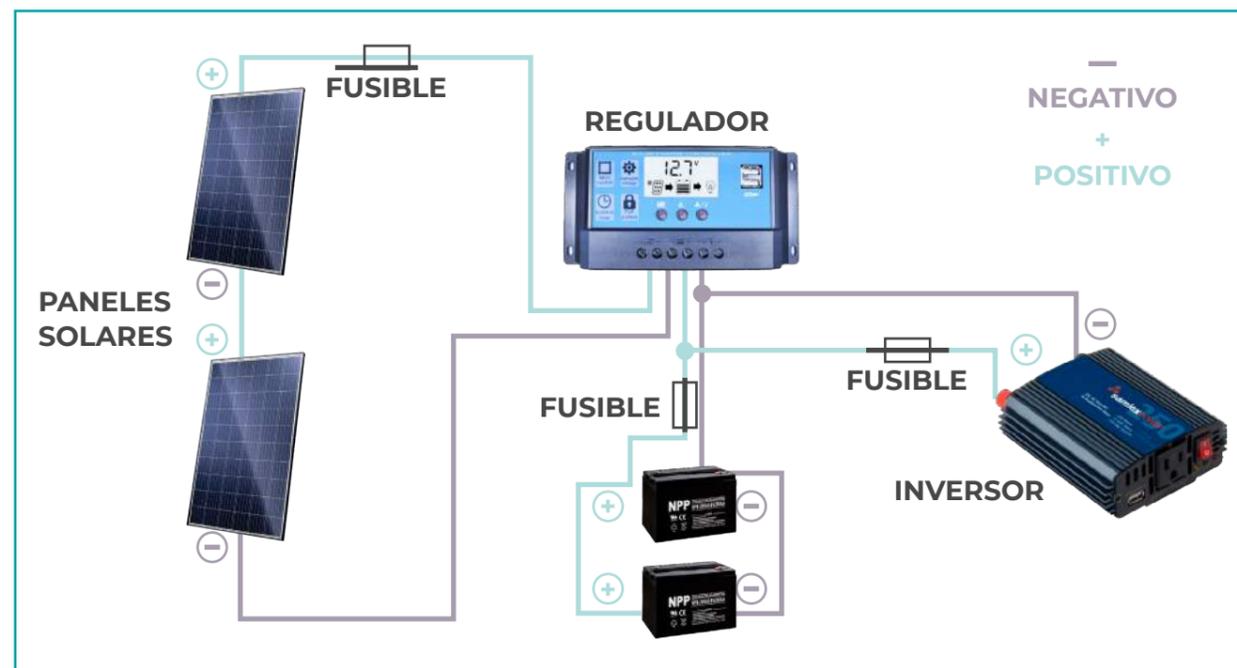


Figura 2. Conexión del sistema solar fotovoltaico.

En la página anterior (la fotografía): **Figura 3. Montaje de la estación de carga.**

#### 2.4. Diagnóstico

Se pudo confirmar mediante la observación, toma de datos, tiempos y las pruebas respectivas que el funcionamiento de los paneles solares, los cuales brindan corriente continua al regulador, que posteriormente es almacenada en las baterías, y pasando por el inversor, el cual transformará la corriente continua DC a corriente alterna AC es de un funcionamiento adecuado, para el propósito planteado en el proyecto integrador.

El inversor, es implementado en el sistema del proyecto, debido a que se encargará de convertir corriente DC a AC; por lo que otorgará un mayor amperaje, por lo tanto la carga de los celulares será rápida.

### 3. RESULTADOS

Al momento de conectar un dispositivo se ha realizado la toma de tiempo que se demora en abastecer de energía eléctrica a un celular en su totalidad. Con ello se ha utilizado 2 celulares, en el caso 1 un iPhone 6 y en el caso 2 un Samsung S8, en lo cual se obtuvo lo siguiente:

- **Caso 1:** Para el **iPhone 6** en su toma de tiempo se demoró 1 hora con 53 minutos la cual tiene una capacidad de  $1810 \text{ mAh}$ .
- **Caso 2:** Para el **Samsung S8** en su toma de tiempo se demoró 1 hora con 39 minutos la cual tiene una capacidad de  $3000 \text{ mAh}$ .

La comparación se realizó con la toma de tiempo, pero directamente de la energía que se obtiene de cualquier toma de corriente habitual o accesible. Con ello se obtuvo la siguiente información:

- Para el **iPhone 6** su tiempo de demora para cargar el celular es de 1 hora con 25 minutos.
- Para el **Samsung S8** su tiempo es de 1 hora con 13 minutos.

Por lo tanto, se llegó a la siguiente conclusión:

La energía que abastece los paneles comparada con la de cualquier toma de corriente es de una diferencia significativa, ya que la toma de corriente cargará los celulares con mayor velocidad que la de los paneles; pero los paneles siendo una energía renovable, limpia y viable para su funcionamiento es totalmente funcional para su propósito estipulado porque dicha estación de carga será situada en un entorno en la que no se encuentra una toma de corriente directa, siendo así una alternativa aceptable y necesaria. Cabe recalcar que la estación de carga consta de 2 baterías las cuales podrán dar energía aun sin la existencia de radiación solar, con un aproximado de 3 días. También se ha elaborado una segunda prueba en la que consistió en descarga una batería en su totalidad para poder confirmar que los paneles abastecerán solamente de energía a las baterías, posponiendo la carga a cualquier dispositivo conectado, hasta que las baterías sean cargadas y óptimas para dar un buen funcionamiento; lo cual se ha obtenido satisfactoriamente demostrando que todo el sistema es factible y durable.

### 4. CONCLUSIONES

La estación de carga construida permite conectar dos celulares simultáneamente siempre y cuando no sobrepasen la carga para lo cual fue diseñado el sistema.

El sistema construido puede ser fácilmente adaptado para mayor carga, se deben considerar la selección de los elementos adecuados para el fin. Sería recomendable realizarlo a gran escala, por ejemplo, para alimentar la demanda de carga de una vivienda siendo un recurso renovable y amigable con el ambiente.

El sistema construido es amigable con el ambiente ya que utiliza la denominada energía limpia. Se deben considerar realizar más proyecto en pro de cuidar el ambiente utilizando fuente de energía renovable.

## 5. REFERENCIAS

Acevedo Fabio de Jesus. (2016). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Obtenido de Diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3KW.

Alvarado Christian René. (2015). Universidad Politécnica Salesiana-Sede Cuenca.

Amortegui Juan. (2011). Realizacion de un Cargador de Baterías solar para Dispositivos Portátiles.

Camelo Pinzón Javier Camilo. (2008). Universidad de San Buenaventura.

CONELEC. (2008). Atlas solar del Ecuador.

Guamán Brito Juan Galo . (2014). Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de Estudio de Celdas Solares en paneles fotovoltaicos de 10W.

Hurtado de Berrera Jacqueline. (2008). Investigación Holística.

Lema Cristina Elizabeth. (Abril de 2015). Universidad Politécnica Salesiana-Sede Quito. Obtenido de Modelo Ambiental de Alerta por exposición a la radiación solar en Quito.

## 6. AUTORES

**Blanca Liliana Topón Visarrea**, nació en Sangolquí, canton Rumiñahui, el 07 de junio de 1986. Ingeniera en Electrónica y Control de la Escuela Politécnica Nacional, Máster en Ingeniería industrial y Productividad MSc. De la Escuela Politécnica Nacional, actualmente se desempeña como docente en la Universidad Tecnológica Indoamérica

**Andrés Eduardo Morán Navarrete**, nació en Quito, provincia de Pichincha, el 06 de julio de 1987. Ingeniero en Sistemas Automotrices de la Escuela Politécnica del Ejército, Máster en Sistemas Automotrices. Docente de la Universidad Tecnológica Indoamérica desde febrero 2017 hasta la fecha.

**Christian Eduardo Iza LLumigusin**, nació en Quito, el 11 de septiembre de 1980. Ingeniero Electrónico de la Escuela Politécnica Nacional, actualmente cursa la maestría de Automatización y control industrial de la Escuela Politécnica Nacional.



# La automatización en la agroindustria ecuatoriana. Caso de estudio: Producción de panela



**Brigith Pilaluisa Hernández (1), Paula Rivadeneira Rosales (2), Mireya Zapata (3)**

(1) Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación, Universidad Tecnológica Indoamérica, Carrera de Ingeniería Industrial, Quito-Ecuador, brill12962p@gmail.com

(2) Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación, Universidad Tecnológica Indoamérica, Carrera de Ingeniería Industrial, Quito-Ecuador, paulita.riv@hotmail.com

(3) Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación, Universidad Tecnológica Indoamérica, Carrera de Ingeniería Industrial, Quito-Ecuador, mireyazapata@uti.edu.ec

## RESUMEN

La automatización de procesos ha traído el aumento en la productividad en las industrias. En este sentido, es primordial la tecnificación de procesos en los sectores productivos del país en todas sus escalas. El sector agroindustrial al ser una pieza importante en la economía ecuatoriana, concentra su producción en el mercado local, con pocos productos de exportación que se han posicionado en el mercado internacional por su calidad y precio. No obstante, productos como la caña de azúcar se han ido fortaleciendo y en la actualidad es considerado de gran importancia gracias a su capacidad de generar empleo directo y su alto rendimiento de cultivos. De éstos, apenas un 10% es destinado a la fabricación de productos secundarios como la panela, la misma que actualmente se ha posicionado en el mercado local, y tiene una alta proyección en mercados internacionales que buscan productos orgánicos. En este manuscrito se presenta un breve análisis de la penetración tecnológica en la agroindustria ecuatoriana, se realiza un diagnóstico de la situación de los cultivos de caña de azúcar del país y la comercialización de la caña de azúcar. Para respaldar este estudio se realizaron entrevistas a actores representativos del sector.

**PALABRAS CLAVE:** Automatización, procesos, economía, ecuatorianos, agroindustrial.

## ABSTRACT

The automation of processes has brought the increase in productivity in the industries. In this sense, the process technification is essential in the productive sectors of the country in all its scales. The agroindustrial sector, being an important piece in the Ecuadorian economy, concentrates its production in the local market, with few export products that have been positioned in the international market for its quality and price. However, products such as sugarcane have been strengthened and today it is considered of great importance thanks to its capacity to generate direct employment and its high crop yield. Of these, only 10% is destined to the manufacture of secondary products such as panela, the same that has currently positioned itself in the local market, and has a high projection in international markets that look for organic products. In this manuscript a brief analysis of the technological penetration in the Ecuadorian agro-industry is presented, a diagnosis is made of the situation of sugarcane crops in the country and the commercialization of sugarcane. To support this study, interviews were carried out with actors representative of the sector.

**KEYWORDS:** Automation, processes, economy, Ecuadorian, agro-industry.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la Comisión Interinstitucional de Agroindustria conformada por el MAGAP, el MIPRO, la Conferencia Nacional de Soberanía Alimentaria, se encuentran trabajando en conjunto para culminar con la elaboración de la Ley de Desarrollo Agroindustrial, dándole así, la necesaria importancia a este sector, el cual ha contribuido de manera significativa en la economía del país. El crecimiento del sector agroindustrial, se justifica por el aumento en la demanda de consumidores, y en consecuencia de esto, es vital darle el aprovechamiento suficiente que requiere, esto se puede lograr con la aplicación de nuevas tecnologías, el desarrollo de distintos productos, maquinaria específica y la organización de la cadena productiva.

La aplicación de innovación y de tecnologías avanzadas son factores esenciales para la competitividad en la agroindustria; el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), es el encargado de encontrar solución a los crecientes problemas que afectan a la producción agropecuaria y al modelo de desarrollo adoptado. Según el MAGAP (2015), en Ecuador de cada 100 habitantes, 39 viven en zonas rurales y de ellos 65% trabaja en actividad agropecuaria. Además, un 88% del total de las unidades productivas agropecuarias corresponden a la agricultura familiar, lo que representa un total de 739.950 Unidades de Producción Agropecuarias, que ocupan 41% del total de la tierra productiva en el país.

Al respecto, el desarrollo tecnológico de distintas empresas ecuatorianas ha sido lento en comparación con otros países de Sudamérica, siendo una de las principales causas el desequilibrio entre la adquisición de maquinaria moderna y la mano de obra calificada. En el caso de las cadenas productivas de cacao, banano y flores, han incrementado su eficiencia introduciendo tecnología a sus procesos productivos logrando reducir tiempos, mejora de la calidad del producto final, y por ende el impulso de las exportaciones. Sin embargo, a pesar de sus logros, tienen como defecto un bajo rendimiento a nivel de cultivos. En cadenas no

tradicionales de productos primarios como: la piña, papaya, mango, frutas andinas, panela, etc. en manos de medianos y pequeños productores, el nivel de automatización de procesos para mejorar la eficiencia productiva es mínima y en muchos casos nula. Esto conlleva a que su producción esté limitada al mercado local en donde se comercializa principalmente producto fresco.

La finalidad de la siguiente investigación, es dar a conocer la importancia que ha generado el tener presente en la Industria Ecuatoriana a la Automatización. La Automatización se ha manejado en distintos campos, tales como: la industria textil, agropecuaria, minera, etc., por lo que se ha implementado la inserción de maquinarias a los procesos productivos, con el objetivo de generar mayor producción que no solo abastezca a la demanda de consumidores dentro del país sino que también sea un aporte a la exportación, Entre las ventajas que involucran la adopción de la automatización en la agroindustria están la optimización de varios procesos para realizar trabajos manuales, manejo de mercadería y productos con más rapidez; de esta forma se está buscando cambiar el tradicional concepto de producción.

## 2. METODOLOGÍA

- Diseño de la investigación:** El diseño de la investigación se basa en un diseño cualitativo no experimental de tipo exploratoria, de carácter documental y a base de entrevistas, donde se recoge los testimonios más relevantes para este estudio.
- Participantes:** Se realizó entrevistas a empresarios de la industria panelera como el Sr. Fabián Guerrón gerente de la firma “Productos San José”, posicionada como una de las principales en Pichincha; y a representantes de la Federación de Paneleros de Pichincha.

## 3. LA AGROINDUSTRIA ECUATORIANA

Un sistema agro-productivo, representa “el conjunto de actividades que ocurren para la

formación y la distribución de los productos agroalimentarios, y, en consecuencia, al cumplimiento de la función de alimentación humana en una sociedad determinada” (Rojas, Chavarría, & Sepúlveda). En síntesis, es el resultado de la suma de varias operaciones relacionadas con la elaboración de distintos insumos.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAGAP), en conjunto con el Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones Extranjeras (PRO ECUADOR) son representantes de la agroindustria ecuatoriana. Ambos tienen como objetivo impulsar la competitividad mediante el desarrollo productivo en base a la mejora de estándares de calidad que garanticen la permanencia y apertura de nuevos mercados de consumo internos y externos. Actualmente los principales productos de exportación en el país son el cacao y el banano, los cuales desde 1910 se han apuntalado como claves en la exportación. Datos registrados por PRO ECUADOR dan referencia de nuevas tendencias en exportaciones como es el caso de los productos orgánicos que se exportan a Bélgica, o la Quinoa que se ha expandido en territorio chileno.

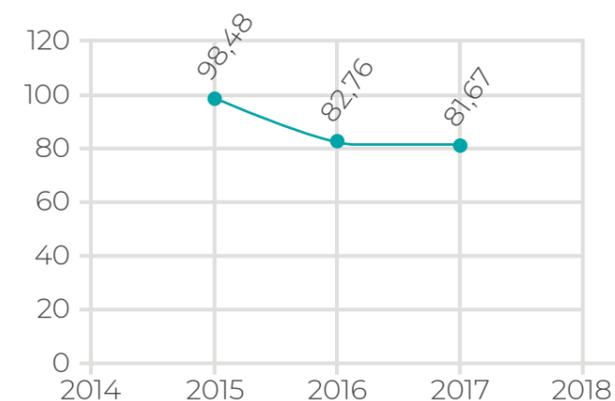
En este sentido, el factor tecnológico ha sido clave para impulsar la apertura de nuevos mercados y el aumento de las exportaciones mediante la introducción de procesos de automatización, e.g. con la introducción de la tecnología el sector ganadero ha generado puestos de trabajo, y ha aumentado su producción alcanzando un 96% de crecimiento. En cambio, en el sector agrícola la automatización se ha implementado en los sistemas hídricos, el más conocido es el “Riego Montufar” en la provincia del Carchi. Este sistema no solo es sencillo, sino que su automatización consta de sistemas computacionales donde se permite administrar una base de datos, información geográfica y componentes digitales.

Ecuador es un país con un alto potencial en agricultura siendo unos de los pocos lugares privilegiados en el mundo con todos los climas capaz de suplir la demanda de alimentos, servicios e insu-

mos para ser auto-sostenible y abastecer mercados internacionales con gran variedad de productos. Es por esto, que el gobierno del Ecuador en conjunto con PRO ECUADOR y el MAGAP impulsa a la micro, pequeña, mediana y grandes empresas para que se incorpore la automatización a sus procesos productivos como estrategia para lograr un aumento en la calidad del producto terminado, reducir tiempos de procesamiento y en suma incrementar la rentabilidad de los cultivos.

### 3.1. Situación actual de los cultivos de caña de azúcar en el Ecuador

El rendimiento de la caña de azúcar en el Ecuador, para el año 2014 se incrementó en un 1.89% a diferencia de años anteriores, el crecimiento se dio como consecuencia del aumento de los precios del azúcar blanca, lo cual dio paso a la producción de la panela, su producción se concentra en las provincias de Guayas, Los Ríos y Cañar. En años posteriores aún cuando el rendimiento de los cultivos de caña de azúcar se han mantenido altos, ha ido disminuyendo como se puede observar en la Figura 1. Además, su producción se destina en gran parte a la elaboración de panela para el consumo interno y el restante se lo utiliza para otros productos. Es importante mencionar que la caña de azúcar junto con el banano y la palma africana son los cultivos de mayor producción a nivel nacional (Quevedo, 2013).



**Figura 1.** Rendimiento de los cultivos de caña de azúcar por hectárea en Ecuador. **Fuente:** INEC-Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua-ESPAC 2017.

La panela ecuatoriana, busca encaminarse a ser un producto representativo, pero para incrementar su rendimiento se necesita fortalecer el factor tecnológico, como lo han hecho los panicultores del país vecino Colombia.

En este sentido, el MAGAP y PRO ECUADOR lideran programas en beneficio de pequeños productores mediante el fomento de la asociatividad, innovación y comercialización de la cadena productiva de la panela. En concreto, el proyecto “Negocios Rurales Inclusivos” (PRONERI), organizado como taller teórico-práctico y dictado por técnicos colombianos en varias provincias del país. Este está enfocado en la exportación de servicios e insumos ecuatorianos. Así también, tiene la finalidad de impulsar a las pequeñas empresas a avanzar en varios temas como: cadena agro productiva de la panela, selección de variedades, condiciones de manejo agro productivo, procesamiento de la panela, parámetros críticos de control, equipos eficientes para el procesamiento, automatización de procesos, aplicación de prácticas manufactureras y empaque, diseño de plantas, comercialización y diversificación de productos. Permitiendo a las pequeñas empresas adentrarse en el mundo de la comercialización y ser más competitivos.

La selección de los técnicos se realizó en base a la experticia colombiana avalada por su posición como el segundo exportador mundial de panela, sólo superado por India, dando lugar al desarrollado de altos niveles de especialización en el sector, así como la diversificación de los productos derivados de la caña de azúcar.

Uno de los productores beneficiados con este proyecto fue la empresa “Productos San José”, la cual empezó hace más de 25 años, con Fabián Guerrón, quién organizó a un grupo de cañicultores de Pacto, para producir panela en polvo. Guerrón fue capaz de liderar este proceso gracias a los conocimientos adquiridos, para después capacitar a su equipo de trabajo, es decir los cañicultores.

Mauricio Navarro, indicó que la conformación de la Federación de Paneleros de Pichincha (FEDEPAP), tiene el objetivo de “mejorar la calidad de vida de los socios, mediante la estandarización y calidad de panela orgánica, de acuerdo a las exigencias del mercado”, lo cual ha unido a los productores de esta cadena para que asistan a distintos congresos y charlas que impliquen al sector de la industria y las normativas que involucran a la caña de azúcar, a nivel nacional e internacional (PRONERI, 2013).

#### 4. PRODUCCIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN COLOMBIA

En Colombia la panela es considerada alimento fundamental en la dieta de los colombianos, y el principal departamento productor de caña de azúcar de donde se extrae es el Valle, donde se calcula que hay sembradas 225.500 hectáreas. Este cultivo representa una gran fuente de empleo para cientos de miles de colombianos, en las regiones cálidas de este país.

En Colombia, a diferencia de Ecuador, ya existe una Federación Nacional de Paneleros, a la cual están afiliados casi la totalidad de sus productores, los cuales obtienen beneficios a efectos de créditos que le otorga el gobierno a través de diferentes entidades bancarias.

A diferencia de Ecuador, en Colombia se está trabajando en iniciativas tecnológicas que implican la implementación de nuevas tecnologías que buscan mejorar la eficiencia de hornillas, reduciendo la cantidad de material combustible que debe ser usado en el proceso de evaporación y concentración, pensando también en el impacto ambiental que el proceso genera, disminuyéndolo, dado que se generan menores cantidades de material volátil por efectos de la combustión.

#### 5. RESULTADOS

Varias empresas en el sector agroindustrial han optado por implementar un sistema de automatización industrial que ha facilitado sus

procesos productivos y la entrega de productos con mayor calidad. Esto no quiere decir que las empresas han dejado a empleados fuera de sus puestos de trabajo, sino más bien buscan aumentar el número de empleados dado el incremento de la producción.

Fabián Guerrón nos habla sobre su experiencia en la automatización de su pequeña industria que de a poco es una de las que más produce en la provincia de Pichincha. Relata que experiencias adquiridas en Colombia con la automatización fueron una gran contribución para mejorar sus procesos productivos, que a la postre representaron un impulso económico para él, y una gran apertura para el Ecuador. Así también, se siente agradecido por los talleres que ha mantenido el Gobierno para todos los productores de panela, e invita a más personas a unirse a este progreso tecnológico. Además, enfatiza el hecho que: “el pertenecer a la industria de la panela ha sido un logro que no se lo esperaba, que al igual que el Gobierno ecuatoriano espera que más empresas micro, pequeñas y medianas se junten a este proceso de crecimiento como es la automatización. La Panela orgánica que se expende en los principales supermercados del país se produce en Pichincha”.

Otro caso representativo es la corporación “Lomas de Santa Teresita” la cual produce Panela con la marca “Abeja Kapira”. Esta recoge la producción de 52 cañicultores y utiliza un sistema inteligente de Automatización. La producción inicia con el sembrío de la caña de azúcar, pasando a las labores de campo donde un sistema de riego automatizado es el encargado de proporcionar agua a las plantaciones entre ciclo y ciclo. Luego en el cuidado de los cultivos se da el abonamiento orgánico esto implica la intervención de maquinaria mecánica para esparcir pesticidas orgánicos. Es importante mencionar que esta empresa está tratando de buscar una manera que este proceso también sea automatizado.

De los testimonios obtenidos también se resalta el desplazamiento de la producción tra-

dicional campesina con la introducción de maquinaria, esto es, el paso a los molinos mecánicos. No obstante, hay personas que prefieren lo tradicional que lo tecnológico por ello también siguen trabajando con molinos tradicionales y ollas artesanales usadas para la hidratación de la panela.

Cabe puntualizar, que es necesario invertir en la tecnificación de sus procesos productivos, para pasar a formar parte de los grandes productores de panela a nivel mundial, y que en algún momento el excedente llegue a involucrarse en exportaciones a países que contemplen el consumo masivo del producto.

#### 6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La tecnificación del agro se materializa a través de un marco jurídico y político que permite preparar un escenario idóneo para incentivar las inversiones públicas y privadas. Estas directrices deberían insertarse de forma más asertiva y eficiente en las distintas cadenas productivas del sector. Junto a las políticas gubernamentales que impulsan este sector, los pequeños y medianos productores deben comenzar a organizar sus procesos y adoptar una forma tecnificada para elaborar sus productos. El uso de distintas máquinas es trascendental, por ejemplo, en el caso de la industria panelera se requiere equipos para el procesamiento de la panela granulada, decantadores, evaporadores, batidores, aptos para la manipulación de alimentos, que aseguran el rendimiento máximo del proceso de fabricación del producto. Gracias a estas herramientas, los productores que adopten estas tendencias tecnológicas podrán mejorar su nivel de eficiencia y productividad, y por ende sus ingresos económicos.

Por otra parte, la automatización va más allá de pensar en cambiar las cosas y ser más productivos, se enfoca en las necesidades del humano. Por ejemplo, en California circulan taxis sin conductor, o en Dubái se está trabajando para la implementación de taxis que vuelan. En cuanto a agricultura, los Estados Unidos junto

a la NASA plantearon un seguimiento satelital de la oferta global del grano, desde entonces por casi 50 años han podido saber dónde, cuándo y cómo cultivar sus productos.

Al respecto en Ecuador como se ha mencionado anteriormente, se ha impulsado talleres, ofertas para el sector agroindustrial y para empresas que realizan procesos de tecnificación. Así también, se han creado políticas por parte de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), donde se establecieron mecanismos de coordinación con el sector público para modificar la oferta académica vigente, actualmente desvinculada de las actuales necesidades de los sectores productivos del país. Bajo este escenario, desde el año 2013 la Senescyt ha implementado el proyecto de Reconversión de la Educación Técnica y Tecnológica Superior Pública con un modelo de formación dual de carreras técnicas vinculadas con la industria donde los alumnos reciben parte de su formación en Institutos o Universidad y otra en empresas públicas y/o privadas que se convierten en actores formadores de conocimientos prácticos. Es el caso de la carrera de “Tecnología en Automatización e Instrumentación”, ofertada en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas y Sucumbios. Entre sus competencias está el poder servir al sector agroindustrial y demás industrias en el campo de la automatización industrial, estando al pendiente de las nuevas tendencias tecnológicas.

Finalmente, en Ecuador la tecnificación del agro permitirá a sus trabajadores, realizar sus actividades de manera más rápida, precisa, y con menores costos, además de brindarles la oportunidad a las pequeñas empresas de crecer y llegar a exportar sus productos. Se vuelve imprescindible buscar un balance entre los distintos sectores Industriales con respecto a la relación hombre-máquina. Así también el Gobierno debe continuar apoyando al sector destinando fondos para el desarrollo de la Agroindustria con el objetivo que exista un mayor flujo económico que dinamice la economía del país.

## 7. REFERENCIAS

MAGAP. (2015). Obtenido de Ecuador conoce tecnología agrícola brasileña: <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-conoce-tecnologia-agricola-brasilena/#>

Paucar, E. (2014). El Comercio. Obtenido de Los avances Tecnológicos ponen en relieve los conflictos hombre- máquina: <http://www.elcomercio.com/tendencias/avancetecnologicos-conflicto-hombre-maquina-tecnologia.html>

PRONERI. (2013). MAGAP. Obtenido de PRO ECUADOR y MAGAP realizaron taller de la cadena agroproductiva de la panela para pequeños productores: <https://www.agricultura.gob.ec/pro-ecuador-y-magap-realizaron-taller-de-la-cadena-agroproductiva-de-la-panela-para-pequenos-productores/>

Rojas, P., Chavarría, H., & Sepúlveda, S. (s.f.). La competitividad en la agricultura: cadenas agroalimentarias y el impacto del factor localización espacial.

INEC, ESPAC (2017) Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua.

Quevedo, T. (2013) Agroindustria y Concentración de la propiedad de la Tierra, Elementos para su definición y caracterización en el Ecuador. Observatorio del cambio rural-OCARU.

## 8. AUTORES

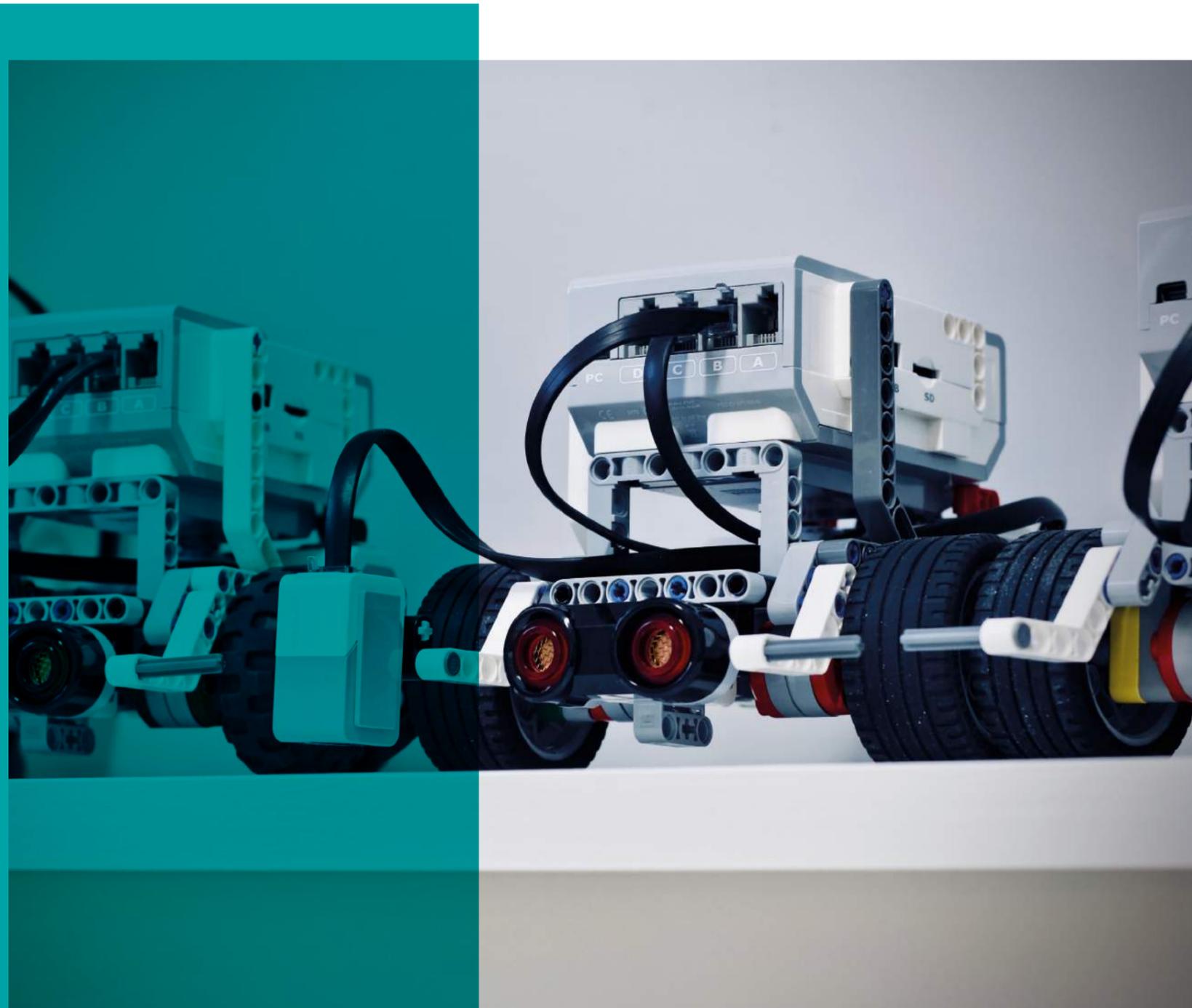
**Pilaluisa Hernández Tiffany Brighth**, estudiante de la carrera de Ingeniería industrial 6to nivel, en la Universidad Tecnológica Indoamérica. Campos de interés en el desarrollo de automatización de procesos en la industria.

**María Paula Rivadeneira**, Estudios Universitarios; Ingeniería Industrial (6to Semestre), Universidad Tecnológica Indoamérica. Campos de interés en el desarrollo de automatización de procesos en la industria.

**Mireya Zapata**, Doctora en Ingeniería Electrónica por la Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona-España, 2017. Recibió su título de Ingeniera en Electrónica, Automática y Control de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador, 2002. Es profesora asociada de la Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación de la Universidad Tecnológica Indoamérica. Es investigadora del Centro de Mecatrónica y Sistemas Interactivos (MIST) y mantiene colaboraciones con la Universidad Politécnica de Catalunya – Grupo de Arquitecturas Avanzadas de Hardware en varios proyectos de investigación. Conformó el comité técnico y científico de revistas nacionales e internacionales. Sus intereses de investigación son los Sistemas Neuromórficos, Redes Neuronales tipo Siking basadas en Hardware, FPGA y PSoC.



# Estrategias para la enseñanza de la robótica y la automatización



Junior Morales Molina (1), Janio Jadán-Guerrero (2)

(1) Colegio Universitario de Cartago, Ministerio de Educación Pública de Costa Rica, Cartago-Costa Rica, jmoralesm@cuc.ac.cr

(2) Centro de Investigación en Mecatrónica y Sistemas Interactivos, Universidad Tecnológica Indoamérica, Quito-Ecuador, janiojadan@uti.edu.ec

## RESUMEN

La necesidad del ser humano por comprender los fenómenos de la naturaleza y solucionar las problemáticas que esta le presenta en su cotidianidad hace que su historia esté rodeada siempre de la inventiva y el ingenio. La incorporación de la tecnología en la sociedad y en especial en el ámbito de la educación ha ido adquiriendo una creciente importancia. Este artículo describe algunas experiencias en el campo de la robótica y automatización, llevadas al aula en el Colegio Universitario de Cartago en Costa Rica. La iniciativa nace de la falta de capacidad económica de estas instituciones educativas para adquirir maquinaria y tecnología parecida a la que existe en el sector industrial. Las estrategias didácticas llevadas al aula plantean el uso de equipos y sistemas genéricos que permitan a los docentes desarrollar conocimientos en situaciones similares a las que se encontrarían en la industria moderna. Para ello se utilizan tecnologías lúdicas con el fin de facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes. Entre ellas se combinan la construcción de maquetas básicas con materiales diversos como parte del hardware del desarrollo del sistema, el uso de plataformas electrónicas que permitan el control de los actuadores eléctricos, el desarrollo de plataformas por la programación de bloques, específicamente con tecnología LEGO® y el diseño de estructuras robóticas controladas por plataformas micro controladas.

**PALABRAS CLAVE:** Robótica, automatización, Educación Técnica, estrategias lúdicas.

## ABSTRACT

The need of the human being to understand the phenomena of nature and to solve the problems that this presents to him in his daily life makes his history always surrounded by inventiveness and ingenuity. The incorporation of technology in society and especially in the field of education has been acquiring increasing importance. This article describes some experiences in the field of robotics and automation, taken to the classroom at the University College of Cartago in Costa Rica. The initiative is born from the lack of economic capacity of these educational institutions to acquire machinery and technology similar to that which exists in the industrial sector. The didactic strategies taken to the classroom suggest the use of generic equipment and systems that allow teachers to develop knowledge in situations similar to those found in modern industry. For this, playful technologies are used in order to facilitate the teaching-learning process

of the students. Among them, the construction of basic models with diverse materials is combined as part of the system development hardware, the use of electronic platforms that allow the control of electric actuators, the development of platforms by block programming, specifically with LEGO® technology and the design of robotic structures controlled by micro controlled platforms.

**KEYWORDS:** Robotics, automation, technical education, playful strategies.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la tendencia a que los procesos sean autónomos (del griego autómatos, que significa por sí mismo) es por lo que la industria moderna ha apostado en los últimos años, puesto esto involucra a su vez una serie de aspectos tales como cero errores, producción en masa, trabajo continuo etc. El desarrollo de la manufactura actual exige a los profesionales que se enfraquen en un aprendizaje más exigente y cambiante conforme la tecnología avanza. La educación técnica profesional como herramienta fundamental de la formación no ha quedado exenta de las exigencias del mercado laboral y ha debido transformarse y actualizar sus planes de estudio adaptándolos a las exigencias empresariales.

Costa Rica es un país que, gracias a la inversión en educación, ha logrado desarrollar el sector tecnológico generando una gran demanda de profesionales técnicos, un artículo del Diario La Nación de Costa Rica (2007), hace referencia a la necesidad de estos profesionales.

“¿Existen suficientes técnicos medios para satisfacer las necesidades de la economía? La evidencia señala una situación de escasez moderada. Los empresarios de la Gran Área Metropolitana en Costa Rica, señalan con mayor frecuencia que los trabajadores más difíciles de conseguir son los técnicos medios (39%), seguidos por los profesionales universitarios (30%) y los trabajadores no calificados (18%), en el año

2006 el 10% de un grupo de empresas encuestadas reportó no tener dificultad para conseguir trabajadores de los distintos niveles de calificación" (Uccaep, 2006).

Estas cifras son el producto de una transformación que ha sufrido el país desde la década de los 90 cuando ingresan empresas transnacionales del sector tecnológico, como INTEL, Motorola, HP, entre otras. En la búsqueda de profesionales capacitados comienzan a tener un acercamiento con instituciones de educación superior y colegios de profesionales técnicos, por ejemplo, en el año 2003 la empresa INTEL dona equipos a estas instituciones educativas. Este hecho originó un cambio en las currículas de las instituciones beneficiadas. El objetivo de las empresas era formar profesionales que conocieran los equipos que utilizaban en sus procesos, logrando ahorrar tiempo de capacitación y una fácil inserción en sus centros de producción. Lo importante en este cambio radicaba en que los egresados de las diferentes instituciones podían contar con un perfil mínimo de conocimiento antes de ingresar a la industria.

En esta dinámica debido al uso, algunos robots empezaron a fallar y a dañarse, además la falta de repuestos hacía aún más difícil mantener en funcionamiento estos equipos. Lo que generó una problemática importante para la enseñanza, especialmente en la robótica y automatización de procesos industriales. Ante esta situación, el ingenio e inventiva de los docentes abrió la oportunidad para diseñar estrategias en escenarios más asequibles, entre ellas la robótica móvil y la simulación. Haciendo una amalgama entre lo físico, lo electrónico y lo virtual. Inició entonces un proceso de enseñanza-aprendizaje con kits de robots móviles. La electrónica convencional fue un pilar fundamental para el control de los diferentes aspectos de la robótica en esta etapa, es decir, que el uso de sistemas integrados se convirtió en un paso fundamental en la aplicación de nuevos tipos de robots.

El estudio de las estructuras mecánicas de un robot y la cinemática de los mismos permite

realizar una segunda etapa en el proceso la cual consiste en implementar brazos articulados de diversos materiales y formas, el estudio previo del control por medio de la electrónica daba una gran ventaja para iniciar el nuevo paso, estas estructuras fueron diversas, además en esta etapa se involucra un ingrediente más: la programación estructurada.

El implementar estructuras programadas para que por medio del manejo de puertos se pueda enviar datos a la electrónica con el propósito de mantener el control de los sistemas mecánicos se convirtió en un nuevo reto para el proceso de enseñanza, la combinación de tres disciplinas distintas (Mecánica, Electrónica y Programación) debía coordinarse con el trabajo interdisciplinario con el propósito de involucrar los aspectos fundamentales de cada área para lograr un buen producto final. La robótica móvil pasa a un segundo plano pero no se descuida debido a que con la llegada de sistemas LEGO era más fácil demostrar el uso de sistemas sensoriales de una manera más integrada y sencilla, la experiencia con este tipo de tecnología permite que el estudiante no solo se introduzca en la programación de objetos sino también en el principio de la aplicación de sensores, además, al ser un sistema modular permite construir una serie de estructuras no robóticas similares a la industria permitiendo con esto un acercamiento a la realidad, dando origen a la robótica educativa. Los primeros estudios en Costa Rica referentes a la aplicación de la robótica educativa los realiza la Fundación Omar Dengo (FOD).

El diseño de estructuras robóticas y su control son etapas muy importantes en el proceso de aprendizaje, una vez superadas las etapas anteriores es posible realizar diseño de robots capaces de realizar tareas diversas. Los inicios de estos diseños se basan en la segunda generación (no hay conexión con el ambiente), aunque esto no es impedimento para ingresar al diseño de robots de tercera generación, al igual que en la segunda etapa de la evolución los materiales son diversos y se cambia el control del robot por un microcontrolador, lo que hace más por-

tátil el sistema al no tener que utilizar la PC. Es en esta etapa que se produce una sinergia entre las etapas anteriores conduciendo así a un sistema robótico más robusto y confiable. Así también, el uso de programas de simulación robótica ayuda a que los estudiantes se enfraquen en aplicaciones y soluciones de problemas reales que se pueden presentar en una industria, la interacción con un proceso sistematizado y simulado es sumamente importante para posteriormente observar las similitudes existentes en la industria.

Todas estas etapas dan como resultado una evolución con el tiempo, lo que permite de acuerdo a las necesidades de la industria y la tecnología del momento una viabilidad en el desarrollo de nuevos procesos dentro del aula, no se sabe a ciencia cierta cuál será el próximo paso en este proceso; pero se puede asegurar que mientras existan herramientas básicas y cognitivas, tanto docentes como estudiantes deben emprender un viaje a la experimentación y la exploración de nuevos métodos que permitan fortalecer los procesos de enseñanza que a su vez converjan con las necesidades del mercado laboral.

## 2. ANTECEDENTES

El estudio de la robótica en Costa Rica es muy reciente debido fundamentalmente a la imposibilidad de la industria local por abarcar este tipo de tecnología. La llegada de la empresa INTEL en 1997 permite situar esta rama de la ciencia en las palestras primero política y luego educativa. Este hecho repercute en una modificación del perfil de egreso de los nuevos profesionales de las instituciones correspondientes, a pesar de no contar estas ni con la tecnología ni con los equipos necesarios para llevar a cabo una correcta capacitación. No es hasta el año 2003 en que la misma compañía hace una donación de robots industriales marca Staüli de Unimation a las instituciones para la enseñanza de esta ciencia, a la vez que imparte capacitación a profesores de todo el país con el fin de multiplicar el conocimiento en todos los colegios técnicos. La robótica estable-

cida así tenía como base tecnológica módulos LEGO u otras tecnologías similares, pero no en todas las instituciones se podía contar con estas plataformas.



**Figura 1.** Robot Staüli RX90.

**Fuente:** Colegio Universitario de Cartago.

Al inicio del proceso no se presentaron inconvenientes puesto que los robots donados estaban prácticamente nuevos y el trabajo se realizaba sin contratiempos. Sin embargo, pasados los años las fallas eléctricas y mecánicas comenzaron a surgir complicando el proceso de enseñanza; además de la adquisición de repuestos que, en caso de existir, implicaban un costo elevado para las instituciones. Poco a poco estos dispositivos empezaron su curva descendente de mantenimiento hasta agotar su vida útil, convirtiéndose en una problemática mayor que cuando no se contaba con los sistemas robóticos, puesto que se tenían los planes de lección y la currícula, pero no se contaba con los equipos robóticos por lo que la enseñanza se basaba solo en la base teórica perdiendo la experimentación y la práctica.

### 3. EVOLUCIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA DE LA ROBÓTICA

Estudiado el problema presentado y haciendo una identificación de las circunstancias existentes por la falta de un robot industrial y que no era posible bajar el nivel curricular se hizo necesario establecer estrategias de enseñan-

za que permitieran a los estudiantes explorar las diferentes ramas de la robótica, esto llevó a utilizar el ingenio y aprovechar otros aspectos curriculares y conocimientos adquiridos en otros cursos por lo que se desarrollaron varias categorías tales como:

- Robots móviles implementados a base de electrónica analógica.
- Robots móviles microprogramados.
- Control de robots por medio de programación estructurada.
- Plataforma LEGO®.
- Diseño de robots con control por plataforma Arduino.
- Simuladores robóticos.

#### 3.1. Robots móviles por medio de la electrónica analógica

Entre los principales problemas localizados en manipuladores industriales destaca el control y la identificación de fenómenos en el dispositivo. Al inicio se trabajó con robots seguidores de luz. Esto permitió utilizar la electrónica analógica como plataforma de control utilizando circuitos transistorizados, amplificadores operacionales y otros circuitos de tipo lineal y digital. Esta primera experiencia no estaba destinada a obtener un dispositivo funcionalmente terminado, más bien era observar las estrategias de control aplicables a un autómata por lo que los primeros ensayos se realizaron en plaquetas de prueba (protoboards o ferroboard).

Como se muestra en la Figura 2, los primeros prototipos que se realizaron eran simples juguetes, a los cuales se les adaptaba los motores o en su defecto se controlaba el ya existente. Para este fin era indispensable contar con sistemas de baterías de alta duración y con corrientes significativas, por lo que una de las problemáticas radicaba en cómo se alimentaba el circui-

to de control y cómo se les daba potencia a los motores. La solución fue utilizar sistemas de relevadores para la alimentación de potencia y reguladores de tensión para los circuitos de control, analógicos y digitales. Durante las primeras pruebas había que tomar en cuenta que el chasis y las baterías daban un peso adicional para ser movilizado, pues en caso de ser muy pesado los motores se forzaban hasta el punto de demandar altas cantidades de corriente. Por otra parte, la sensibilidad individual de los componentes utilizados como sensores era también un aspecto a considerar pues al no ser exactamente iguales la variable física a controlar tenía un efecto mínimo en los dispositivos sensoriales. Bajo estas circunstancias fue necesario implementar circuitos de sensibilidad con el fin de calibrar los sensores y establecer un valor cero en ambos en caso de no tener señal de excitación.

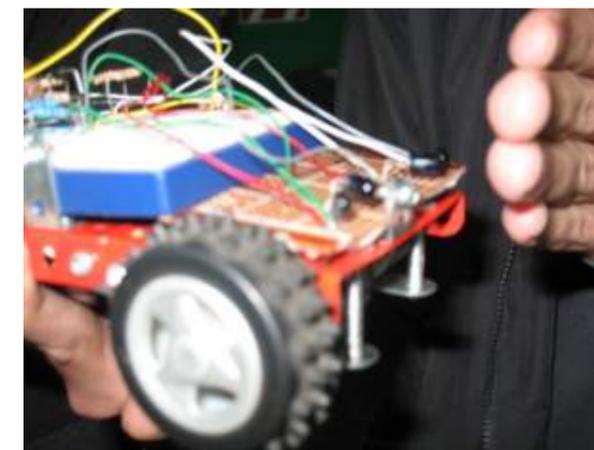


**Figura 2.** Robot móvil seguidor de luz.

**Fuente:** Curso de Técnicas Avanzadas II, Carrera de Electrónica, CUC.

Los resultados obtenidos en esta etapa fueron satisfactorios, los robots construidos no solo se pudieron movilizar durante las pruebas, sino que también se exploraron diferentes variables tales como: la luz, espectro infrarrojo y proximidad de objetos o barreras (ver Figura 3). Por otra parte, el control logró mostrar un aspecto importante para los futuros diseños: la necesidad de control PID (proporcional, integral y derivativo) debido a que la acción de los sensores tenía un efecto muy brusco en el movimiento, control de los motores

y los cambios de dirección, este aspecto se debió tomar en cuenta para realizar nuevos diseños.



**Figura 3.** Robot móvil con sensor de proximidad.

**Fuente:** Curso de Técnicas Avanzadas II, Carrera de Electrónica, CUC.

#### 3.2. Robots móviles microprogramados

Una vez que se experimentó con la electrónica analógica, se dio un avance en el proceso al utilizar electrónica digital, la base de construcción de estos robots móviles radicaba en el uso de memorias tipo ROM (Read Only Memory) las cuales por medio de la programación procesa las señales de entrada y envía a los motores y demás electrónica estados programados para que de acuerdo a los eventos presentados se presentaran efectos en la salida, esto disminuyó en gran medida el tamaño del circuito de control (Tocci, 2004).

En esta etapa también se experimenta con arquitectura de micro controladores de marcas tales como Microchip con PIC (Programmable Integrated Circuit) y ATMEL®, estas plataformas permitieron un ligamen más adecuado entre lo mecánico, lo electrónico y la programación de bajo nivel (ver Figura 4 en la siguiente página).

#### 3.3 Control de robots por medio de programación estructurada

Una vez que se pudo demostrar que el control electrónico permite una interacción adecuada

con los dispositivos mecánicos, el uso del ordenador era el siguiente reto mediante el uso de los puertos de comunicación serial y paralelo. Es aquí donde se inicia la construcción de manipuladores programables, el trabajo de diseño era fundamental, dependiendo de la estructura, peso y geometría de los eslabones (joints) para establecer la fuerza de los motores.



**Figura 4.** Robot móvil con sensor ultrasónico microprogramado. **Fuente:** Curso de Técnicas Avanzadas II, Carrera de Electrónica, CUC.

Este control se realizaba por medio de programación en lenguaje C++ que permitía una versatilidad muy adecuada en el trabajo con datos de entrada y salida. En esta experiencia el motor a pasos (stepper) se convirtió en la mejor opción para las articulaciones del robot por su control con datos binarios y la generación de secuencia. En esta etapa se experimenta no solo con el control de sistemas eléctricos, también se explora el movimiento de las articulaciones utilizando la neumática (aire comprimido controlado) y con materiales cotidianos y fáciles de encontrar. Las paletas de médico y las jeringas de veterinario fueron la novedad en el diseño de los nuevos manipuladores como se muestra en la Figura 5.

También se pudieron experimentar con tarjetas manipuladoras comerciales controladas por PC. Al trabajar con estas tarjetas se vio la necesidad de realizar adaptaciones propias para ampliar la funcionalidad de las mismas. Para ello, se dise-

ñó una tarjeta electrónica que tenía la propiedad de convertirse en un compilador entre la PC y el brazo robot. Esa tarjeta tenía su propia alimentación y se consideraba como el controlador del robot, ya que debía enviar la información a los motores internos del brazo comercial, complementado con la programación realizada por la PC. Esta etapa fue la semilla para la construcción de nuevos manipuladores en los siguientes años.



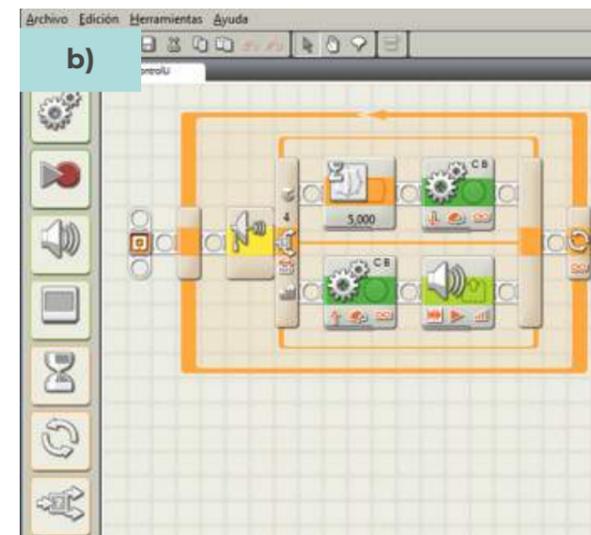
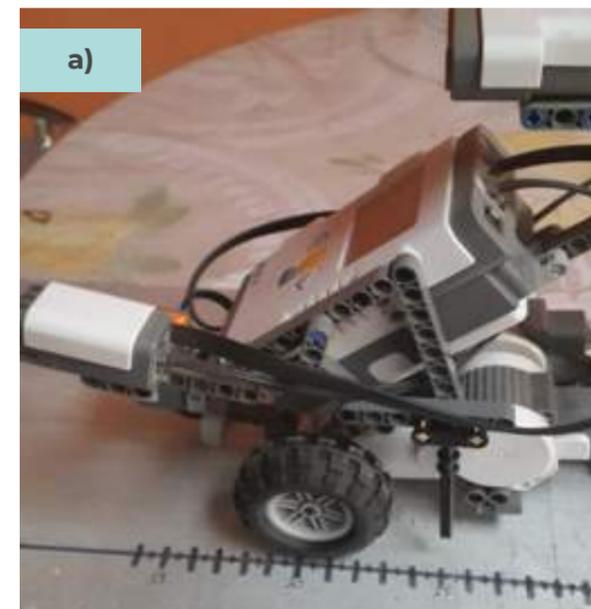
**Figura 5.** Brazo manipulador por medio neumático controlado por PC. **Fuente:** Curso de Técnicas Avanzadas II, Carrera de Electrónica, CUC.

### 3.4. Plataforma LEGO®

Legó introduce en el mercado tecnológico estructuras similares a las que comercialmente eran conocidas, sin embargo, le adiciona otros complementos tales como engranes, sensores y un pequeño computador reprogramable. Estas estructuras son limitadas a cuatro entradas y cuatro salidas, sin embargo, para las acciones que se debían controlar el sistema es bastante adecuado. La introducción del Mindstorm NXT (mostrado en la Figura 6) al mercado hace que instituciones por lo general privadas y fundaciones inicien la enseñanza de estructuras automatizadas simples para la enseñanza de niños y su conocimiento a una nueva tecnología.

Por su facilidad de uso y su modularidad los Mindstorm permiten la programación basada en objetos, a un nivel básico que incluso ni-

ños de poca edad son capaces de programar estructuras y experimentar un avance significativo en su proceso de aprendizaje. Debido al éxito de Mindstorm NXT, LEGO® evoluciona y lanza al mercado una nueva versión, EV3, esta versión si bien es cierto es similar a la anterior en el hardware, cambia considerablemente en su programación al introducir un ambiente de programación más sencillo y con nuevas funciones en sus bloques de programación, menos rigidez para el control de los motores y posibilidad de crear nuevos bloques. En la Figura 7 se muestra un ejemplo del Modelo Legó EV3.



**Figura 6.** Robot LEGO Mindstorm NXT. a) Estructura móvil. b) Bloque de programación.



**Figura 7.** Robot LEGO Mindstorm EV3. **Fuente:** LEGO. Guía de Usuario.

Bajo este preámbulo de ambas tecnologías, se inicia el trabajo de reformular el proceso de enseñanza-aprendizaje con los estudiantes del Colegio Universitario de Cartago (CUC), no solo en lo referente a los sistemas móviles de robótica, sino también en la simulación de procesos industriales tales como bandas transportadoras, sistemas de selección de materiales, CNC y otros conceptos industriales. La versatilidad que tiene el EV3 permite que cualquier sistema que se desee simular en el ámbito industrial o robótico es posible, sus sensores permiten una amplia gama de posibilidades, desde la ubicación de objetos y mediciones de distancia por medio de ultrasonido hasta reconocimiento de colores. La limitación más importante de esta tecnología sigue siendo la cantidad de entradas y salidas que se pueden utilizar, esto hace que cualquier sistema que se desee controlar debe adaptarse a las cuatro entradas o salidas, o en caso de requerir más sensores deben adaptarse y coordinarse otros EV3.

Con estos kits robóticos se crearon estrategias de uso de los sensores en aplicaciones tales como seguidor de línea, evasores de obstáculos, y detectores de objetos. En la Figura 8 se muestra un reto para los estudiantes en la que el diseño realizado móvil con LEGO debe salir de un laberinto con giros al azar. Con este reto se logró que los estudiantes programen el

autómata de forma tal que pueda tomar decisiones y aplicar fundamentos básicos de Inteligencia Artificial.



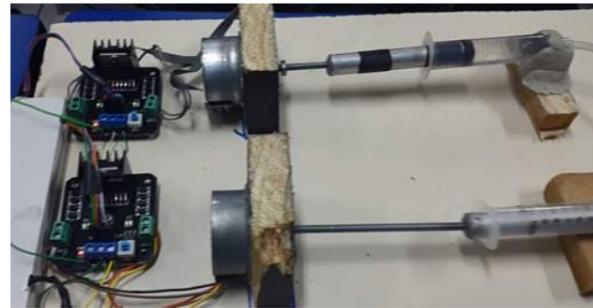
**Figura 8.** Robots LEGO en reto de laberinto. **Fuente:** Curso de Robótica y Automatización, Carrera de Electrónica, CUC.

### 3.5. Diseño de robots con control por plataforma Arduino

En todas las etapas descritas anteriormente debía contarse con un controlador, estos estaban establecidos desde la sección electrónica convencional y digital hasta la pequeña computadora de LEGO, de acuerdo a las tecnologías contemporáneas las tendencias de los nuevos diseños se deben ir adaptando. Por tal razón con la aparición de las plataformas BASIC Stamp, Raspberry Pi y sobre todo ARDUINO permitieron explorar nuevos ámbitos de control para los diseños robóticos actuales. Con la plataforma ARDUINO, el nuevo diseño se preocupaba de aspectos tales como diseño de PCB, tamaño o espacio del controlador, fuentes de alimentación, sistemas de potencia o de cargar un computador para controlar el robot. La sección mecánica si bien es cierto es importante no es significativa dado que los módulos de potencia de la plataforma permiten tener acciones de control, lo que limita el tamaño o fuerza del robot es el motor utilizado.

La plataforma ARDUINO es ideal para utilizar servomotores, los cuales son los más utilizados y adecuados en la robótica actual, no solo por su robustez sino porque al contener un encoder (sistema de posición) se puede no solo deter-

minar la dirección sino también la posición del motor y por ende de la articulación del robot. En la Figura 9 se muestra dos plataformas ARDUINO conectadas a un servomotor.



**Figura 9.** Módulos de ARDUINO como control de motores de un robot. **Fuente:** Curso de Robótica y Automatización, Carrera de Electrónica, CUC.

En esta etapa el uso de sensores y módulos permitieron que se establecieran diferentes variables medibles y controlables por medio del robot, los primeros prototipos solo se encargaban de detectar objetos y ubicarlos en recipiente o lugares establecidos, esto para demostrar los procedimientos y la aplicación *Pick and place* que es la más utilizada en la industria como se muestra en la Figura 10.

### 3.6. Simuladores Robóticos

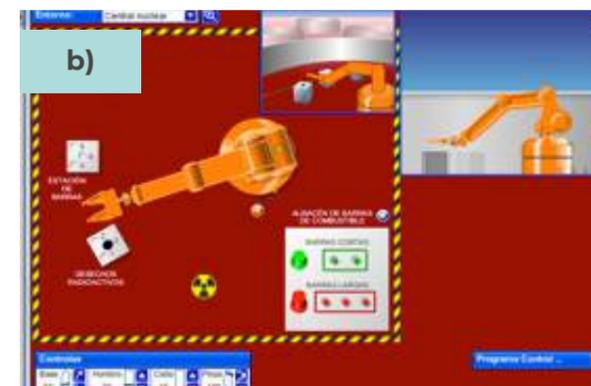
El complemento a lo desarrollado en lo referente al hardware es el software de simulación, que permite realizar programas con coordenadas reales con el fin de que el usuario pueda establecer procedimientos y estrategias reales. Este software es parte de una plataforma real que tiene un pequeño brazo robótico que realiza las funciones programadas previamente. En el simulador se pueden observar los posibles errores de programación o de ubicación de coordenadas, si en la simulación falla o el robot colisiona, esto ocurrirá exactamente igual en el momento de que el manipulador real deba entrar en funcionamiento. En la Figura 11 se muestra este ambiente de simulación.

Esta plataforma utiliza una serie de nemónicos similares al lenguaje C++, por lo que en caso de

que el estudiante una vez egresado tuviera la posibilidad de encontrarse un manipulador industrial posiblemente no tendría problemas en programarlo debido a su similitud con el entrenamiento recibido. En la Figura 12 se muestra el brazo físico que viene con el ambiente de simulación.



**Figura 10.** Robot SCARA Pick and Place controlado por ARDUINO. **Fuente:** Curso de Robótica y Automatización, Carrera de Electrónica, CUC.



**Figura 11.** Ambientes de simulación. (a) Ambiente de célula de fabricación. (b) Ambiente de central nuclear. **Fuente:** Simulador LJ Create.



**Figura 12.** Hardware de sistema robótico. **Fuente:** Simulador LJ Create.

## 4. METODOLOGÍA PARA LA APLICACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS

Los procesos descritos se han llevado a cabo durante el desarrollo curricular de la Carrera de Electrónica del Colegio Universitario de Cartago en Costa Rica, en el curso de Robótica y Automatización (antes denominado Técnicas Avanzadas II) con la participación promedio de 12 estudiantes por curso y 20 por año.

Al ser una carrera de tópicos de ingeniería la mayoría de los estudiantes son varones, en los datos existentes del 2009 al 2016 se puede observar esta tendencia, en los últimos años el número de mujeres ha ido disminuyendo en el curso, sin embargo, en la carrera si hay mujeres matriculadas en los diferentes cursos (Tabla 1).

Durante el proceso realizado desde el año 2008 y hasta la fecha (2017) se han establecido métodos de investigación con el propósito de realizar criterios de evaluación cualitativa, y hacer los ajustes necesarios en cada etapa, pues se debía establecer una serie de procedimientos que tenían que cumplir con niveles de calidad de los diseños mecatrónicos. Por otra parte, las estructuras debían contemplar

| AÑO               | ESTUDIANTES MATRICULADOS | VARONES       | MUJERES       |
|-------------------|--------------------------|---------------|---------------|
| 2009              | 23                       | 18            | 5             |
| 2010              | 29                       | 29            | 0             |
| 2011              | 22                       | 18            | 4             |
| 2012              | 18                       | 14            | 4             |
| 2013              | 20                       | 16            | 4             |
| 2014              | 16                       | 15            | 1             |
| 2015              | 32                       | 30            | 2             |
| 2016              | 10                       | 10            | 0             |
| <b>Total</b>      | <b>170</b>               | <b>150</b>    | <b>20</b>     |
| <b>Porcentaje</b> | <b>100%</b>              | <b>88.23%</b> | <b>11.76%</b> |

**Tabla 1.** Estudiantes matriculados en el curso. **Fuente:** Registro de calificaciones.

características mecánicas y de resistencia en este ámbito que permitieran el movimiento adecuado de la estructura robótica, la interacción con los diversos sistemas de detección de la variable a aplicar y el control por medio de la programación estructurada.

Al aplicarse durante un curso de la currícula no era posible realizar un método científico adecuado, es decir, no era posible establecer un proceso de investigación para luego aplicar los resultados en el curso, por lo que la experimentación estaba basada en la prueba y el error de las estructuras durante el desarrollo del diseño. Además, al ser un desarrollo tecnológico se debía establecer las características electrónicas y de programación adecua-

das para la acción satisfactoria de los diversos procedimientos realizados. La recolección de datos para este proceso se hizo por medio gráfico, utilizando fotografías, pues era necesario establecer alguna evidencia de los procesos, además de las diversas calificaciones de las secciones de los robots realizadas por los estudiantes. No se tienen datos cuantitativos de las experiencias adquiridas por los participantes, como se indicó anteriormente este proceso se da a partir del desarrollo de un curso presencial y no de una investigación formal.

En cuanto a los análisis de datos y la evaluación de los resultados obtenidos, estos se realizaron por medio de tablas de cotejo que permitieran de una manera objetiva calificar los diversos

aspectos de la estructura de los diferentes tipos de robots. Esas tablas de cotejo tenían los aspectos de movilidad, actividad sensorial, presión de la garra, control de los motores, programación y capacidad de involucrarse con el entorno. Todos estos aspectos son fundamentales para un buen funcionamiento del sistema robótico y el cumplimiento de los objetivos del curso. La investigación es un compendio de experiencias acumuladas desde el año 2008, cuyos primeros resultados se presentan en el 2009, la necesidad de cumplir los objetivos del curso al perder el insumo principal (brazo robótico) hizo que se migrara a otras tecnologías.

Durante el desarrollo del curso se realizaron circuitos de diseño original de los estudiantes y aunque se realizaron investigaciones de sistemas previos cada participante debió entregar un procedimiento de construcción y las estrategias de diseño. Además, por las características de cada etapa los diseños de control y las diferentes estructuras son únicos para cada robot, esto debido a que los centros de gravedad y las longitudes cambian el control que se debe aplicar. En el desarrollo de las diferentes etapas no se aplicaba ningún mecanismo o tensiones que pusieran en riesgo la integridad física de los participantes dado que las velocidades a utilizar eran relativamente bajas y las tensiones no superaban los 24V de corriente directa. En el caso de las aplicaciones neumáticas e hidráulica se trabajaba con la presión de un fluido (aire, aceite o agua) existente en los conductos y no se utilizaba compresor o bomba de presión.

## 5. RESULTADOS

Los resultados obtenidos dentro del proceso de diseño de los diferentes robots demostraron que no es indispensable contar con un sistema comercial para dar inicio al aprendizaje de la robótica. La investigación por parte de los docentes y estudiantes basándose en la experiencia de otros cursos de la carrera, tales como: dibujo técnico (construcción de maquetas), introducción a la programación, electrón-

ica digital y microprocesadores entre otras disciplinas permitió integrar conceptos claros de estos a los diseños robóticos. La estructura curricular de la carrera de electrónica del Colegio Universitario de Cartago en Costa Rica le permite al discente asociar diferentes conceptos del conocimiento para el desarrollo de los diseños de forma adecuada y respetando las diferentes normas, leyes físicas y eléctricas. Durante el desarrollo de la carrera los estudiantes van adquiriendo destrezas, competencias y capacidades que les permite unirlos de tal forma que se logre una interacción entre los diferentes aspectos de la ciencia y la tecnología, por ejemplo, el curso de Dibujo Técnico tiene en su plan de estudio el diseño de maquetas, esto le permite al estudiante al ingresar a materias de electrónica tener una idea de cómo realizar un chasis adecuado que cumpla con normas estructurales para instalar las tarjetas madres u otros elementos de un proyecto.

En la misma línea del diseño, se cuenta con la enseñanza de circuitos impresos (PCB). A su vez la enseñanza de diferentes lenguajes de programación de bajo y alto nivel permiten al estudiante el control de diferentes dispositivos de salida tales como luces, válvulas y motores necesarios para la implementación de un robot. También fue muy importante observar que, a pesar de no tener conocimiento en mecánica o diseño mecánico, los estudiantes debieron investigar y aprender conceptos como centro de gravedad, puntos de equilibrio, etc.

Las experiencias lúdicas en cada etapa permitieron un avance significativo, cada estudiante obtuvo una experiencia única en cada diseño, si bien es cierto el apoyo en la teoría para el diseño de los circuitos era muy importante también podían darse cuenta de que debían ajustar otros conceptos pues se producían errores reales que era necesario subsanarse con la experimentación. Estos avances se establecen en la tabla 2 (siguiente página).

La mayor experiencia lúdica se presentó en la construcción con LEGO, al ser una experien-

| EXPERIENCIA  | RESULTADO  |
|--|--|
| Comportamiento de la luz en sistemas electrónicos.   | Los participantes tuvieron la oportunidad de observar como un haz de luz o un rayo laser de baja intensidad en un dispositivo eléctrico como una fotorresistencia permitía de acuerdo al cambio de valor controlar los motores y niveles de corriente o tensión.   |
| Uso del agua y aire como responsables de los movimientos de las diferentes articulaciones.             | Se reconoce la importancia de un fluido como medio de transmisión de fuerza y movimiento, además se reconocen las diferencias entre ambos fluidos.   |
| Uso de materiales no tradicionales como paletas para helado o madera en la construcción de los robots. | Esta experiencia le permitió al estudiante desarrollar estructuras en la cuales se establecían los principales conceptos de resistencia de materiales, aun y cuando no es parte de la currícula de la carrera de Electrónica. La experimentación y el proceso de prueba y error permitió avanzar en modelos cada vez más estables.   |
| Diseño de robots móviles por medio de Plataforma LEGO EV3.   | A pesar de ser considerado un juguete y se aplica la lúdica considerablemente, esta herramienta es sumamente importante para el desarrollo de otros proyectos y simulaciones industriales.   |
| Salida de un laberinto pre-establecido con la ayuda de sensores en EV3.                                | Este proyecto es muy singular debido a que se convierte en un verdadera competencia para los estudiantes al no solo tener que hacer que el robot salga del laberinto sino que lo haga en un tiempo adecuado.   |
| Experimentación con diferentes sensores.   | El uso de sensores electrónicos de proximidad ayudo a que la detección de objetos fuera más precisa, se adaptaron a los robots sistemas de electroimanes para observar su comportamiento como herramienta de trabajo, además, se consideró que los sensores ultrasónicos son los más adecuados para ciertos materiales (no metálicos).   |
| Identificación de diferentes aspectos físicos de los objetos a detectar.                               | Establecidos los criterios de los objetos a detectar por medio de los brazos robots diseñados, se trabajaron aspectos de la física y la matemática tales como áreas geométricas, color del objeto, forma del objeto. Esto hizo que los estudiantes no solo vieran un reto en la detección sino también la interacción de otros sensores (difracción de luz) con los ya utilizados previamente. |

**Tabla 2.** Experiencias lúdicas en el desarrollo del proyecto. **Fuente:** Desarrollo del proceso.

cia con la que la mayoría de los estudiantes ya habían tenido contacto en su niñez permitió una facilidad en el desarrollo de los diferentes proyectos a realizar, la identificación de los varios modelos y piezas complementados con la electrónica hicieron que el trabajo dentro del aula fuera más ameno y entretenido para los estudiantes, además el realizar sus propios diseños resultó más satisfactorio cuando estos se observaban en pleno funcionamiento.

El uso de simuladores antes de realizar el trabajo final para observar los posibles errores que se puedan cometer, reduce la tasa de fallas en los circuitos y diseños. Los simuladores electrónicos como Multisim, Edison y simuladores para robótica ayudan aún más al estudiante a la aplicación real y la corrección de errores antes de implementar el modelo final.

La electrónica analógica no permite un control tan exacto como lo permite la electrónica digital o los microcontroladores, en la electrónica analógica los ruidos de líneas o las rupturas de las misma, así como los diversos cambios de corrientes hace que los robots puedan comportarse de maneras extrañas y hasta dañar los motores. Los sistemas microcontrolados permiten una gama amplia de soluciones y controles, al contar con memorias internas y diversos puertos de entrada y salida permite una amplia gama de posibilidades para el control de los actuadores del sistema.

## 6. DISCUSIÓN

La experiencia obtenida ha sido muy importante para un país en el que la ciencia de la mecatrónica y la robótica empiezan a dar sus primeros pasos y en la que la industria emergente requiere de profesionales capacitados en sistemas mecánicos automatizados y controlados.

Los resultados obtenidos durante el desarrollo de las diferentes etapas permitieron observaciones aceptables en la construcción de robots y manipuladores. La robótica móvil como primer ensayo permitió que se presentara un mayor interés en

el curso pues no solo se daba la típica interacción teórica como método conductista tradicional, sino que se daba una verdadera razón para aplicar y llevar la teoría a la experimentación y a la aplicación real en un aprendizaje significativo.

Los sistemas modulares son una muy buena opción para simular aplicaciones parecidas a las que se encontrarán los estudiantes en la realidad, esto permite que a pesar de que las instituciones no cuenten con los presupuestos y con la posibilidad de contar o cambiar constantemente equipos de última tecnología si puedan adaptarse al menos a las necesidades que la industria y la sociedad exigen.

Sin importar el tipo de robot (móvil o manipulador) es indispensable que cuente con un controlador, sea este "inteligente" o no, pues es necesario que se establezcan condiciones que permitan que el desarrollo o el dispositivo tome decisiones de acuerdo a las variables que se solicitan, la importancia del controlador en todo sistema robótico es necesario pues es ahí donde el aprendizaje es demostrable.

De acuerdo a lo señalado anteriormente no se puede establecer una etapa final en el estudio de la robótica en las instituciones o en el diseño de los mismos por parte de los estudiantes, el límite lo determina la tecnología que esté presente en ese momento. Cada día aparecen novedosas aplicaciones y nuevos componentes que permiten la evolución en los diseños y desarrollos robóticos, al inicio se realizaron diseños con electrónica analógica y circuitos integrados lineales y actualmente la microprogramación y las plataformas freeware están ganando terreno en la tecnología de diseño mecatrónico.

## 7. CONCLUSIONES

Realizado el análisis de la experiencia adquirida en la aplicación lúdica en la enseñanza de los sistemas robóticos se puede concluir que:

El inicio de un proceso se puede realizar con sistemas sencillos y estructuras existentes que

puedan ser modificables por electrónica analógica en caso de contar con ese recurso.

Los factores iniciales a controlar son las que se encuentran en la vida cotidiana tales como: presencia de objetos, oscuridad y luz.

La mecatrónica y la robótica no deben verse como entidades separadas, son complementarias por sus convergencias (ya que una depende de la otra para llevar con éxito el proceso de control) y con la correcta programación.

El proceso de evolución en la aplicación de sistemas robóticos en una institución educativa técnica o superior debe establecerse paulatinamente agregando etapas y variables y sometiendo a revisión para su mejoramiento.

El complemento de otras materias tales como: diseño, dibujo técnico, programación de microprocesadores y lenguajes de programación son fundamentales en el éxito del proceso de diseño mecatrónico y robótico.

Si las mallas curriculares están concatenadas adecuadamente la elaboración de los robots se facilita enormemente.

La experiencia adquirida durante este tiempo recomienda que la robótica móvil sea el inicio o la célula de arranque para la elaboración de un proceso de crecimiento en la enseñanza de la robótica en cualquier institución educativa.

Las soluciones pueden ser muy variadas dependiendo de los niveles que se desean alcanzar o del escalón de integración y programación que permita el proceso de enseñanza.

Los equipos existentes en el mercado se convierten en una herramienta muy importante y complementan la enseñanza de la robótica, esto debido a que su comportamiento similar al que se pueda encontrar en la industria moderna. Esto le permite al estudiante observar posibles errores en el diseño y el funcionamiento.

Los modelos de construcción modular no solo deben utilizarse en la robótica, son una herramienta muy útil para el diseño de otro tipo de estructuras tales como seleccionadoras de material, simuladores de procesos industriales (CNC) entre otros que permitan simular procesos variados en el ámbito de la programación y mecatrónica.

Las plataformas y lenguajes de programación abiertas tales como C++, C#, Arduino, PIC y LEGO, son una herramienta fundamental en el desarrollo de los diseños robóticos, pues permiten la adaptabilidad con el entorno físico del diseño y en caso dado permite el cambio de la funcionabilidad del diseño por medio de nuevas programaciones puesto que estas deben estar en el controlador del robot (computadora o tarjeta madre) el cual por medio de los buses de datos, control y direcciones hacen que los actuadores realicen su tarea.

## 8. REFERENCIAS

Angulo, J., Angulo, I. (1999), PIC Diseño práctico de aplicaciones. Mc Graw Hill.

Asimov I. (1942). I Robot Man like machines rule the world.

Barrientos, A., Peñin, F., Balaguer, C. Aracil, R. (1997). Fundamentos de Robotica. (1ª ed.) McGraw Hill.

Belove Ch. (2016). Enciclopedia de la Electrónica, Ingeniería y Técnica OCEANO. Editorial OCEAN. Tomo 5.

Cembranos, J (1998). Sistemas de Control Secuencial (1ª Edición). Paraninfo.

Fundación Omar Dengo. (2017). Recuperado de <http://www.fod.ac.cr/>

Capek, K. (2004). R.U.R, Rossum's Universal Robot, Penguin Books Ltda.

Malone B., Devol G., (2011). A Life Devoted to Invention, and Robots, IEEE Spectrum.

Merlet J.-P. (2006), Parallel Robots. Second Edition ed. INRIA, Sophia-Antipolis, France: Springer.

Papayan Shushanik. (2017). Cuando los robots lo hacen todo y el ocio es obligatorio, BBVA Research.

Reyes, F. (2011). Robótica, control de robots manipuladores, Editorial Alfa omega.

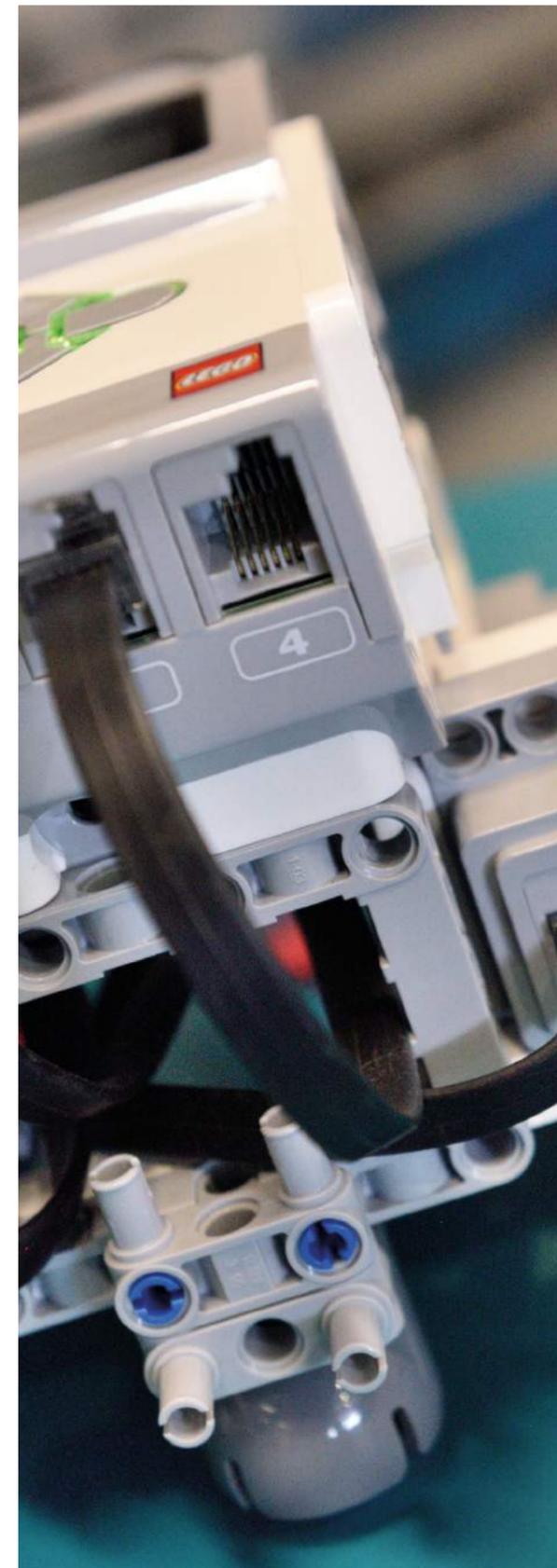
Tocci, R., Widmmer, N., Mosss, G. (2004). Sistemas Digitales Principios y Aplicaciones (10ª Edición). Pearson.

UCCAEP (2006) Unión Costarricense de Cámaras y Asociaciones de la Empresa Privada <https://www.uccaep.or.cr/images/content/informe-de-labores/2005-2006.pdf>

## 9. AUTORES

**Junior Morales Molina**, Técnico Medio en Electrónica del Colegio Vocacional de Artes y Oficios. Diplomado Universitario del Colegio Universitario de Cartago. Bachiller en Ingeniería Electrónica en la Universidad Hispanoamericana. Máster en Educación de la Universidad Americana. Representante por Costa Rica en el Tercer Curso Internacional en Robótica Aplicada en el CNAD, México. Auspiciado por JICA y la SEP. Docente en el Ministerio de Educación Pública de la República de Costa Rica y Colegio Universitario de Cartago.

**Janio Jadán-Guerrero**, Ingeniero en Sistemas en la Universidad Central del Ecuador. Maestría en Ciencias de la Computación en la Universidad de Costa Rica. Maestría en Administración de empresas y Marketing en la Universidad Tecnológica Indoamérica. Doctorado en Computación en la Universidad de Costa Rica. Actualmente es el Director de Investigación de la Universidad Tecnológica Indoamérica.





ISBN: 978-9942-8727-6-0



9 789942 872760