

Grupos

Tácito  
Información

Integrar  
Visualización  
Colaboración  
Crear  
Recopilación  
Tecnología  
Organización



Semilleros  
Capitalizar  
Personas

Cambio  
Investigación  
Desarrollar  
Compartir  
Explícito  
Accesible  
Crear



Centro de Electricidad  
**Electrónica y Telecomunicaciones**  
Regional Distrito Capital

**SENNOVA**  
Sistema de Investigación,  
Desarrollo Tecnológico e Innovación

**GICS**  
Grupo de Investigación del Centro de Electricidad  
Electrónica y Telecomunicaciones del SENA

## CONGRESO PROYECTA 2020 DIVULGACIÓN Y CULTURA I+D+i

### DIRECTOR GENERAL

Carlos Mario Estrada Molina

### DIRECTOR DEL SISTEMA NACIONAL DE FORMACIÓN PARA EL TRABAJO

Farad de Jesús Figueroa Torres

### DIRECTOR REGIONAL DISTRITO CAPITAL

Enrique Romero Contreras

### SUBDIRECTORA CENTRO DE ELECTRICIDAD, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Claudia Janet Gómez Larrota

### LÍDER SENNOVA

Carlos Andrés Rivera Guerrero

### LÍDER GRUPO DE INVESTIGACIÓN

Robinson Castillo Méndez

### PROFESIONAL INNOVACIÓN Y COMPETITIVIDAD

Jennifer Camila Espitia Duarte

### AUTORES

Andrés Camilo Gutiérrez Escobar

Mauricio Alexander Vargas Rodríguez

Néstor Alexander Baracaldo Urrego

Robinson Castillo Méndez

Sonia Elizabeth Cárdenas Urrea

Deivy Mayorquín

Jennifer Camila Espitia Duarte

José Luis Arrieta Ramos

Lucy Patarroyo Caro

Claudio Javier Romero Mendoza

### DISEÑO Y MAQUETACIÓN

Angie Elizabeth Ballesteros Ramírez

### GRUPO DE INVESTIGACIÓN DEL CENTRO DE ELECTRICIDAD, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES SENA - GICS

ISSN: 2590-5945

## TABLA DE CONTENIDO

### PONENCIAS

1. Prototipo funcional de un sistema de monitoreo para tarabitas ubicadas en zonas rurales con producción agrícola..... 9
2. Medición del impacto de los procesos de investigación aplicada en los semilleros de investigación del sena ..... 15
3. Acercamiento a las técnicas de control avanzado mediante la implementación de un controlador difuso básico..... 31
4. Productos electro-electrónicos metodología de desarrollo..... 40
5. Identificación de métodos de evaluación de variables fisiológicas para el prototipo de un sistema de monitoreo de estrés, para la reducción del riesgo en la realización de trabajo en alturas..... 47
6. Herramientas de hardware para prototipado de producto electrónico en la era de la industria 4.0..... 58
7. Identificando oportunidades de innovación en laboratorios de calibración y ensayos ..... 67
8. Virtual commissioning ..... 85

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura general del sistema de monitoreo de variables. ....	12
Figura 2. Entorno de laboratorio. ....	12
Figura 3. Población Participante Diagnóstico Interno .....	20
Figura 4. Factor Demográfico .....	21
Figura 5. Infraestructura del Centro Puntajes Finales Diagnóstico interno .....	23
Figura 6. Recursos Tecnológicos del Programa Valoración Final Diagnóstico interno .....	24
Figura 7. Capacidad del Talento Humano del Programa de Formación Baloracion final Diagnostico Interno.....	25
Figura 8. Producción Académica Puntajes Finales Diagnóstico interno. ....	26
Figura 9. Competencias del programa Puntajes Fortalezas y Debilidades Diagnostico Interno .....	27
Figura 10. Articulación Formativa Valoración Fina Diagnostico Interno.....	29
Figura 11. Metodología Propuesta.....	33
Figura 12. Inferencia en sistemas difusos.....	33
Figura 13. Base de reglas.....	34
Figura 14. Valores variables, entrada y salida.....	35
Figura 15. Curva de control (izquierda) y defuzzyficación (derecha). ....	35
Figura 16. Controlador a simular.....	36
Figura 17. Respuesta del controlador difuso.....	36
Figura 18. Metodología implementación hardware.....	37
Figura 19. Metodología CEET para el desarrollo de productos electro-electronicos .....	41
Figura 20. Importancia del diseño de un producto .....	42
Figura 21. Importancia del diseño de unproducto.. ..	43
Figura 22. Resumen pasos análisis de requerimientos .....	44
Figura 23. Resumen pasos análisis de requerimientos 2015-2020 .....	49
Figura 24. Muertes por accidentes de trabajo en Colombia 2015-2020 .....	50
Figura 25. Diagnóstico topográfico de las muertes en Colombia 2015-2020.....	51
Figura 26. Lesiones no fatales por accidente de trabajo según diagnostico topográfico ..	51
Figura 27. Síndrome general de adaptación de Syle [6].....	54
Figura 28. Identificación de los métodos de reconocimientos de emociones [8].....	56
Figura 29. Sistema de gesrión de la Innovación.....	80

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Conformación instrumento .....	20
Tabla 2. Metodo y descripción .....	57

## AGRADECIMIENTOS

En esta oportunidad quiero agradecer a la Dra. Claudia Janet Gómez Larrota, Subdirectora del Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones (CEET.) del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA.), por todo el apoyo y la confianza brindada para el desarrollo de las actividades de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico (I+D+i) del año 2020. Al coordinador Misional del centro, el Profesor Mario Rodríguez. Al Director Regional Distrito Capital SENA, Dr. Enrique Romero Contreras, por su acompañamiento y motivación para seguir innovando y trabajando en conjunto entre la academia y la industria. Al Dr. Jesús Figueroa Torres, Coordinador del Grupo de Investigación, Innovación y Producción Académica, Dirección de Formación Profesional de la Dirección General – SENA, por recordarnos la importancia de la articulación con los sectores productivos y la función del Sistema Nacional de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (SENNOVA). También extendemos nuestra gratitud a los Coordinadores Académicos y de Formación Profesional Integral del CEET, como son los Profesores Luis Carlos González, Germán Alarcón y José Iván Sánchez, por su apoyo instructores- investigadores de las diferentes líneas del centro... Al líder del Grupo de Investigación GICS, Robinson Castillo, por compartir su experiencia y su apoyo en las actividades de I+D+i.

Por último, queremos resaltar que es nuestro deseo que los esfuerzos de SENNOVA y nuestro Grupo de Investigación GICS rindan sus frutos. Sin embargo, sabemos que esto no lo podemos lograr solos, y así, es necesario el apoyo de la Industria y la Academia. Por lo tanto, animamos a estos actores a seguir participando, para que estos procesos, los diferentes escenarios y este evento, sea el primero de muchos. Logrando estrechar lazos de cooperación y colaboración entre Academia y Empresa. Para que cada uno brinde lo mejor de sí, construyendo una mejor sociedad y un mejor país.

A todos mil gracias.

Con enorme aprecio,

**Carlos Andrés Rivera Guerrero**

## INTRODUCCIÓN

La generación de nuevo conocimiento es una apuesta que requiere esfuerzo, dedicación, paciencia y extrema rigurosidad, además de una gran inversión en recurso y capital humano. Pero es ahora en el actual panorama de pandemia, la gran relevancia que esta apuesta en ciencias e ingeniería, han realizado durante estos últimos 11 meses. El tener ya varias vacunas en tiempos récord, el contar con medicamentos y terapias, que disminuyen las tasas de mortalidad, se debe al trabajo.

Consolidado de muchos años en inversión científica y formación de capital humano. A nivel nacional se propusieron muchas alternativas y soluciones, para mitigar el impacto de esta pandemia, el SENA no siendo ajeno a este llamado, propuso múltiples soluciones desde todas sus líneas de acción, a nivel de sus líneas de formación, fortaleciendo sus plataformas virtuales para el nuevo reto de la educación virtual. A nivel científico y tecnológico, por parte del sistema SENNOVA, participando en la Mincienciatón, donde se aportó múltiples soluciones para el control de la pandemia y apoyando al personal médico y hospitalario con nuevos dispositivos y equipos de protección de bioseguridad. Así como el apoyo a los sectores productivos, los cuales siguen siendo los más afectados por la actual contingencia, desarrollando convocatoria de financiamiento a Pymes y apoyo a los nuevos emprendimientos (Sena INNOVA), los cuales permitan disminuir las crecientes tasas de desempleo del país. Todo esto sin ser ajenos a la dura realidad de la pérdida de vidas humanas, en cada uno de los días de esta pandemia.

Como se mencionó en el párrafo anterior, la ciencia y la tecnología han sido los actores principales en el presente año. Desde el SENA, por medio del sistema SENNOVA, se promueve y se incentiva la investigación, la innovación y el emprendimiento, ya sea desde los procesos formativos, o apoyando a los sectores productivos con el apoyo en nuevas tecnologías o generando soluciones adaptadas a las realidades del país. Es aquí donde surge la investigación aplicada, como una de las principales herramientas para la generación de este nuevo conocimiento, donde uno de los fines primordiales es encontrar soluciones innovadoras y con valor a diferentes problemáticas. Así como permitir la creación de nuevas competencias y habilidades en los individuos, las cuales les serán necesarias, para afrontar los retos y los cambios que presenta el mundo de la vida, teniendo presente el actual panorama de pandemia, tales como la cuarta revolución industrial, la cual abarca múltiples tecnologías y nuevas formas de producción. Conscientes de esta realidad, el grupo de investigación GICS, el cual pertenece al Sistema SENNOVA, propone anualmente, proyectos de investigación aplicada, innovación y modernización de ambientes, los cuales están enmarcados, en los retos y problemáticas que afronta el país, los cuales permitan cerrar las brechas tecnológicas latentes.

Sistema SENNOVA, propone anualmente, proyectos de investigación aplicada, innovación y modernización de ambientes, los cuales están enmarcados, en los retos y

problemáticas que afronta el país, los cuales permitan cerrar las brechas tecnológicas latentes.

En el presente documento se recogen los resultados de los cinco proyectos SENNOVA financiados para el año 2020, los cuales fueron realizados por aprendices e instructores de las diferentes líneas del Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones (CEET) del distrito capital. A continuación se da el nombre de cada uno de los proyectos y su enlace para obtener una descripción del mismo: En la línea de Innovación (82): PROTOTIPO VESTIBLE WEREABLE PARA EQUIPOS DE TRABAJO EN ALTURAS APLICANDO TECNOLOGÍAS IOT PARA EL MONITOREO DE VARIABLES BIOFÍCAS, cuya descripción se encuentra en: <https://www.youtube.com/watch?v=T0LOO6oQ3UU> Para la línea de investigación (66) se tuvieron dos proyectos, el primero titulado: MEDICIÓN DEL IMPACTO DE LOS PROCESOS DE INVESTIGACIÓN APLICADA EN LOS SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN DEL SENA: UNA PROPUESTA EVALUATIVA, cuya descripción se encuentra en: <https://www.youtube.com/watch?v=5bmDY9Ierf8&t=1120s> El segundo proyecto se titula: FORTALECIMIENTO DE LA FORMACIÓN PROFESIONAL INTEGRAL IMPLEMENTANDO TÉCNICAS DE CONTROL PID Y DIFUSO EN APLICACIONES INDUSTRIALES, cuya descripción se encuentra en: <https://www.youtube.com/watch?v=3V558D-nyo0&t=427s> Para la línea de modernización (23) se tuvo el proyecto titulado: FORTALECIMIENTO DE LA FORMACIÓN PROFESIONAL INTEGRAL IMPLEMENTANDO TÉCNICAS DE CONTROL PID Y DIFUSO EN APLICACIONES INDUSTRIALES, cuya descripción se encuentra en: <https://www.youtube.com/watch?v=5N6-cVZ8TDU&t=829s>. También se presentó lo relacionado a servicios tecnológicos del centro (68), la cual fue una presentación realizada por el gestor de laboratorios de la Regional, el ingeniero José Luis Arrieta, el cual nos presentó el tema: Identificando oportunidades de innovación en laboratorios de calibración y ensayos, cuya descripción más detallada se encuentra en: <https://www.youtube.com/watch?v=P7Ku0h7J7G8&t=2s>. Por parte de Gestión del Conocimiento se realizó la presentación titulada: Gestión del Conocimiento SENA, cuya descripción se encuentra en: <https://www.youtube.com/watch?v=0nOLK9ZjUAA>. Finalmente se tienen dos proyectos de investigación aplicada e innovación, los cuales no contaron con financiación para la presente vigencia, pero contaban con recurso en equipos y materiales, los proyectos fueron: Sistema de Alerta Tempranas para mitigación de riesgos Fase II, Crecientes hídricas y agricultura, de la línea (66) y Diseño e implementación del prototipo de un sistema de monitoreo para tarabitas ubicadas en zonas rurales con producción agrícola, de la línea (82), cuya descripción más detallada se encuentra en: <https://www.youtube.com/watch?v=3T4komTtrGg&t=1s> Todo este proceso divulgativo, fue gracias al apoyo de la línea (65) APROPIACIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA Y CULTURA DE LA INNOVACIÓN Y LA COMPETITIVIDAD (APROPIACIÓN), de SENNOVA, con el proyecto: PROYECTA 2020, CICLO DE TALLERES I+D+i - ESTRATEGIA PEDAGÓGICA PARA EL FOMENTO DE LA C-TEI.

# P O N E N C I A S



Centro de Electricidad  
**Electrónica y Telecomunicaciones**  
Regional Distrito Capital



## PROTOTIPO FUNCIONAL DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA TARABITAS UBICADAS EN ZONAS RURALES CON PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Andrés Camilo Gutiérrez Escobar, Ingeniero Electrónico.

Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones

Bogotá, Colombia

acgutierreze@sena.edu.co

Néstor Alexander Baracaldo Orrego, Ingeniero Electrónico.

Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones

Bogotá, Colombia

nbaracaldo@sena.edu.co

### RESUMEN

El presente documento recopila los resultados de la implementación y pruebas del primer prototipo funcional del sistema de monitoreo de variables para tarabitas. El prototipo consta de tres subsistemas: de monitoreo Remoto, de monitoreo In Situ y de visualización local y web de las variables censadas.

**PALABRAS CLAVE:** Monitoreo, Prototipo, Sensores, Variables.

#### ABSTRACT

This document compiles the results of the implementation and testing of the first functional prototype of the variable monitoring system for tarabitas. The prototype consists of three subsystems: Remote monitoring, In Situ monitoring and local and web visualization of the sensed variables.

**KEYWORDS:** Monitoring, Prototype, Sensor, Variables.

#### INTRODUCCIÓN

En el año 2017 en el municipio de Gigante – Huila se realizó la implementación de una tarabita híbrida, que emplea como fuente principal la energía solar fotovoltaica y la fuente secundaria es la red eléctrica que alimenta la vereda.

Esta implementación fue el resultado del proyecto denominado “Diseño y prototipo de un sistema de transporte aéreo por cable Tarabita en el marco del posconflicto” elaborado y ejecutado por aprendices e instructores del Centro de Electricidad, Electrónica y

Telecomunicaciones, en dicho proyecto se realizaron los diseños y pruebas respectivas.

Esta implementación fue el resultado del proyecto denominado “Diseño y prototipo de un sistema de transporte aéreo por cable Tarabita en el marco del posconflicto” elaborado y ejecutado por aprendices e instructores del Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones, en dicho proyecto se realizaron los diseños y pruebas respectivas, por medio de prototipos a escala, los cuales permitieron dimensionar aspectos mecánicos y eléctricos [1] que servirían como base para el proyecto real. La segunda fase del proyecto es el diseño de un prototipo de un sistema de monitoreo de variables, que tiene como fin recolectar información propia del funcionamiento del sistema para poder determinar su estado actual y real de funcionamiento y además que permita determinar rutinas de mantenimiento, esto permitirá aumentar los niveles de seguridad para los usuarios del sistema tendiente a cumplir con los requerimientos del Decreto 1072 de 2004, por el cual se reglamenta el Servicio Público de Transporte por Cable de Pasajeros y Carga [2].

Para lograr este objetivo, se hace necesario implementar un prototipo del sistema de monitoreo de variables para tarabitas que, en un ambiente controlado permita evaluar el funcionamiento de la tecnología de comunicaciones inalámbricas, censando y procesamiento que se plantea emplear en la solución final. Con estas pruebas también se puede realizar un dimensionamiento de los sistemas de captura, almacenamiento y visualización de las variables censadas.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO PRINCIPAL

Diseñar e implementar un prototipo funcional de un sistema de monitoreo para tarabitas que permita validar los procedimientos de captura, transmisión, almacenamiento y visualización de variables físicas en un ambiente controlado.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diseñar el prototipo del sistema de monitoreo para tarabitas teniendo en cuenta los requerimientos técnicos.

Determinar los elementos y herramientas necesarios para la implementación del prototipo del sistema de monitoreo para tarabitas.

Implementar y probar en un ambiente controlado el prototipo del sistema de monitoreo para tarabitas.

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia, los sistemas de transporte por cable aéreo denominados tarabitas o garruchas se han empleado durante décadas en los territorios que poseen geografías

Muy accidentadas para transportar personas, mercancía, cosechas entre otros. Uno de los principales problemas es que estos sistemas son muy artesanales por tanto sus implementaciones carecen de estándares técnicos de calidad y seguridad.

La idea de implementar un sistema de monitoreo de variables para tarabitas surge a partir de dicha carencia y permitirá conocer el estado actual de funcionamiento de la tarabita y también permitirá generar planes de mantenimiento para garantizar que el sistema opere correctamente y mejore los niveles de seguridad.

El primer paso para implementar el sistema de monitoreo es construir un prototipo mediante el cual se pueda evaluar en un ambiente controlado el funcionamiento de los diferentes elementos propuestos. El prototipo desarrollado se evaluará bajo los parámetros de los Tecnología Realinees Leves (TLR). Los TRL son una herramienta estandarizada que permite determinar el nivel de madurez de un proyecto de innovación [3].

### **METODOLOGÍA**

Para el desarrollo del prototipo de monitoreo se tuvieron en cuenta los requerimientos que plantea el diseño de la tarabita, partiendo de este principio se estructuran 4 pasos metodológicos definidos para el diseño del sistema.

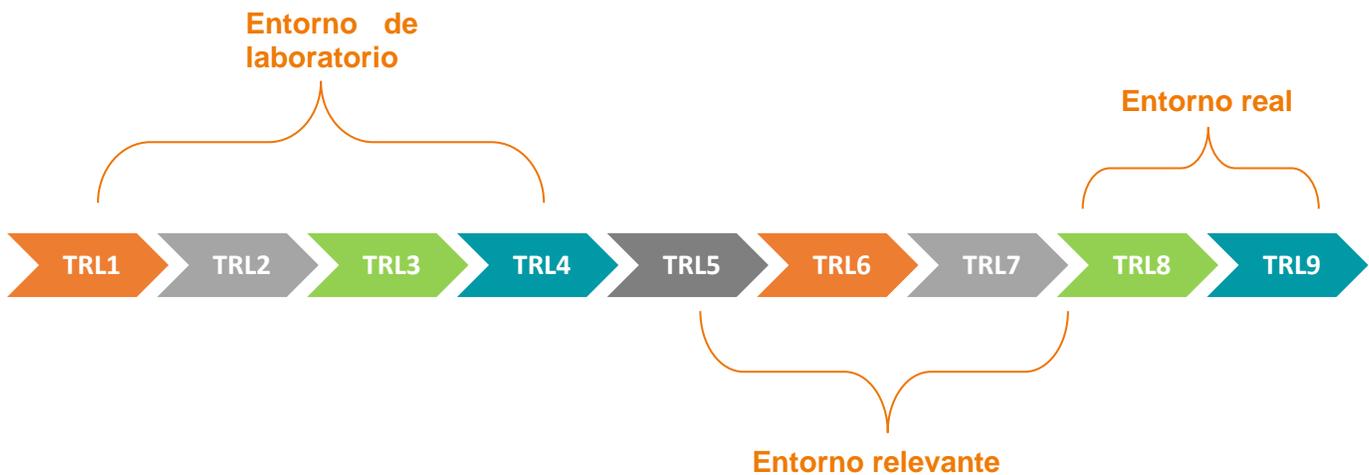
1. Adquisición de datos de sensoria.
2. Comunicación inalámbrica por protocolo Sigue.
3. Recolección, almacenamiento y visualización de datos sensorios en módulo raspberry Pi.
4. Desarrollo de plataforma web para la visualización de los datos sensorios.

Además de ello, se establecen las funcionalidades y aplicación de los pasos anteriormente descritos dependiendo de los dos subsistemas de monitoreo presentados en la Figura 1, monitoreo In Situ y monitoreo Remoto, además de la plataforma WEB como método de acceso remoto a la información general registrada por cada uno de los sensores en los dos subsistemas.



## RESULTADOS Y DISCUSION

En la figura 2 se muestran los niveles de madurez de un proyecto teniendo como base las definiciones de los TRL [3].



**Figura 2.** Entorno de laboratorio.

Teniendo en cuenta el nivel de desarrollo del prototipo y comparándolo con los niveles TRL se determina que el prototipo desarrollado se encuentra ubicado en el nivel TRL4. Este nivel indica que: la validación de los componentes y/o subsistemas se realiza en laboratorio, también permite determinar si todos los componentes individuales pueden ser capaces de interactuar conjuntamente en el sistema y que el prototipo puede llegar a ser escalable [3].

**Los resultados obtenidos en el desarrollo del prototipo de monitoreo son los siguientes:**

1. Programa Arruino para la adquisición de datos de sensores: este programa trabaja en una placa Arruino UNO y permite realizar la adquisición de las señales de los diferentes sensores que estarán presentes en el subsistema de monitoreo Remoto y en el subsistema In Situ.
2. Transmisión de datos entre módulos Abe Pro 900MHz serie 3B XSC [4]: la transmisión de los datos adquiridos de los señores se debe realizar en la implementación real a una distancia de aproximadamente 600 m, por tanto se hace necesario realizar las pruebas de conectividad entre los módulos Abe Pro Abe Pro 900MHz serie 3B XSC empleando diferentes antenas con diferentes ganancias para cambiar las potencias de transmisión [5] y comprobar que los datos viajan y se reciben correctamente.
3. Software de simulación de sensores con transmisión serial para Abe: teniendo en cuenta la limitación de cantidad y variedad de sensores disponibles para las pruebas, se hizo necesario simular las señales de cuatro sensores y así poder completar las pruebas necesarias del prototipo.
4. Software Pitón para la adquisición, visualización y almacenamiento de datos sensorios: empleando el lenguaje de programación Pitón se logró implementar un programa que permite adquirir, almacenar, procesar y visualizar en slots el comportamiento de las señales provenientes de los sensores tanto del subsistema Remoto como del subsistema In Situ.
5. Plataforma WEB para la visualización de los datos: empleando las herramientas Apache para gestionar el servicio, Misal para la gestión de la base de datos y PHP como lenguaje de desarrollo web. Con las herramientas antes descritas se implementó una plataforma que permite captar y visualizar las señales de los sensores y en desarrollos futuros permitirá acceder remotamente a dicha información.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La adquisición de datos sensorios se logra a través de la configuración e implementación del Arduino Uno el cual permite procesar y transmitir los datos de manera serial a los módulos Raspberry y XBee Pro.

La transmisión de datos entre los subsistemas de monitoreo In Situ y monitoreo Remoto, se logran con la implementación de los módulos XBee Pro 900MHz serie 3B XSC, la distancia del enlace depende del tipo de antena que se emplee y la ganancia que esta brinde al sistema.

Se logra la centralización de los datos en el subsistema de monitoreo In Situ de todos los sensores, con la implementación de software de gestión y almacenamiento con lenguaje de programación Python y el desarrollo de una plataforma WEB para la visualización remota.

### BIBLIOGRAFÍA

[1]R. F. Cáceres D., Medina J., Morales A., Tapiero H., Pantoja A., Espinosa J., Rodríguez E. and G. L. Rodríguez C., Vázquez A., Ramírez E., Piñeros A., García F., Ruiz L., Velásquez L., "DESARROLLO DEL PROTOTIPO DE UNA TARABITA ELÉCTRICA ACCIONADA POR UN SISTEMA DE ENERGÍA HÍBRIDO, EN EL MARCO DEL POSTCONFLICTO," p. 12.

## **MEDICIÓN DEL IMPACTO DE LOS PROCESOS DE INVESTIGACIÓN APLICADA EN LOS SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN DEL SENA**

**Sonia Elizabeth Cárdenas Urrea, Magister en Dirección de Proyectos,**

**Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA**

**Bogotá, Colombia:**

**secardenas9@misena.edu.co**

**Lucy Patarroyo Caro, Magister en Educación,**

**Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA**

**Bogotá, Colombia:**

**gpatarroyoc@sena.edu.co**

**Mauricio Alexander Vargas Rodríguez, Ingeniero Electrónico,**

**Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA**

**Bogotá, Colombia:**

**vrmauricio4@misena.edu.co**

## **RESUMEN**

El proyecto busca identificar la brecha en el desarrollo de competencias en la Formación Profesional Integral entre aprendices que participan o no en semilleros de investigación del SENA, a través de la evaluación del impacto de los procesos de investigación mediante indicadores cuantitativos. Se plantea que el desempeño en actividades de búsqueda de información, obtención de datos, producción de textos, entre otros, genera una diferencia significativa en la formación de los aprendices.

La hipótesis central es que la inclusión del resultado de aprendizaje relativo a investigación, de forma transversal en los programas de formación titulada del SENA, impactaría directamente la calidad de la formación profesional que brinda la institución, además de aportar en sus egresados una importante ventaja competitiva.

En este sentido, se busca alinear los procesos formativos con los procesos de investigación aplicada por medio de una metodología de trabajo con los semilleros, articulada con el proyecto formativo y las competencias que se desarrollen en los programas del centro, generando productos que aporten a la medición de los grupos de investigación según los lineamientos de Colciencias y los correspondientes registros calificados.

Para corroborar lo anterior los resultados del diagnóstico demuestran que se requiere implementar una metodología investigativa y determinar un procedimiento que unifique el desarrollo del proceso investigativo y así fortalecer los procesos de formación y así fortalecer los procesos de formación en los programas del CEET.

### **PALABRAS CLAVE**

Evaluación; Impacto; Investigación; Medición; Procesos.

### **ABSTRACT**

The project seeks to identify the gap in the development of competencies in Comprehensive Vocational Training among apprentices who participate or not in SENA research hotbeds, through the evaluation of the impact of the research processes using scientometric indicators. It is proposed that performance in information search activities, data collection, text production, among others, generates a significant difference in the training of learners.

The central hypothesis is that the inclusion of the learning outcome related to research, in a transversal way in SENA's graduate training programs, would directly impact the quality of the professional training provided by the institution, in addition to providing its graduates with an important competitive advantage. In this sense, it seeks to align the training processes with the applied research processes through a work methodology with the seedbeds, articulated with the training project and the skills that are developed in the center's programs, generating products that contribute to the measurement of the research groups according to Colciencias guidelines and the corresponding qualified records.

To corroborate this, the diagnostic results show that it is necessary to implement a research methodology and determine a procedure that unifies the development of the research process and thus strengthen the training processes in CEET programs.

### **KEYWORDS**

Evaluation; Impact; Investigation; Measurement; Process

## **OBJETIVOS**

El Servicio Nacional de Aprendizaje SENA propende la “participación en actividades de investigación y desarrollo tecnológico, ocupacional y social, que contribuyen en la actualización y mejoramiento de la formación profesional integral” [1]. De otro lado, el Acuerdo 00016 (SENA, 2012) orienta una línea programática exclusiva para la investigación. En esa misma línea el estatuto de la Formación Profesional Integral (FPI) presenta: “Una de las estrategias didácticas, que prevalece con mayor relevancia en el

SENA, es el Proyecto Formativo Enmarcado en este objetivo el proyecto busca conocer, indagar, analizar, e impactar la realidad de los programas de formación en un ámbito del

Diálogo de saberes, de conocimientos y de planteamiento de estrategias para transformar desde los aportes de la Investigación Aplicada. También define la ruta metodológica que favorezca la articulación de la investigación aplicada de la estrategia SENNOVA, sus grupos y semilleros de investigación con la formación profesional integral del SENA y finalmente incorpora “una metodología de investigación, que le permite actuar de manera ordenada, organizada y sistemática” [2] a la entidad y la comunidad vinculada al quehacer investigativo. Se inicia con una introducción al componente investigativo y sus diferentes herramientas, posteriormente se incorpora el estado del arte como “un momento metodológico dentro de cualquier investigación que busca clarificar el estado actual de un problema” [3] y se continúa con el desarrollo de procesos y productos que articulen el conocimiento, desempeño y prácticas del programa con el desarrollo de un proyecto formativo-investigativo, que permita el desarrollo del nuevo conocimiento.

“La investigación aplicada busca conocer para hacer, para actuar” [4], por lo cual se realiza la recolección de la información del diagnóstico a través de una matriz DOFA como “una herramienta que puede que permite obtener una perspectiva general de la situación estratégica de la organización” [5] se divide en dos tipos de análisis: Interno y Externo. En el primero se identifican los factores correspondientes a las debilidades y fortalezas del objeto de estudio, y en el segundo los factores relacionados con las oportunidades y amenazas. Se construye a partir de las competencias básicas, específicas, y transversales mediante indicadores cuantitativos del programa Tecnólogo en Gestión de Redes de Datos como piloto de implementación. Así mismo, se plantea una metodología evaluativa del impacto de los procesos de investigación aplicada alineada a al trabajo con los semilleros de investigación del CEET – SENA. Además, se define la estrategia de trabajo con los semilleros de investigación del GICS. Como productos se contemplan la producción escritural como artículos y ponencias y la participación en eventos de innovación investigativa de carácter nacional o internacional para la divulgación de los resultados de la investigación.

Es por esto por lo que en el presente documento se recoge el proceso desarrollado, iniciando con los antecedentes, la justificación y los objetivos; posteriormente el planteamiento del problema; seguido de la metodología; los resultados, y finalmente se presentan las conclusiones del proceso de investigación adelantado hasta la fecha.

En ese sentido el proyecto pretende en forma general “Realizar un análisis transdisciplinar del estado actual de la FPI de un programa de formación titulada y el proyecto formativo, mediante indicadores cuantitativos”; y a nivel específico:

- Diagnosticar el estado actual de la FPI en un programa de formación titulada y el proyecto formativo desde las competencias básicas, específicas, y transversales mediante indicadores cuantitativos.

- Formular una metodología evaluativa de impacto de los procesos de investigación aplicada desde la transdisciplinariedad en la FPI a través de los semilleros de investigación.
- Evaluar la metodología propuesta mediante una prueba piloto, vinculando un grupo de aprendices de un programa de formación titulada en un semillero de investigación del centro.

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En cualquier proceso de formación es vital cada área del conocimiento que se aborda desde la propuesta curricular, pero una de la más destacada y de alguna manera invisibilidad ha sido la investigación. Hernández Sampieri uno de los autores que

Han profundizado sobre el tema dice al respecto “En estos tiempos de globalización, un egresado(a) que no tenga conocimientos de investigación, se encontrará en desventaja frente a otro (as) colegas” [6].

A través del proyecto, se busca obtener una estrategia de trabajo con los semilleros que permita articular las competencias básicas, específicas y transversales, alineadas con el diseño curricular del programa y el correspondiente proyecto formativo. Dado que en la actualidad se observa que los esfuerzos realizados desde los semilleros y los programas no se encuentran enfocados hacia un mismo proyecto formativo a través de la investigación aplicada y bajo una metodología estructurada. En otras palabras, se busca la generación de productos avalados por Colciencias que aporten a los registros calificados de los programas y la cualificación de los grupos de investigación inscritos en Colciencias.

En la actualidad se desconoce el impacto que la estrategia piloto está generando a nivel formativo en los aprendices. Por tal razón, se hace necesario determinar la forma o metodología que permita medir el impacto del piloto en la FPI, y de esta manera, aportar los elementos necesarios para una posible adopción generalizada de la estrategia en los diferentes programas ofertados por el CEET o su descarte. Derivado de lo anterior la investigación se pregunta: ¿Cuál es el impacto de los procesos de investigación aplicada llevados a cabo por los semilleros de investigación en la calidad de la FPI del centro?

### METODOLOGÍA

El proyecto de investigación mediante el enfoque sistémico plantea las siguientes etapas metodológicas: Planificación de la Acción, y Definición de Procesos; Diseño del Instrumentos Diagnóstico, orientado a identificar elementos de referencia en cuanto al estado del arte en la metodología SENA para la formación profesional; Ejecución y Evaluación de la Estrategia, en la cual se espera aplicar la metodología propuesta mediante una prueba piloto, vinculando un grupo de aprendices de un programa de formación titulada en un semillero de investigación. Otra etapa es la Mejora, en la que una vez aplicado el piloto se realiza un diagnóstico que permita hacer un análisis de la metodología y de las estrategias implementadas condensado en un informe de identificación. Por otro lado, está

la Implementación, que propone el ajuste de la propuesta metodológica y la estrategia de trabajo con los semilleros de investigación; y finalmente la Socialización y Divulgación de Resultados que contempla la apropiación social del conocimiento a través de la participación en eventos especializados en el Ámbito nacional o internacional.

## RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación, se presentan de manera concreta los resultados que arrojó la aplicación del diagnóstico Análisis Interno (DOFA), el cual se realizó con la intención de hacer un análisis transdisciplinar del estado actual de la FPI del programa de formación Tecnólogo en Gestión de Redes de Datos de la Regional Distrito Capital Centro de Electricidad Electrónica y Telecomunicaciones. La muestra de población fue de 198 personas en total, entre ellos 164 aprendices, 1 coordinador, 13 Instructores Técnicos, 5 Instructores Transversales, 1 Investigador y 14 personas que no respondieron algunos ítems parcial o totalmente. (Ver Figura N° 2). Para su diligenciamiento el usuario se registra previamente y procede a responder cada ítem, además cuenta con mensajes de ayuda, que le orientan al pasar el puntero del ratón sobre los ítems. Al igual le avisa al usuario cuando haya finalizado. El instrumento evalúa 10 categorías con sus respectivas variables (en este informe sólo se da cuenta de las 7 primeras). Dichas categorías son: Factores Socio Demográficos; Infraestructura Física del Centro; Recursos Tecnológicos del Programa; Capacidad del Talento Humano del Programa de Formación; Producción Académica; Competencias del Programa; Articulación Formativa; Comunicación Interna; Bienestar al Aprendiz y al Funcionario; y Clima Organizacional.

### Las respuestas están distribuidas en 5 columnas y se clasifican de la siguiente manera:

- Afecta: Si se considera que la variable afecta o no al programa.
- Factor: Cuando se evalúa si la variable considerada corresponde a una debilidad o fortaleza en el programa.
- Tipo: En función del factor, se selecciona si es bajo, medio o alto en el programa.
- Impacto: Se seleccione el efecto que tiene la variable en el programa.

INFRAESTRUCTURA FÍSICA DEL CENTRO	AFECTA	FACTOR	TIPO	IMPACTO	EXPLICACIÓN
VARIABLE					
Ambientes de formación y mobiliario (iluminación, cerramiento, tamaño, ventilación, contaminación auditiva entre otras)	SI	* FORTALEZA	* MEDIO	* ALTO	Es necesario cerrar los ambientes de formación para evitar la contaminación auditiva Máx: 200 caracteres
Espacios de bienestar (Zonas verdes, biblioteca, zonas deportivas, gimnasio, cafetería, parqueaderos, artes, música y teatro)	NO				
Estaciones para atención de emergencia (Enfermería, extintores, alarmas, camillas, botiquines)	SI	* DEBILIDAD	* MEDIO	* BAJO	Algunas estaciones de emergencia no se encuentran funcionales Máx: 200 caracteres
Ambientes especializados (investigación, técnico, bilingüismo, laboratorios)	NO				

Tabla N°1 Conformación instrumento  
Fuente: Instrumento DOFA Diagnóstico Análisis Interno

A continuación, se muestran algunas gráficas de los resultados que arrojó la aplicación del instrumento en las primeras 7 categorías y se presentan los aspectos que más llaman la atención en cada factor.

### FACTORES SOCIO DEMOGRÁFICOS

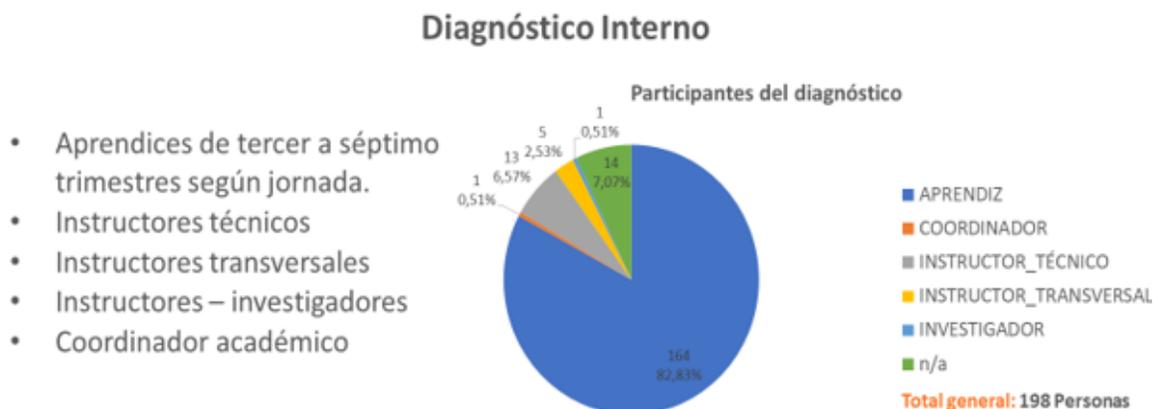


Figura N° 3 Población Participante Diagnóstico Interno Fuente: Resultados Diagnóstico

## ítico: Factores demográficos

### Valoración de los factores demográficos en el programa GRD

figura

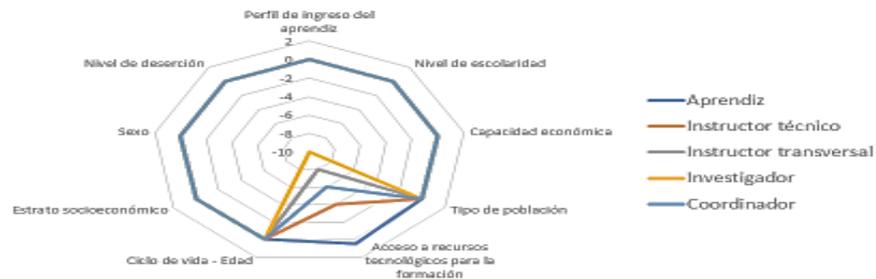


Figura N° 4 Factor Demográfico Fuente: Resultados Diagnóstico

En lo pertinente a Perfil de Ingreso del Aprendiz a más del 50% de los participantes les parece que NO afecta. Pero, para el ingreso a cualquier carrera sí es imprescindible.

En cuanto al Nivel de Escolaridad del grupo en general 11 son bachilleres (5.55%), 8 especialistas (4.0%), 5 magister (2.5%) ,12 profesionales (6.0%), 64 técnicos (32.3.0%), 98.

Tecnólogos que corresponden a un 49.4%, porcentaje que se torna muy llamativo, ya que hasta ahora están estudiando.

A nivel específico otro dato que llama la atención es del grupo conformado por los instructores, el investigador y el coordinador, cuyo último nivel de estudios es pregrado en 7 de ellos, ósea un 35% de las 20 personas. Situación que se convierte en una oportunidad para mayor cualificación del personal docente.

Sumado a lo anterior cuando se preguntó ¿Sí afecta el nivel de escolaridad en el programa? el 48.9% respondieron que NO, datos que llaman la atención porque la experiencia y los estudios previos de alguna manera sí influyen en el desempeño de un aprendiz.

Con relación a la afectación de la Capacidad Económica en el Programa el 51% respondió que NO, dato interesante porque la mayoría no le dio importancia.

En ese orden de ideas la caracterización del Tipo de Población refleja que un 1% que pertenece a la comunidad LGTB, 2% a grupos étnicos, 3% a maestros en condiciones de riesgo, 3.5% a otros grupos y el 90% no pertenece a ninguno; información que también llama la atención por el porcentaje mínimo de poblaciones especiales.

En cuanto a la variable Acceso a Recursos Tecnológicos para la Formación al preguntarles ¿Quiénes tienen computador? 18 no respondieron o N/A (9.0%), 27 NO tienen (13.6%), y 153 SÍ, para un 77.2%. Paralelo a esto se encuentra la información del Ciclo de Vida y la

Edad en cuyos rangos de edad se ubican: 3% en Adolescencia, Juventud 74.7%; Adultez un 21.7% y en el rango de Adultos mayores se encuentra 1 ósea un 0.5%. Entonces se podría deducir que la mayoría de las personas que respondieron el instrumento son jóvenes entre 18 y 28 años.

En lo que se refiere a lo Socioeconómico en estrato 1° se ubica un 26.7%; en el 2° un 47.4%; en el 3° un 22.7%, en el 4° un 2.5% y en el 5° un 0.5%. Prima el estrato 2°. En lo referente al SEXO prevalece el masculino con un 79.7% y un 20.2% del femenino.

Para terminar de presentar los resultados de esta esta categoría se comenta qué de los 198 usuarios consultados un 7% por lo general no responden o escriben que no aplica, porcentaje que se torna peculiar. Por otro lado, se infiere que la mayor parte de la población son tecnólogos, que no pertenecen a ningún grupo de población en especial, que la mayoría son hombres, y que la muestra en una gran mayoría son del estrato 1°; y en relación con estado civil la mayoría son solteros con un 75.2%; el 51.5% no trabaja, y un 65.6% son cabeza de hogar. A nivel de conectividad el 87.3% SÍ tiene internet (Ver Figura N°3).

## 1. INFRAESTRUCTURA FÍSICA DEL CENTRO

En esta categoría se evaluaron variables tales como:

-Los Ambientes de Formación y Mobiliario (iluminación, cerramiento, tamaño, ventilación, contaminación auditiva entre otras), a la cual 147 usuarios afirman que SÍ afecta al programa (74%), y 105 la consideran como una debilidad (53 %).

-Lo relacionado con los Espacios de Bienestar como zonas verdes, biblioteca, zonas deportivas, gimnasio, cafetería, parqueaderos, artes, música y teatro, 135 personas consideran que SÍ afecta al programa (68 %), y 69 (34 %) la ven como una debilidad.

-Analizando la información de las Estaciones para atención de emergencia (Enfermería, extintores, alarmas, camillas, botiquines) 125 personas consideran que esta variable SÍ afecta al programa (63%) y por otro lado 69 (34%) la consideran como una debilidad, Por otro lado 52 lo dejaron en blanco.

-En cuanto a Ambientes Especializados (investigación, técnico, bilingüismo, laboratorios) 123 personas creen que SÍ afecta al programa (62%) y por otro lado 65 la consideran como una fortaleza (32.8%); pero curiosamente 65 lo dejaron en blanco (32.8%). Los resultados demuestran que hay que intervenir dichas variables, pero la de mayor prioridad es Ambientes de Formación y Mobiliario, aunque a las tres primeras las vean como una debilidad a excepción de Ambientes Especializados. Sin embargo, llama la atención que a la categoría en total la consideran que SI AFECTA al programa. (Ver Figura N°4).

## Análisis de la infraestructura del centro

### Puntajes Finales

Variable	Promedio
Ambientes de formación y mobiliario	-5,686
Ambientes especializados	-1,486
Estaciones para atención de emergencia	-0,762
Espacios de bienestar	-0,462

**Variable a intervenir por prioridad**

### Valoración de la Infraestructura en el programa GRD

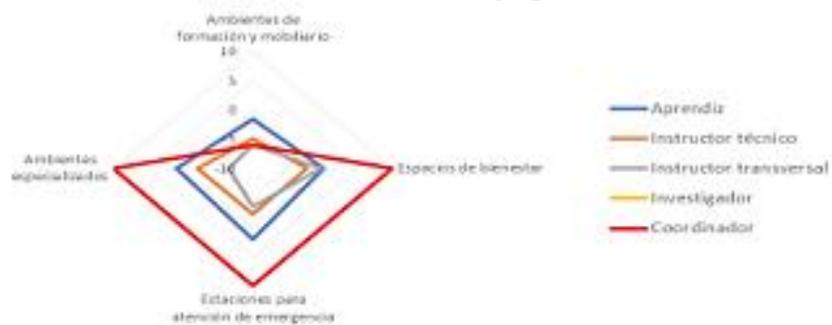


Figura N° 5 Infraestructura del Centro Puntajes Finales Diagnóstico interno  
 Fuente: Resultados Diagnóstico

## 2. RECURSOS TECNOLÓGICOS DEL PROGRAMA

Esta categoría tiene que ver con las variables que se enuncian a continuación y sus respectivos resultados encontrados. Para empezar, está Materiales, Herramientas y equipos para la Formación, de la cual 145 personas con 73.2% consideran que Sí afecta al programa, y 76 (38.3%) la ven como una fortaleza.

Prosigue el Software necesario para la formación variable que 119 personas con 60% consideran que Sí afecta al programa, y 87 la ven como una fortaleza, correspondiente a un 43.9%. La tercera es Recursos Bibliográficos de la cual 104 personas consideran que NO afecta al programa (52.5%) (Cifra que llama la atención por ser mayoría) y 59 (29.7%) la ven como una fortaleza, puntaje muy bajo con relación a los 105 que dejaron en blanco y no dieron su opinión, es decir un (53%) En cuanto a la variable Conectividad a Internet 130 personas consideran que SI afecta al programa, (65.6%), 72 personas con un 36.3% la ven como una fortaleza, puntaje bajo en relación con el total de la muestra.

Seguido a lo anterior está Producción de material de apoyo a la formación presencial y/o virtual (presentaciones, guías, manuales, Ovas, otros) frente a la cual 108 personas

consideran que, SI afecta al programa, (54.5%) y 82 personas (40.4%) la ven como una fortaleza.

En lo que respecta a la cuarta variable Bases de datos indexadas y acceso a recursos bibliográficos externos, 114 personas consideran que NO afecta al programa, (57.5%) y 115 personas (58%) no dan su opinión. A manera de conclusión la variable que hay que intervenir lo más pronto posible es Materiales, Herramientas y Equipos para la Formación, y aunque se considere que hay algunos recursos no son suficientes; situación que se convierte en debilidad para el programa y que incide en una formación de calidad. La recomendación es crear conciencia en la comunidad académica frente a la importancia que tiene cada variable en el desarrollo del programa y por ende en los procesos de formación, ya que a dos de sus variables creen que NO afecta; además la cifra que sí llama la atención es el 58% que no opina al respecto. El siguiente Diagrama recoge los resultados de la categoría. (Ver Figura N°5).

### Gráfico: Análisis de los recursos tecnológicos del programa

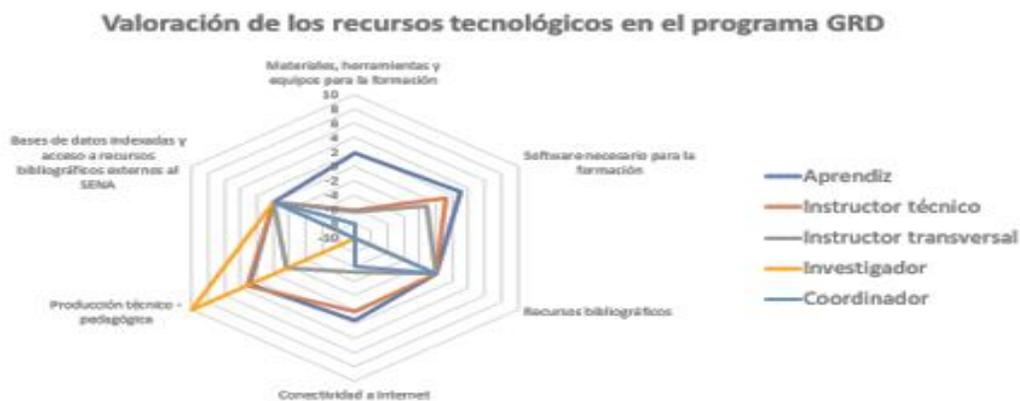


Figura N°6 Recursos Tecnológicos del Programa Valoración Final Diagnóstico interno  
 Fuente: Resultados Diagnóstico

### 3. CAPACIDAD DEL TALENTO HUMANO DEL PROGRAMA DE FORMACIÓN

Los resultados en la variable Estabilidad Laboral (Estabilidad, continuidad y rotación) arrojan que 104 personas (52.5%) consideran que SÍ afecta al programa, y 52 la ven como una fortaleza (26.2%). En cuanto al Nivel de Escolaridad (formación a nivel de pregrado y/o posgrado) 103 personas consideran que NO afecta al programa (52.5%), y 78 (39.3%) la ven como una

Fortaleza, pero lo llamativo es que la mayoría de 104 personas dejaron en blanco (52.5%). Lo que tiene que ver con Formación Complementaria (cursos, diplomados, certificaciones nacionales e internacionales) 96 personas afirman que SÍ afecta al programa (48.4%), y 85 la ven como una fortaleza (42.9%), pero lo llamativo es que se repite lo del punto anterior

es que una mayoría de 91 personas dejaron en blanco la respuesta (45.9%). Partiendo de lo anterior a Capacidad Investigativa (elementos relacionados con los conocimientos en la formulación, ejecución y seguimiento de proyectos, así como con la producción académica según los lineamientos de Min Ciencias) 104 personas la consideran que NO afecta al programa (52.5%), y 62 la ven como una fortaleza, pero lo sorprendente es que se vuelve a repetir lo de los puntos anteriores: 104 personas dejaron en blanco la respuesta, para un (52.5%).

Teniendo en cuenta lo expuesto la primera y tercera variable Estabilidad Laboral y Formación Complementaria algunas personas consideran que SI afectan al programa, mientras que la segunda y la cuarta Nivel de Escolaridad y Capacidad Investigativa

Respectivamente NO. Un aspecto que llama demasiado la atención es que curiosamente en la segunda y cuarta variables el mayor puntaje lo reflejan las respuestas en blanco, situación preocupante ya que no se refleja la opinión de una parte de la muestra. La variable que se recomienda intervenir con prioridad es Estabilidad Laboral. (Ver Figura N°6).

## Resultados: Capacidad del talento humano del programa

### Puntajes Finales

Variable	Promedio
Estabilidad laboral	-4,874371482
Capacidad investigativa	0
Nivel de escolaridad	0
Formación complementaria	2,432120075

**Variable a intervenir por prioridad**



Figura N° 7 Capacidad del Talento Humano del Programa de Formación  
 Valoración Final Diagnóstico interno Fuente: Resultados Diagnóstico

#### 4. PRODUCCIÓN ACADÉMICA

Esta categoría obtuvo los siguientes puntajes por variable de la siguiente manera: Productos de generación de nuevo conocimiento (artículos, libros, patentes, entre otros) 104 personas consideran que esta variable NO afecta al programa (52.5%), y 57 la ven como una fortaleza (28.7 %), pero se repite la particularidad de la categoría anterior: una mayoría de 105 personas dejaron en blanco la respuesta (53 %), Productos de desarrollo tecnológico e innovación (Conceptos e informes técnicos,

Regulaciones, normas, entre otros) 99 encuestados consideran que esta variable NO afecta al programa (50%), y 64 la ven como una fortaleza. (32.3 %), y lo preocupante es que el 50% dejaron en blanco.

Apropiación social del conocimiento (Realización de eventos para la comunicación social del conocimiento, estrategias pedagógicas, entre otros) 107 (54 %), consideran que la variable NO afecta al programa, y 57 la ven como una fortaleza (28.7%), y lo preocupante es que el 54% dejaron en blanco.

Formación de recurso humano para la CTEI - Ciencia, Tecnología e Innovación (Dirección de trabajos de grado a nivel de pregrado y posgrado, proyectos de investigación y desarrollo, entre otros) 121 (61%), personas consideran que NO afecta al programa, y 47 para un (23.7%), la ven como una fortaleza y un 61% la mayoría respondió en blanco.

Lo que llama la atención de esta categoría es que a los usuarios no les parece que la Producción Académica afecte al programa, pero aun así respondieron que es una fortaleza, pero lo preocupante aquí es que la mayoría en todas las variables son las respuestas en blanco. La variable que se recomienda intervenir con prioridad es Productos de Desarrollo Tecnológico e innovación. (Ver Figura N°7).

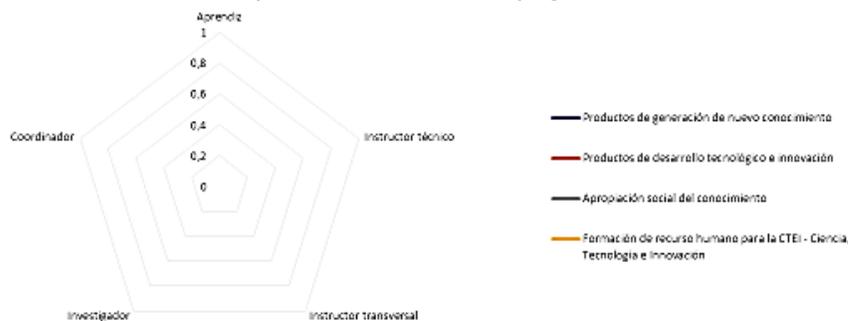
## Producción académica

### Puntajes Finales

Variable	Promedi
Productos de desarrollo tecnológico e innovación	0
Formación de recurso humano para la CTEI - Ciencia, Tecnología e Innovación	0
Productos de generación de nuevo conocimiento	0
Apropiación social del conocimiento	0

Se deben generar estrategias que permitan evidenciar el impacto de los procesos de investigación desde la formación

### Valoración de la producción académica en el programa GRD



27/09/2020

23

Figura N° 8 Producción Académica Puntajes Finales Diagnóstico interno  
 Fuente: Resultados Diagnóstico

## 5. COMPETENCIAS DEL PROGRAMA

En lo que se refiere a la variable Competencias básicas (Ciencias Naturales, Matemáticas, TIC, inglés, Comunicación) 101 personas consideran que SÍ afecta al programa con un (51%), y 71 (35.8%) la ven como una fortaleza, cifra que es menor al 42.9 que respondió en blanco.

En Competencias Transversales (Ética para la construcción de una cultura de paz, Protección para la salud y el medio ambiente, Actividad física y hábitos de vida saludables, Cultura emprendedora y empresarial) 100 personas (50%) dicen que NO afecta al programa, y 66 la asumen como una fortaleza, (69.1%). Y acá vuelve acentuarse respuesta en blanco con un 51.5%

Para terminar Competencias específicas - técnicas (Mapa de ruta tecnológica, Prospectiva tecnológica, Diseño curricular, Proyecto formativo, Planeación curricular) 102 personas consideran que NO afecta al programa con un (51.5%), y 74 (37.3%) la ven como una fortaleza, cifra que es menor al 52% que respondió en blanco.

La variable que hay que intervenir con rapidez es Competencias básicas. Así como lo registran los porcentajes se mantiene en una buena mayoría las respuestas en blanco, y predominó el NO en las dos últimas variables ante la afectación en el programa.

(Ver Figura N°8)

### COMPETENCIAS



Figura N° 9 Competencias del programa Puntajes Fortalezas y Debilidades Diagnóstico interno

Fuente: Resultados Diaanóstico

## 6. ARTICULACIÓN FORMATIVA

La primera variable que es Articulación Investigativa (integración de los procesos de investigación aplicada en la formación) 113 personas (57%) consideran que NO afecta al programa, y 54 (27.2%) la ven como una fortaleza, cifra que es menor a los 115 (58%) que respondieron en blanco.

En el caso de la variable Competencias Claves y Transversales (articulación de los conocimientos básicos en el contexto técnico) 114 personas (57.5%) consideran que NO afecta al programa, y 60 personas (30%) la ven como una fortaleza, cifra que es menor a los 116 (58.5%) que respondieron en blanco. En el caso de la variable Competencias Claves y Transversales (articulación de los conocimientos básicos en el contexto técnico) 114 personas (57.5%) consideran que NO afecta al programa, y 60 personas (30%) la ven como una fortaleza, cifra que es menor a los 116 (58.5%) que respondieron en blanco.

En este sentido Emprendimiento (fortalecimiento empresarial, apoyo a la generación de ideas de empresa de base tecnológica, fondo emprender) 99 personas (50%) consideran que NO afecta al programa, y 69 personas (34%) la ven como una fortaleza, cifra que es menor a los 100 usuarios (50%) que respondieron en blanco.

En cuanto al Nivel de Deserción 129 personas (65%) consideran que NO afecta al programa, y 69 personas (34%) la ven como una debilidad, cifra que es menor a los 132 usuarios (66.6%) que respondieron en blanco.

En Transferencias Tecnológicas al Centro de Formación y Convenios se puede decir que 115 personas (58%) consideran que NO afecta al programa, y 52 personas (26%) la ven como una fortaleza, cifra que es menor a los 119 usuarios (60%) que respondieron en blanco.

Al analizar Apoyo del Talento Humano a Producción de Centro (apoyo de los aprendices en etapa productiva y/o egresados en los procesos de producción de centro) 100 personas (50%) consideran que NO afecta al programa, y 69 personas (34%) la ven como una fortaleza, cifra que es menor a los 104 usuarios (52.5%) que respondieron en blanco.

De otro lado está Competiciones en Habilidades Técnicas (Worldskills) 114 personas (57.5%) consideran que NO afecta al programa, y 52 personas (26%) la ven como una fortaleza, cifra que es menor a los 118 usuarios (59,5%) que respondieron en blanco.

Finalmente, Internacionalización e Intercambios 111 personas (56%) consideran que NO afecta al programa, y 45 personas (22.7%) la ven como una fortaleza, cifra que es menor a los 116 usuarios (58.5%) que respondieron en blanco.

En comparación con las demás categorías Articulación Formativa es una de las que más requiere atención, ya que evidencia que los usuarios NO le dan importancia en la afectación al programa desde la perspectiva de ninguna variable, pero lo más preocupante son los altos porcentajes por encima del 50% de respuestas en blanco. La variable que requiere pronta intervención es Articulación Investigativa. Es imprescindible generar estrategias que

permitan evidenciar el impacto de la presente categoría en los procesos de formación. (Ver Figura N°10)

## Diagnóstico: Articulación formativa



Figura N° 10 Articulación Formativa Valoración Final  
Diagnóstico interno

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La generación del diagnóstico permite aportar a los procesos de calidad del programa de formación y a la cualificación de la comunidad educativa y científica.
- El desarrollo de la metodología incorpora un proceso sistemático y organizado de la investigación a los procesos formativos de enseñanza-aprendizaje SENA.
- La articulación del proyecto formativo con la metodología investigativa y los procesos de I+D+i, permite la construcción de nuevo conocimiento y generación de soluciones al sector productivo.
- El análisis estratégico del programa permite identificar una ruta de acción de cara a la mejora de la calidad de la formación, priorizando aquellas variables que son de importancia para la comunidad de acuerdo con su percepción.
- Se deben generar estrategias de comunicación en la comunidad SENA, que permitan generar conciencia sobre la importancia de hacer un diagnóstico en el programa de cara a los registros calificados.

Se hace prioritario generar estrategias que permitan evidenciar el impacto de las categorías con sus respectivas variables en los procesos de formación

- Crear estrategias que permitan evidenciar el impacto de los procesos de investigación desde la formación.

- La metodología planteada permite obtener productos claramente definidos de acuerdo con los lineamientos de Colciencias, que propicien el fortalecimiento de la producción del grupo de investigación.
- Se espera desarrollar una estrategia de divulgación mediante la intervención en formación de aprendices e instructores SENA, que permita alinear la formación con los procesos de investigación desarrollados por el GICS, fortaleciendo a la comunidad SENA en temáticas de I+D+i.
- Desarrollar la fase 2 del proyecto.
- Se evidencia que los aprendices deben conocer mejor los procesos de investigación, ya que se observa que no conocen el impacto de cara a la formación.
- Los resultados reflejan la opinión de las 198 personas que participaron en el diligenciamiento del Diagnóstico Análisis Interno, por ende, hay que hacer eco de sus opiniones y plasmarlas en un proceso investigativo que fortalezca su formación y articule el proyecto formativo.
- El presente ejercicio investigativo se convierte en una invitación al programa, al centro y al SENA en general a tener en cuenta sus resultados y así planear e implementar acciones de mejora que contribuyan en la formación de sus aprendices y por ende en la calidad de la institución.

En los sistemas de control modernos, se observa que el control lineal se vuelve insuficiente cuando las condiciones de funcionamiento de un sistema no son fijas, compensando las variaciones de los parámetros no lineales de los sistemas, que en general, son una interconexión de componentes que forman una configuración que produce una respuesta deseada. Como alternativas, los sistemas difusos de control tienen aplicaciones en diferentes tipos de procesos industriales [2]; en campos como las energías alternativas [3]; en la industria de los vehículos y el transporte [4], [5]; en aplicaciones de sistemas que requieran control de motores; entre otras.

Para el Centro de Formación (CEET y Grupo GICS), es de gran importancia mantenerse actualizado en cuanto a conceptos y tecnología alrededor de los cuales evoluciona la industria y empezar a generar capacidades internas que le permitan empezar a cerrar brechas de conocimiento en estas importantes áreas.

## ACERCAMIENTO A LAS TÉCNICAS DE CONTROL AVANZADO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROLADOR DIFUSO BÁSICO

**Robinson Castillo Méndez**

**Ingeniero Electrónico, Líder Grupo GICS**

**Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones - CEET**

**Bogotá D.C. - Colombia**

**rcastillom@sena.edu.co**

### RESUMEN

Este documento presenta una definición básica de lógica difusa y un caso de aplicación de baja complejidad, mediante el diseño de un controlador difuso para un sistema de control de nivel de líquido. Se partió de una contextualización teórica de los conceptos fundamentales y principales aplicaciones de los sistemas de control difusos, una descripción y caracterización del sistema a controlar y, con el modelo descrito mediante una función de transferencia, la realización del diseño y simulación del controlador difuso. Se presenta la metodología que se seguirá para la implementación hardware del diseño propuesto.

Con la ejecución de este proyecto se busca empezar a cerrar brechas de conocimiento respecto a esta tecnología y los sistemas difusos (subcampo muy importante de la inteligencia artificial aplicada en procesos industriales), en el Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones y en el Grupo GICS.

**PALABRAS CLAVE:** Control difuso de nivel; Controlador difuso; Estrategia de control; Lógica difusa.

### ABSTRACT

This paper describes a basic definition of fuzzy logic and a low complexity application case, by designing a fuzzy controller for a liquid level control system. This work was generated beginning with a theoretical contextualization of the fundamental concepts and main applications of fuzzy control systems, a description and characterization of the system to be controlled and, based on the transfer function of the system, the design and simulation of the fuzzy controller. The methodology for the hardware implementation of the proposed design is described. This work aims to close knowledge gaps regarding this technology and diffuse systems (important subfield of artificial intelligence applied in industrial processes), in the Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones and GICS Group.

## KEYWORDS

Control strategy; Fuzzy controller; Fuzzy level control; Fuzzy logic.

# OBJETIVOS

El proyecto que da origen a este trabajo presenta los siguientes objetivos:

## OBJETIVO PRINCIPAL

Diseñar controladores PID y Difuso en la Planta Didáctica de Instrumentación y Control de Procesos, utilizando los recursos disponibles de la formación para fortalecer las capacidades técnicas en el centro, la calidad y pertinencia de los programas técnicos y tecnológicos frente a los requerimientos de la industria.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar herramientas de hardware y software para la identificación de un lazo de control en la planta didáctica de instrumentación y control de procesos.
- Implementar estrategias de control sobre un lazo de control de la planta didáctica de instrumentación y control de procesos.
- Identificar los conceptos de control PID y Difuso aplicables y necesarios para los programas de formación técnicos y tecnológicos.

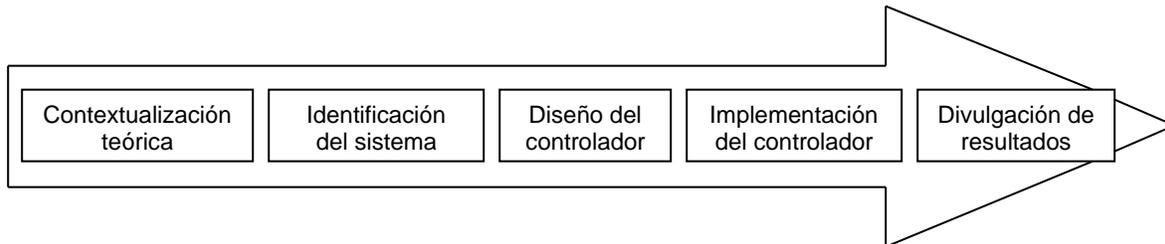
## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Muchos procesos industriales, productos y dispositivos modernos incorporan tecnologías y sistemas de control avanzado, en el marco de la actual industria flexible (Industria 4.0) [6], tendencia a nivel global. Es necesario que el SENA, como actor relevante en la articulación entre el ámbito de la formación profesional y la industria nacional empiece a generar capacidades y habilidades tecnológicas en el corto y mediano plazo, que les permita a sus futu4ros aprendices y egresados enfrentar los retos que propone la cambiante industria.

El proyecto pretende alinearse con esta necesidad de la industria y, con los resultados obtenidos en los ejercicios de vigilancia tecnológica realizados para establecer el plan tecnológico del Centro de Formación. Así mismo, generar capacidades técnicas en estrategias de control PID y Difuso, apropiando sus fundamentos, así como identificar los principales conceptos y técnicas para poderlos aplicar y fortalecer los programas técnicos y tecnológicos del Centro de Formación; lo anterior, mediante una implementación práctica.

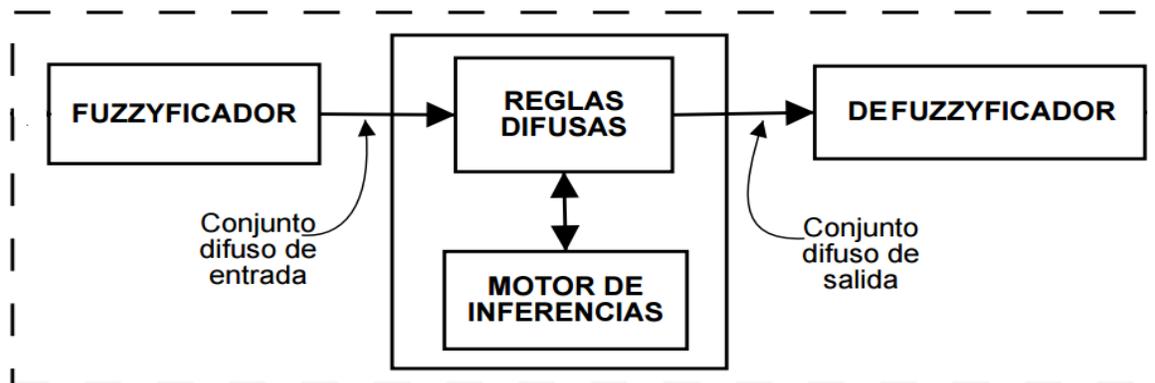
## METODOLOGÍA

Para empezar a generar capacidades técnicas en sistemas de control avanzados, involucrando la incorporación de lógica difusa se han seguido las siguientes fases:



**Figura 11.** Metodología Propuesta.  
*Fuente:* Autor

En la etapa de contextualización teórica se ha realizado una inmersión en los conceptos, tecnologías para implementación y principales aplicaciones de los sistemas de control difusos. En la identificación del sistema, procede un modelado básico de la planta en la que se implementará el controlador difuso, a partir de la función de transferencia obtenida se realiza el diseño, simulación e implementación hardware de dicho controlador.



**Figura 12.** Inferencia en sistemas difusos.  
*Fuente:* Basado en [7].

- **Fuzzyficación:** convierte las entradas del sistema (no difusas), en conjuntos difusos (valor lingüístico) aplicando una función de fuzzyficación.
- **Base de conocimiento (Reglas Difusas):** almacena las reglas SI-ENTONCES.
- **Motor de inferencia:** simula el razonamiento humano haciendo inferencia sobre las entradas recibidas y las reglas SI-ENTONCES almacenadas (aplicación de reglas).

- **Defuzzyficación:** convierte el conjunto difuso (valores lingüísticos) obtenido por el motor de inferencia en un valor numérico de salida.

### IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA

Se ha planteado modelar un sistema básico de un proceso de nivel, con sus elementos básicos: depósito del líquido (1m de altura, 0.20m de diámetro), válvula proporcional (4-20mA), indicador de flujo y transmisor de presión (0-0.25bar, salida 0-20mA), a partir del modelo no lineal:

$$A \frac{dH}{dt} + k\sqrt{H} = Q \quad (1)$$

Siendo  $A$  el área transversal del tanque (en este caso constante y proporcional a la capacitancia del sistema),  $k$  la constante de apertura de la válvula de salida,  $H$  la altura del nivel de líquido y  $Q$  el caudal de salida. La función de transferencia del sistema modelado está dada por:

$$G(S) = \frac{0.60571e^{-1.104s}}{1+7.09999S} \quad (2)$$

Este modelo representa toda la planta: tanque, tuberías, válvula y transmisor.

### DISEÑO DEL CONTROLADOR DIFUSO:

El control difuso en general, puede basarse en una base de conocimiento experta sobre las acciones de control dentro del proceso, en el caso del nivel de líquido de un tanque, se basaría en las acciones de un operador experto y sus procedimientos para controlar dicho proceso, en qué tanto abriría o cerraría la válvula de ingreso y salida del sistema de acuerdo al nivel de líquido que observa de manera aproximada (difusa).

Las variables consideradas para el controlador difuso más básico son el nivel deseado, el nivel actual y el error de nivel. Como salida del controlador difuso, una señal de control a la válvula de ingreso de líquido del sistema.

La base de reglas para el controlador difuso está dado por:

SI	NIVEL	ENTONCES	VÁLVULA
	Muy Bajo - (NMB)		Totalmente Abierta - (VTA)
	Bajo - (NB)		Abierta - (VA)
	Óptimo - (NO)		Medio Abierta (VMA)
	Alto - (NA)		Medio Cerrada - (VMC)
	Muy Alto - (NMA)		Cerrada - (VC)

**Figura 13.** Base de reglas.  
 Fuente: Autor

Como se muestra en la Figura 14, se contempla un nivel de líquido entre 0m y 1m considerando el nivel muy bajo hasta un 25% de capacidad, nivel bajo hasta un 40%, un nivel óptimo para el proceso el 60%, un nivel alto el 80% y un nivel muy alto el 95% de llenado. En el caso de la válvula, su funcionamiento se encuentra entre 0V - 12V, en función del voltaje de entrada, se regula la cantidad de flujo de la misma. Para una válvula cerrada se considerará un voltaje de hasta 0.6V, válvula medio cerrada 2.4V, válvula medio abierta 4.2V, válvula abierta 7.2V y válvula totalmente abierta de 9.6 V en adelante.

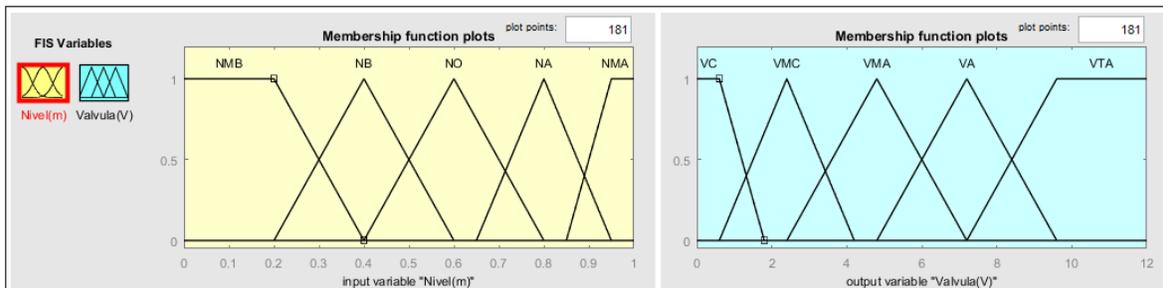


Figura 14. Valores variable entrada y salida.

Fuente: Autor

Con esta información ya se establece la base de conocimiento y se puede inferir la respuesta del controlador. La Figura 15 muestra la curva de control y el proceso de defuzzyficación del controlador.

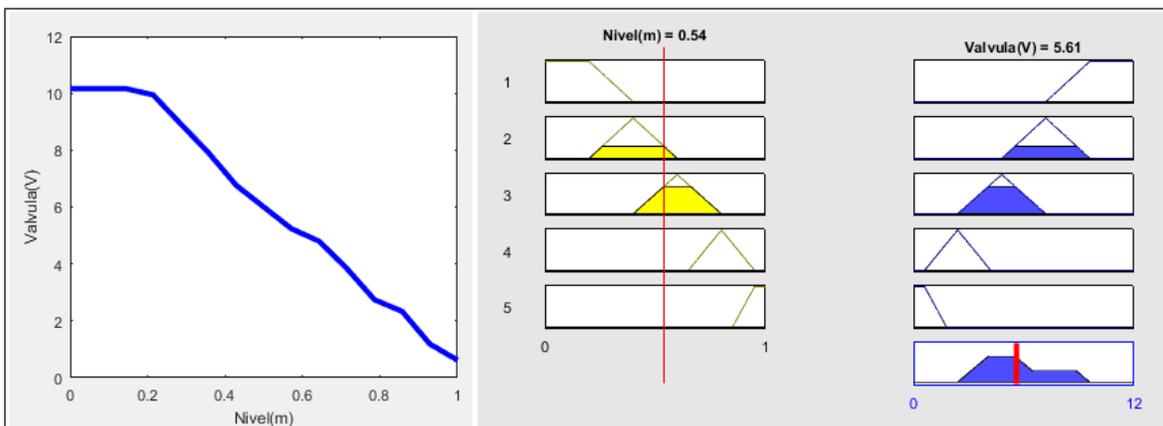


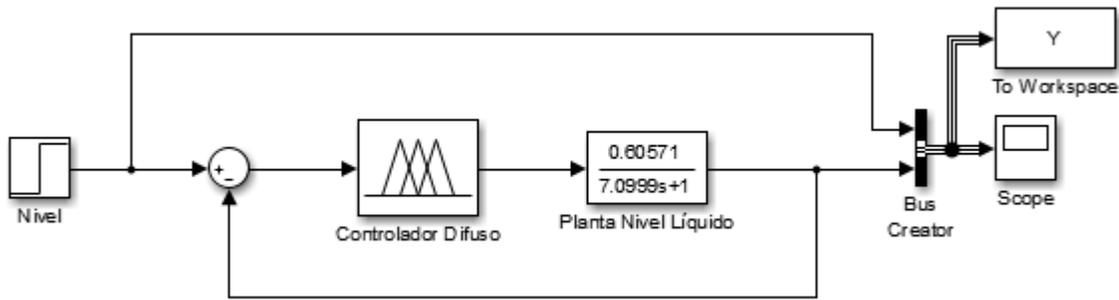
Figura 15. Curva de control (izquierda) y defuzzyficación (derecha).

Fuente: Autor

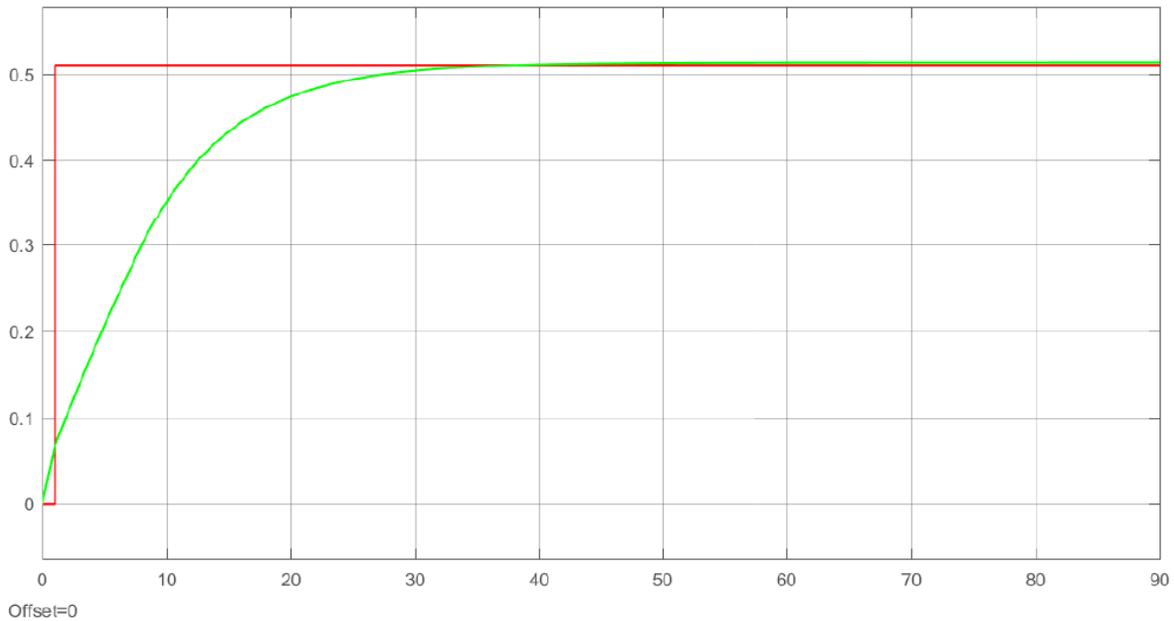
Para observar la respuesta del controlador y del sistema, se ha realizado una simulación con el apoyo de la herramienta Simulink de Matlab (ver Figuras 16 y 17).

La herramienta Fuzzy Logic Toolbox y Simulink de Matlab son muy prácticas; estableciendo la base de conocimiento para el controlador a diseñar y apoyándose en estas herramientas, se puede verificar de manera rápida la eficiencia del controlador en el proceso, se pueden

hacer ajustes a las reglas de control, se pueden agregar variables de entrada y de control para hacer más robusto el controlador, permitiendo a los estudiantes, instructores e investigadores involucrarse más con estos conceptos y experimentar controlando diferentes procesos, aplicando estrategias de control avanzadas y lógica difusa.



**Figura 16.** Controlador a simular.  
*Fuente: Autor*



**Figura 17.** Respuesta del controlador difuso.  
*Fuente: Autor*

### IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROLADOR DIFUSO

A partir del modelo obtenido en la ecuación (2) y el diseño realizado con el apoyo de las herramientas Fuzzy Toolbox y Simulink de Matlab, se plantea la implementación en hardware del controlador difuso diseñado. La implementación hardware es la siguiente fase a desarrollar, pero se ha establecido la metodología para su realización, dicho proceso se encuentra resumido en la Figura 18:

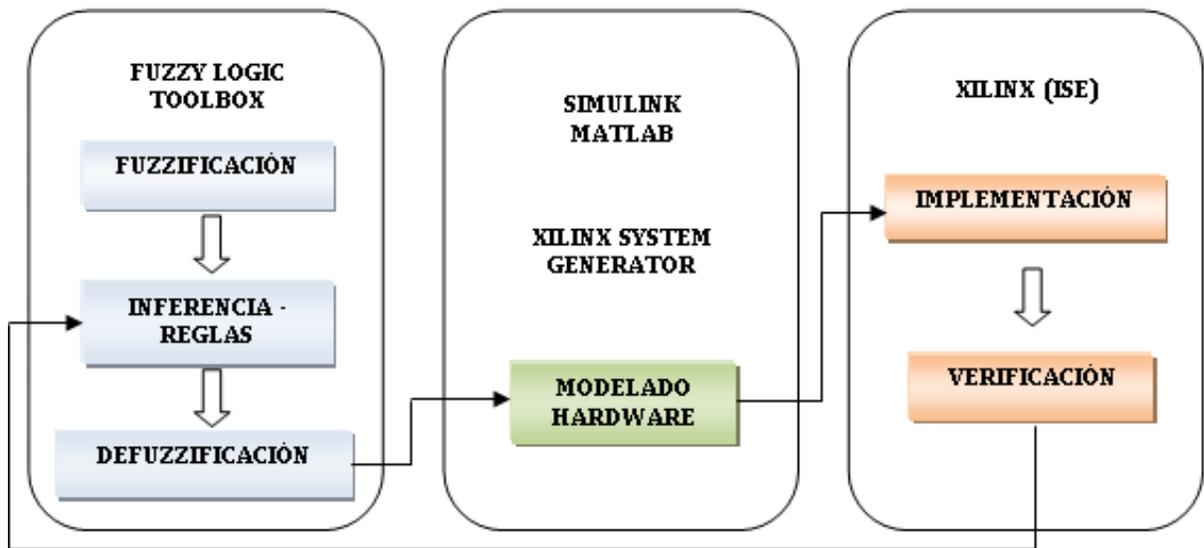


Figura 18. Metodología implementación hardware.

Fuente: Autor

Se combina el empleo de las herramientas Simulink y Fuzzy Logic Toolbox de Matlab con las herramientas de modelado de hardware de Xilinx System Generator (XSG), para que al final del proceso síntesis y verificación, el hardware del controlador difuso pueda quedar implementado sobre un dispositivo lógico programable (FPGA).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La lógica difusa y los sistemas de control difuso tienen amplia aplicación en diferentes procesos industriales y en diferentes áreas; es un subcampo importante de la Inteligencia Artificial, tecnología relevante dentro de la Industria 4.0, por esto, es relevante para el Centro de Formación y el Grupo de Investigación GICS generar capacidades internas que le permitan cerrar brechas de conocimiento en estas tecnologías.

La lógica y controladores difusos admiten estados intermedios estableciendo una base de reglas que se basan en un conocimiento experto, permitiendo controlar procesos de manera más cercana a la realidad y adaptable según el proceso controlado.

Se ha presentado un diseño básico de controlador difuso, el cual permite conceptualizar y comprender de una manera práctica el potencial de aplicación de este tipo de controladores. En su proceso de diseño se establece una base de reglas entre las variables de entrada y las salidas del controlador mediante una relación "si - entonces" (antecedente y consecuente), una inferencia a manera de simulación del razonamiento humano sobre las entradas recibidas y la base de reglas y la conversión de ese conjunto difuso en valores numéricos de salida para controlar el proceso.

Herramientas especializadas como Fuzzy Logic Toolbox y Simulink de Matlab, permiten diseñar y simular este tipo de controladores y verificar de una manera práctica y acertada el comportamiento y respuesta del sistema. Adicionalmente, incorporando herramientas como Xilinx System Generator (XSG) puede lograrse la implementación hardware de este tipo de controladores sobre dispositivos lógicos programables.

Para lograr completamente los objetivos del proyecto que han dado origen a este trabajo, se recomienda diseñar, simular e implementar un controlador difuso más robusto, que contemple por lo menos otra variable de entrada y genere una base de reglas más compleja, que permitan comprender mejor el proceso de inferencia y defuzzificación.

### BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. L. del Val Román, "Industria 4.0. La Transformación Digital de la Industria," Valencia: Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática, Informes CODDII, 2016.
- [2] L. B. De Souza, P. P. Soares, M. Mendonça, A. Mourhir, and E. I. Papageorgiou, "Fuzzy Cognitive Maps and Fuzzy Logic applied in industrial processes control," IEEE Int. Conf. Fuzzy Syst., vol. 2018-July, 2018.
- [3] N. Hashmi and S. A. Khan, "Power energy management for a grid-connected PV system using rule-base fuzzy logic," Proc. - AIMS 2015, 3rd Int. Conf. Artif. Intell. Model. Simul., pp. 31–36, 2016.

- [4] H. U. Jianyao, W. U. Juan, P. Hemeng, P. Qi, and H. Qingli, "Application of Fuzzy Logic Algorithm for Optimization of Control Strategy in Electric Vehicles," pp. 2042–2045, 2017.
- [5] J. Malecki, "Applying of Fuzzy Logic to Precise Control of the Ship Motion," Proc. - 2015 2nd Int. Conf. Math. Comput. Sci. Ind. MCSI 2015, pp. 125–130, 2016.
- [6] A. I. Basco, G. Beliz, D. Coatz, and P. Garnero, "Industria 4.0: Fabricando el futuro," 2018.
- [7] A. H. Jalilvand, M. H. Najafi, and M. Fazeli, "Fuzzy-logic using Unary Bit-Stream Processing," IEEE Int. Symp. Circuits Syst., p. 6, 2020.

## PRODUCTOS ELECTRO-ELECTRÓNICOS METODOLOGÍA DE DESARROLLO

Jennifer Camila Espitia Duarte, MSc.

Servicio Nacional de Aprendizaje

Bogotá D.C., Colombia

camila.espitia@misena.edu.co

### RESUMEN

El Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones (CEET) identificó la necesidad de fortalecer y generar capacidades técnicas en instructores y aprendices, para repotenciar y/o crear nuevos productos electro-electrónicos, por lo que durante el 2019 dos de sus investigadores se dieron a la tarea de escribir una propuesta metodológica para tal fin

Partiendo de las particularidades identificadas en este mismo Centro, y acorde con necesidades de la industria tanto en el Distrito Capital, como de la nación. Dicha propuesta metodológica fue generada a partir de la revisión de diferentes modelos para el desarrollo de sistemas en ingeniería, de los elementos contenidos en las Normas Sectoriales de Competencias Laborales - NSCL y, de la asesoría recibida por el CEET de empresas del sector industrial colombiano que desarrollan soluciones de ingeniería a la medida tomando como base metodológica los estándares ANSI/EIA 632 e IEEE1220. ISBN Digital: 978-958-15-0547-0. ISBN Impreso: 978-958-15-0546-3 sistemas en ingeniería, de los elementos contenidos en las Normas Sectoriales de Competencias Laborales - NSCL y, de la asesoría recibida por el CEET de empresas del sector industrial colombiano que desarrollan soluciones de ingeniería a la medida tomando como base metodológica los estándares ANSI/EIA 632 e IEEE1220. ISBN Digital: 978-958-15-0547-0. ISBN Impreso: 978-958-15-0546-3.

**PALABRAS CLAVE:** ANSI/EIA 632, Desarrollo de productos, Desarrollo de sistemas en ingeniería, Metodología, Productos electro-electrónicos.

### ABSTRACT

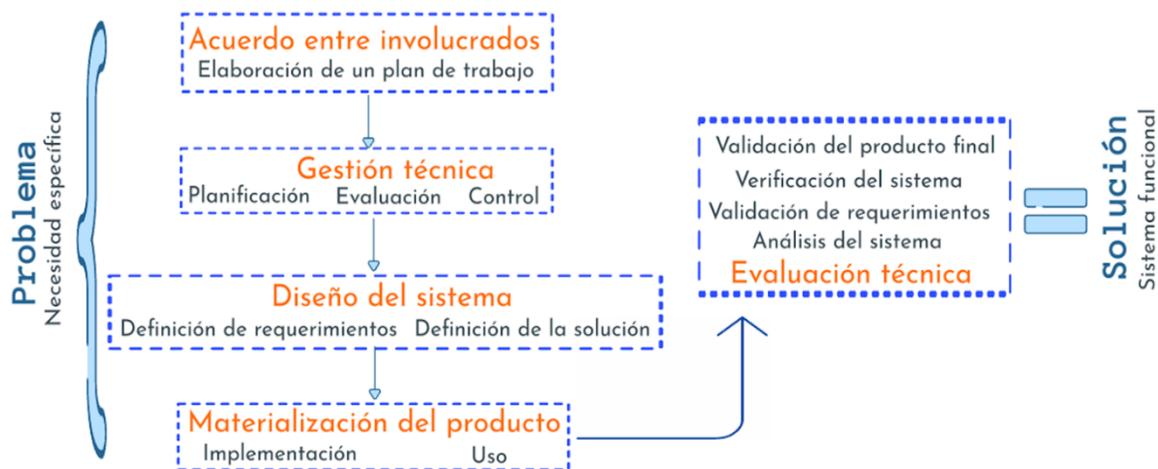
The Center for Electricity, Electronics and Telecommunications (CEET) identified the need to strengthen and generate technical capacities in instructors and apprentices, to repower or create new electro-electronic products so that during 2019 two of its researchers gave the task of writing a methodological proposal for this purpose. Based on the particularities identified in this same Center, and following the needs of the industry both in the Capital District and the nation. This methodological proposal was generated from the review of different models for the development of engineering systems, the elements contained in the Sectorial Standards of Labor Competencies - NSCL and, from the advice received by the CEET from companies in the Colombian industrial sector that develops customized engineering solutions based on the ANSI / EIA 632 and IEEE1220 standards.

40

**KEYWORDS:** ANSI / EIA 632, Product Development, Engineering Systems Development, Methodology, Electro-Electronic Products.

### INTRODUCCIÓN

El Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones (CEET) dentro de los seguimientos que hace para la formulación de proyectos, la formulación de planes de acción y del plan tecnológico del centro, identificó la necesidad de fortalecer y generar capacidades técnicas en instructores y aprendices, para repotenciar o crear nuevos productos, por lo que se consideró pertinente el diseño de la propuesta metodológica que compartimos en este documento. En esta propuesta el desarrollo de un producto es dividido en fases interrelacionadas (ver figura 1.), en las que se integran las unidades que conforman un sistema y al final configuran un producto, basándose en las etapas básicas de concebir, desarrollar y validar.



**Figura 19.** Fases metodología CEET para el desarrollo de productos electro-electrónicos.

Iniciaremos destacando la importancia del diseño de un producto, ya que las decisiones que se toman impactan de manera relevante en la definición del grado de innovación, en la calidad de la solución, en los costos y, por consiguiente, en su competitividad.

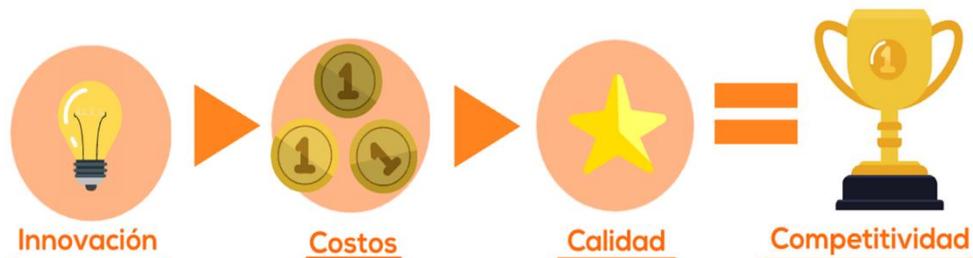


Figura 20. Importancia del diseño de un producto.

## OBJETIVOS

Formular y presentar una propuesta metodológica para el desarrollo de productos electro-electrónicos en el Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones – CEET, a partir de una revisión documental exhaustiva y de la transferencia de experiencias con empresas colombianas especializadas en este campo.

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuáles son las fases que se deben surtir en el desarrollo de un producto electro-electrónico funcional y que cumpla con requerimiento específicos?

### METODOLOGÍA

La metodología CEET, se deriva de los procesos técnicos contenidos en estándares existentes para el desarrollo de sistemas, procesos de desarrollo construidos a partir de la experiencia de entidades del entorno local dedicados a la ejecución de proyectos de desarrollo de soluciones a la medida, y de la identificación de necesidades y la dinámica de funcionamiento propia del Centro. Si bien es cierto, los grandes fabricantes y desarrolladores de productos electro-electrónicos contemplan dentro del proceso de desarrollo, la producción en serie de los mismos, por tratarse de un centro de formación, el CEET provisionalmente ha limitado esta propuesta hasta alcanzar la obtención de un producto a nivel de prototipo funcional.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La metodología se presenta como un bucle cerrado y en constante realimentación, que aborda el producto desde su concepto inicial, pasando por su evolución hasta obtener una versión final, completa, funcional y con soporte. A continuación, se describen brevemente cada una de las fases incluidas en la metodología:

El acuerdo entre involucrados, representa el diálogo entre los autores del proceso, cliente y desarrollador, cuyo propósito es fijar características específicas del producto a desarrollar, en función de lo que desea el cliente y de la capacidad del desarrollador. En esta fase la entrada ha de ser una propuesta por parte del cliente o una idea concebida y la salida un documento que contenga puntos clave, propósito y alcance del producto a desarrollar, así como los objetivos a cumplir durante el desarrollo.

La fase denominada gestión técnica, es transversal y de ejecución permanente durante todo el proceso de desarrollo del producto. Incluye la planeación u hoja de ruta para el desarrollo del producto, en la que se proporcionan actividades para cada una de las fases del ciclo de vida de ingeniería (figura 3.). La evaluación, para determinar el progreso del esfuerzo técnico en relación con los planes. Y el control de las actividades, de donde se obtiene información sobre el estado de desarrollo del producto, actividades en ejecución, variaciones o ajustes importantes, para garantizar un uso eficiente de los recursos, toma acertada de decisiones. El proceso de gestión técnica garantiza la ejecución del acuerdo entre involucrados a satisfacción y representa un insumo para la toma de decisiones durante el desarrollo del producto.



**Figura 21.** Importancia del diseño de un producto.

- A partir del establecimiento y análisis de los requerimientos, el diseño del sistema contempla un análisis funcional, la definición de una arquitectura y la determinación de la tecnología a incorporar en el producto. En este punto se aborda el diseño electrónico, mecánico, de software y/o firmware y demás partes o subsistemas especializados que se han identificado como constitutivos del producto electrónico a desarrollar.
- En general, el propósito de este proceso es convertir el acuerdo de involucrados en un producto realizable. Los requerimientos funcionales y de desempeño se transforman en un conjunto de requerimientos técnicos, los cuales a su vez se transforman en una solución de diseño descrita por requerimientos específicos, con

- características completas, consistentes, alcanzables, verificables, necesarias y suficientes para el diseño.
- La materialización del producto corresponde al Proceso de transformación de la solución de diseño caracterizado en un producto final integrado, que cumpla con los requerimientos específicos. Una vez establecido el diseño del sistema se han obtenido los insumos para la manufactura del mismo, representación física del producto, tarjetas electrónicas, encerramientos y partes especializadas, para la posterior puesta en marcha, pruebas de aceptación y certificación. Finalmente, la evaluación técnica, comprende todas las actividades de verificación y pruebas de funcionalidad, las misma que se pueden clasificar en: análisis del sistema, donde se evalúa la efectividad del producto y de acuerdo a ello se toman decisiones de compensación teniendo en cuenta los respectivos riesgos; validación de requisitos, donde se garantiza que las características del producto son las necesarias y suficientes para cumplir con los criterios de salida; verificación del sistema, determina que la solución de diseño del producto generada y la de los subsistemas que lo conforman, es consistente con los requerimientos base y se satisfacen las restricciones, incluidas las interfaces.
  - físicas, funcionales y humanas; validación del producto final, demuestra que los productos que se entregarán, o que se han entregado, satisfacen los requerimientos acordados y validados por los involucrados.
  - En este punto se hace necesario explicar el siguiente esquema (figura 4.) pues sirve como guía para la definición de requerimientos funcionales y de desempeño, y es que en general el éxito del desarrollo de un producto va a depender de lo bien que estos definidos.

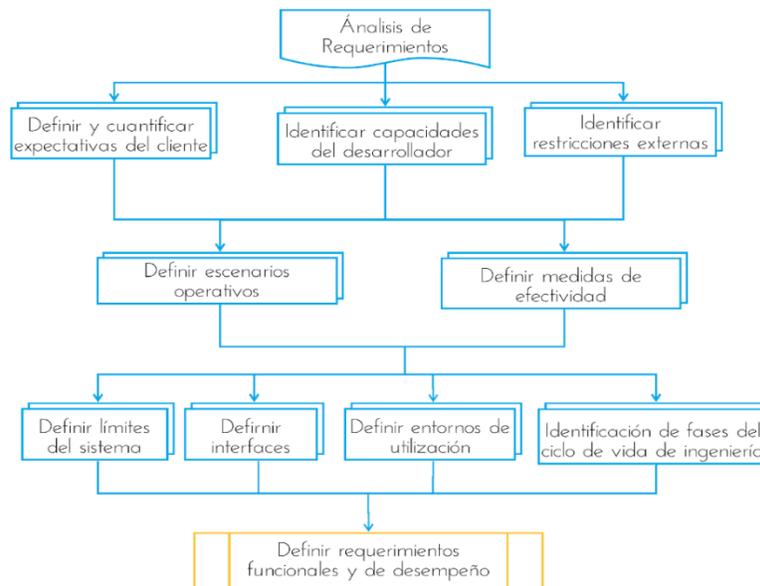


Figura 22. Resumen pasos análisis de requerimientos.

El primer paso es definir muy bien y cuantificar las expectativas del cliente, contrastarlas con las capacidades que tengamos como desarrolladores e identificar las restricciones externas, como leyes, estándares, normas y reglamentos públicos. El segundo paso es definir los escenarios operativos, voltajes, corrientes y temperaturas de funcionamiento, etc., y medidas de efectividad, es decir, la forma de comprobar el cumplimiento de los objetivos. El último paso es especificar aún más las características que deberá tener el producto, límites del sistema, interfaces, entornos de utilización, y fases del ciclo de vida. La salida de la ejecución de los pasos anteriores proveerá la definición concreta de requerimientos funcionales y de desempeño del producto, junto con la identificación de conflictos para establecer un plan de compensación a fin de lograr una línea base de requerimientos equilibrada: diseño /rendimiento.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La propuesta metodológica para el desarrollo de productos electro-electrónicos, especifica el esfuerzo técnico necesario para el desarrollo de un producto comprendido como un sistema funcional que satisface las necesidades de un cliente, en un conjunto de cinco procesos: acuerdo entre involucrados, gestión técnica, diseño del sistema, materialización del producto y evaluación técnica; asociados a actividades a completar para conseguir resultados definidos. Lo expuesto en este documento corresponde a la presentación general de la metodología, en un futuro trabajo se espera hacer la validación de la misma. Para la especificación de actividades y de tareas involucradas en cada una de las fases mencionadas, es posible consultar el siguiente documento: Metodología para la construcción de productos electro-electrónicos, el mismo se encuentra publicado en el repositorio del SENA con el siguiente link de descarga: <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/6407>.

### BIBLIOGRAFÍA

- [1] Alliance, E. I. (1998). ANSI/EIA/IS 632 Processes for Engineering a System. Gov. Electron. Inf. Technol. Assoc. Eng. Dep.
- [2] Aranguren, G., Ortiz, J., Gil-García, J. M. (2015). From the idea to the product: An academic tour. IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, 10(4), 290-295.
- [3] Chang, G. S., Perng, H. L., Juang, J. N. (2008). A review of systems engineering standards and processes. Journal of Biomechatronics Engineering, 1(1), 71-85.
- [4] IEEE Computer Society (IEEE). (2005). IEEESTD12202005—IEEE standard for application and management of the systems engineering process.

- [5] Sheard, S. A., Lake, J. G. (1998, July). Systems engineering standards and models compared. In Proceedings of the Eighth International Symposium on Systems Engineering, Vancouver, Canada (pp. 589-605).
- [6] Zuluaga, D. (2015). Prospectiva tecnológica de la industria electroelectrónica de Bogotá y Cundinamarca. Bogotá DC: Fondo de Publicaciones Universidad Sergio Arboleda.

## IDENTIFICACIÓN DE MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE VARIABLES FISIOLÓGICAS PARA EL PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE ESTRÉS, PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO EN LA REALIZACIÓN DE TRABAJO EN ALTURAS

Mauricio Alexander Vargas Rodríguez, Ingeniero Electrónico.

Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA, CEET

Bogotá, Colombia

[vrmauricio4@misena.edu.co](mailto:vrmauricio4@misena.edu.co)

### RESUMEN

El desarrollo de trabajos en alturas es considerado como una de las actividades que involucra un alto riesgo para las personas que desempeñan esta labor. Situaciones como caídas, choques eléctricos y contusiones por elementos contundentes son los principales accidentes reportados a las Aseguradoras de Riesgos Laborales (ARL), donde parte de las causas se puede establecer en relación con el estrés laboral al cual está sometido un trabajador.

La accidentalidad aún sigue presente, como consecuencia al sistema se reportan por lo general lesiones con daño permanente (invalidantes) y en el peor de los casos, la pérdida de vidas humanas. Parte de la prevención de los accidentes se puede realizar de manera predictiva, al realizar un análisis de las variables biomédicas de una persona, entre las cuales se pueden aplicar diferentes métodos que permitan el estudio de estas y así determinar su nivel de estrés, con el ánimo de mitigar el nivel de riesgo de las actividades relacionadas con el trabajo en alturas.

Este proyecto se encuentra actualmente en ejecución por parte del Grupo de Investigación del Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones del SENA (GICS), y pretende establecer si el uso de tecnologías de visibles inteligentes (wearables), en conjunción con la tecnología IoT y la analítica de datos, puede ayudar a reducir o mitigar la accidentabilidad en la realización de labores que impliquen trabajo en alturas. Para dar respuesta a esta pregunta, se busca desarrollar un equipamiento inteligente para la seguridad de las personas que realizan trabajo en alturas, incorporando tecnología de internet de las cosas en el monitoreo de variables biofísicas y fisiológicas, a través de una metodología desarrollada en cuatro fases, que comprenden el diseño, la implementación, la validación y los resultados del proyecto.

**PALABRAS CLAVE:** Estrés, IoT, señal biomédica, trabajo en alturas, vestibles.

### ABSTRACT

The development of work at heights is considered one of the activities that involve a high risk for the people who perform this work. Situations such as falls, electrical shocks, and bruises caused by forceful elements are the main accidents reported to the Occupational

Risk Insurers (ARL), where part of the causes can be established about the work stress to which a worker is subjected. Accidents are still present, because of the system, injuries with permanent damage (disabling) and in the worst case, loss of human life is usually reported. Part of the accident prevention can be carried out in a predictive way, by carrying out an analysis of the biomedical variables of a person, among which different methods can be applied that allow the study of these and thus determine their stress level, to mitigate the level of risk of activities related to work at heights.

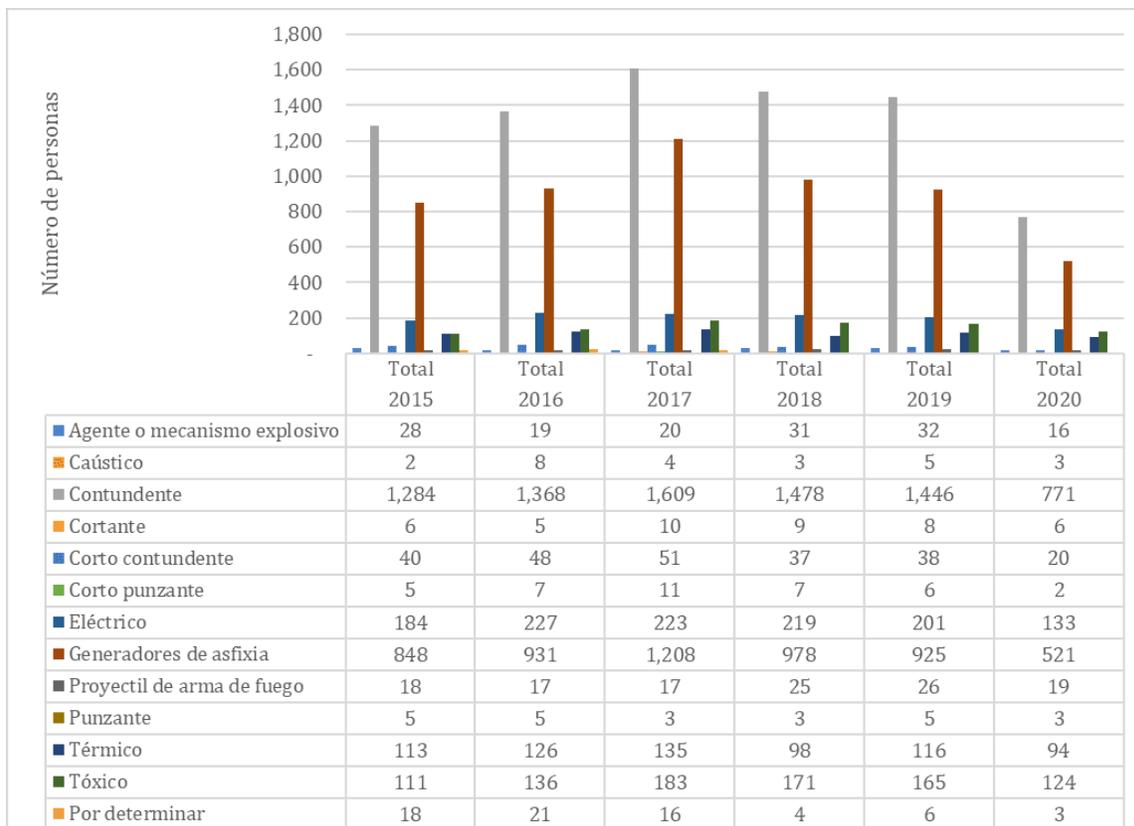
This project is currently under execution by the research group of the center for electricity, electronics and telecommunications of SENA (GICS), and aims to establish whether the use of smart wearable technologies (wearables), in conjunction with IoT technology and data analytics, can help reduce or mitigate accidents when carrying out tasks that involve work at heights. To answer this question, it seeks to develop intelligent equipment for the safety of people who perform work at heights, incorporating internet of things technology in the monitoring of biophysical and physiological variables, through a methodology developed in four phases, which comprise the design, implementation, validation, and results of the project.

**KEYWORDS:** Biomedical signal, IoT, stress, wearables, work at heights.

## INTRODUCCIÓN

La resolución 1409 del 23 de julio de 2012 del ministerio del trabajo de Colombia, por la cual se establece el “Reglamento de Seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas”, en su artículo 1°, define el trabajo en alturas como “...todo trabajo en el que exista el riesgo de caer a 1,50 m o más sobre un nivel inferior...”, toda vez que el trabajo en alturas está considerado como “de alto riesgo debido a que en las estadísticas nacionales, es una de las primeras causas de accidentalidad y de muerte en el trabajo”.

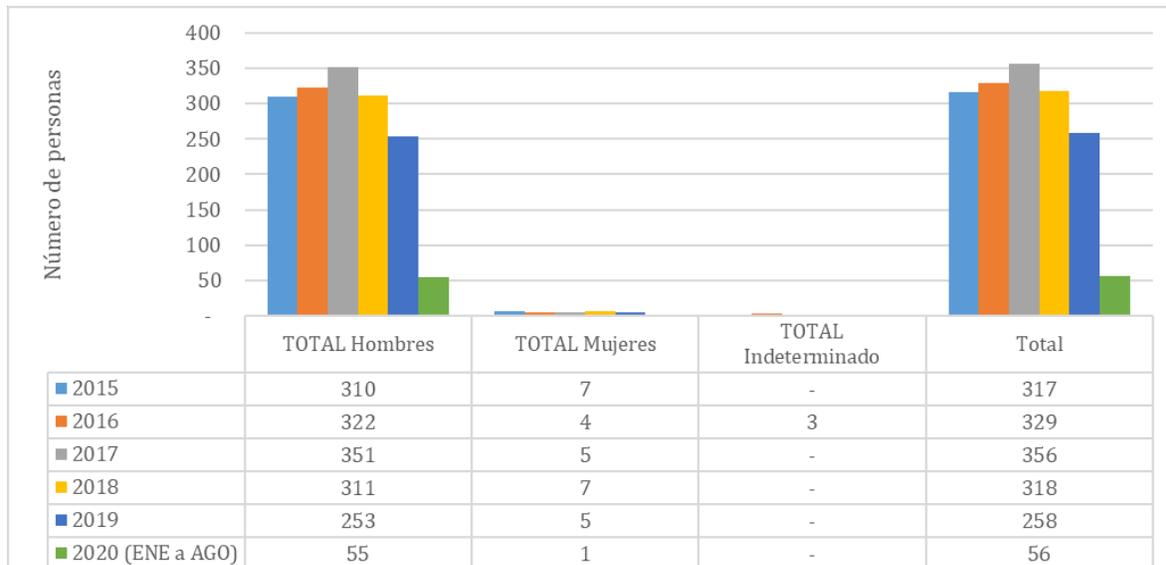
De acuerdo con los datos registrados por el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, se agrupan las causales de las muertes de acuerdo con la información de la *Figura 23*, se observa que la principal causa de muerte son aquellos asociados a los traumas contundentes, los cuales están asociados a accidentes de tránsito, caídas o traumatismos de diversos orígenes o no especificados [1].



**Figura 23.** Mecanismo causal de muertes en Colombia 2015 - 2020

**Fuente:** Sistema de Información de Clínica y Odontología Forense. SICLICO; Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses Grupo Centro de Referencia Nacional sobre Violencia – GCRNV.

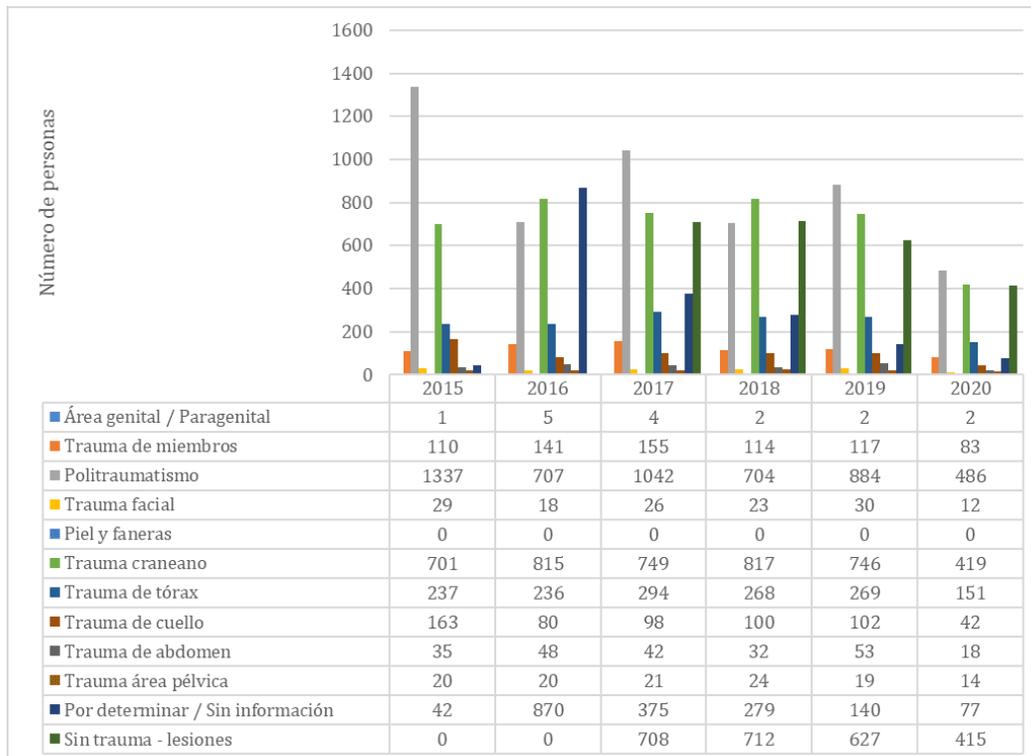
En la **Figura 24**, se observan las muertes por accidentes de trabajo en Colombia, entendiéndose la muerte accidental como “no intencional; originada en fuerzas de la naturaleza o por seres humanos...”, en desde el año 2015 hasta el mes de agosto de 2020. Dentro de estas muertes, se observa que los hombres tienen un mayor riesgo de accidentes de trabajo en comparación con las mujeres.



**Figura 24.** Muertes por accidentes de trabajo en Colombia 2015 - 2020

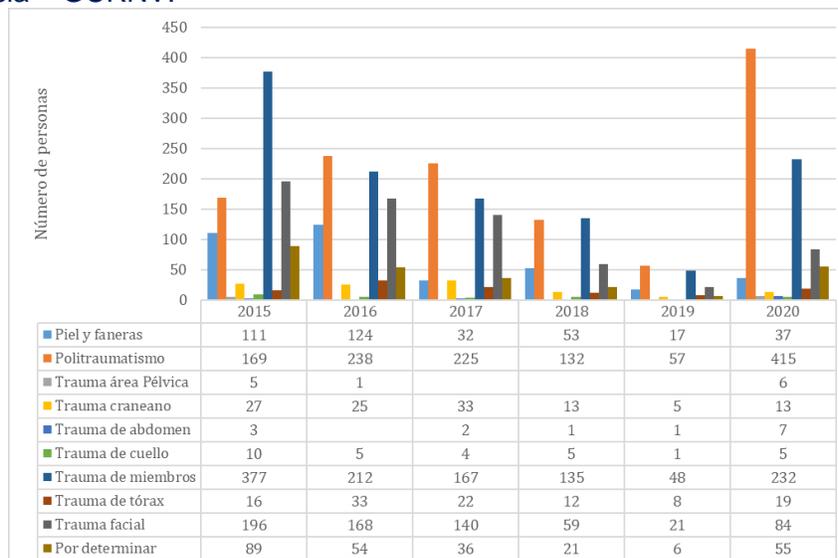
**Fuente:** Sistema de Información de Clínica y Odontología Forense. SICLICO; Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses Grupo Centro de Referencia Nacional sobre Violencia – GCRNV.

Por otro lado, con relación a las lesiones, en la **Figura 25** y en la **Figura 26**, se observa en las estadísticas nacionales que, a nivel topográfico, los politraumatismos se encuentran dentro de las principales lesiones fatales en Colombia, así como una de las principales causas de lesiones no fatales por accidente de trabajo según diagnóstico topográfico, respectivamente, en los últimos cinco años.



**Figura 25.** Diagnóstico topográfico de las muertes en Colombia 2015 - 2020

**Fuente:** Sistema de Información de Clínica y Odontología Forense. SICLICO; Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses Grupo Centro de Referencia Nacional sobre Violencia – GCRNV.



**Figura 26.** Lesiones no fatales por accidente de trabajo según diagnóstico topográfico.

**Fuente:** SisteFuente: Sistema de Información de Clínica y Odontología Forense. SICLICO; Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses Grupo Centro de Referencia Nacional sobre Violencia – GCRNV.

Dentro de las actividades relacionadas con el trabajo en alturas se encuentran los sectores de la construcción, telecomunicaciones, electricidad, publicidad, mantenimiento de infraestructuras, entre otras, con diversas actividades a resaltar entre las que se encuentran como ejemplo las instalaciones industriales en torres y estructuras de telecomunicaciones, mantenimiento de líneas de potencia eléctrica, rehabilitación mantenimiento y restauración de fachadas [2]. Por último, en la resolución 1409 de 2012 se exceptúan las actividades de atención de emergencia y rescate, así como las actividades lúdicas, deportivas y artísticas.

## OBJETIVOS

A través del proyecto se buscan alcanzar los siguientes objetivos

### OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar un equipamiento inteligente para la seguridad de las personas que realizan trabajo en alturas, incorporando tecnología de Internet de las Cosas (IoT) en el monitoreo de variables biofísicas y fisiológicas.

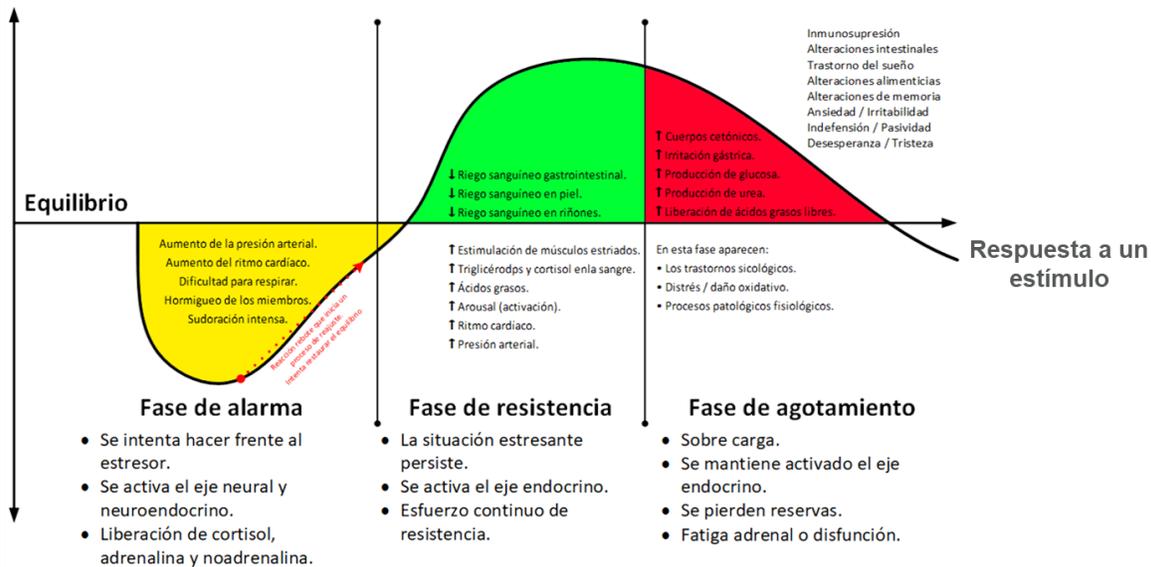
### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un prototipo de equipamiento inteligente para trabajo seguro en alturas que permita el monitoreo de variables biofísicas y fisiológicas mediante tecnología de IoT.
- Implementar el prototipo de equipamiento inteligente para trabajo seguro en alturas diseñado, incorporando medición de variables biofísicas y fisiológicas con tecnología de IoT.
- Validar el funcionamiento del prototipo de equipamiento inteligente para trabajo seguro en alturas implementado mediante la realización de pruebas piloto en condiciones controladas y en campo.
- Divulgar los resultados de carácter no reservado obtenidos durante la ejecución del proyecto y realización de procesos de transferencia tecnológica.

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Como causas de una caída se pueden encontrar factores intrínsecos, extrínsecos y situacionales. Los factores intrínsecos, aquellos relacionados al trabajador, como lo son las condiciones relacionadas con el estado de salud del individuo, tales como la edad o la existencia de patologías físicas, metabólicas, cardiovasculares, mentales

- neurológicas o psicológicas que restrinjan la realización de las actividades [2], razón por la cual se exigen los correspondientes exámenes médico ocupacionales a los trabajadores, que comprenden la encuesta de salud, valoración médica, exámenes paraclínicos y las pruebas de laboratorio clínico mínimas obligatorias exigidas por la resolución.
- Los factores extrínsecos son aquellos factores que son externos a la persona, como condiciones medioambientales, meteorológicas, la calidad de los equipos y elementos de protección personal, el estado de las superficies o estructuras de trabajo, entre otros.
- Como factores situacionales se pueden encontrar las condiciones que desencadenan la reacción de una persona, entre estas se pueden encontrar como causas de una caída el tener los materiales, herramientas o/y equipos de trabajo en desorden, intentar agarrar algún elemento fuera del alcance, exceso de confianza en acciones rutinarias o desatención en actividades repetitivas [3]. Dentro de los factores situacionales se puede encontrar el estrés.
- A continuación, se presentan las definiciones relacionadas con el estrés laboral que se encuentran por parte de los organismos internacionales más representativos. La organización internacional del trabajo reconoce que el estrés laboral es uno de los principales problemas para la salud de los trabajadores y el buen funcionamiento de las entidades para las que trabajan. La Organización Mundial de la Salud define al estrés como la reacción que puede tener el individuo ante exigencias y presiones laborales que no se ajustan a sus conocimientos y capacidades y que ponen a prueba su capacidad para afrontar la situación [4]. La Asociación de Psicología Americana (APA, por sus siglas en inglés) define al estrés como una sensación de agobio preocupación y agotamiento dicha sensación afecta las personas en distinguir su edad, género o condiciones sociales, y que afecta a la población tanto en su salud física, como psicológica, dichas emociones se reflejan en las personas a través de cambios bioquímicos fisiológicos y conductuales que son predecibles [5] y por lo tanto son susceptibles de estudio en el área del Internet de las cosas mediante dispositivos visibles conocidos como “wearables”.



**Figura 27.** Síndrome general de adaptación de Selye [6].

En la *Figura 27* se observa la curva de resistencia al estrés o rendimiento en función del tiempo, este comportamiento es el resultado de la aplicación de un estímulo que genera una respuesta ante una situación que representa una amenaza a la persona. El proyecto busca plantear que mediante el modelo del síndrome de actuación general de Selye, el cual se basa en la respuesta del organismo ante una situación de estrés, que, en este caso, por la actividad del trabajo en alturas se pueden presentar las siguientes fases o etapas entre las que se encuentran:

La fase de alarma, donde ante la percepción de la posible situación de estrés el organismo empieza desarrollar una serie alteraciones de orden fisiológico o psicológico, tales como ansiedad, inquietud, entre otras que lo predisponen para enfrentarse a la situación estresante. La aparición de estos síntomas está influida por factores como los parámetros físicos del estímulo ambiental, factores de la persona, el grado de amenaza percibida, y otros, como el grado de control sobre el estímulo, la presencia de otros estímulos ambientales que influyen sobre la situación. Durante esta fase se puede activar el eje neural y neuroendocrino, se puede presentar la liberación de cortisol, adrenalina y no adrenalina. Debido estas hormonas se puede presentar el aumento de la presión arterial, el aumento del ritmo cardíaco, dificultad para respirar, hormigueo de los miembros y sudoración intensa. En esta fase se produce una reacción de rebote que inicia un proceso de reajuste que intenta restaurar el equilibrio para dar paso a la fase de resistencia [7].

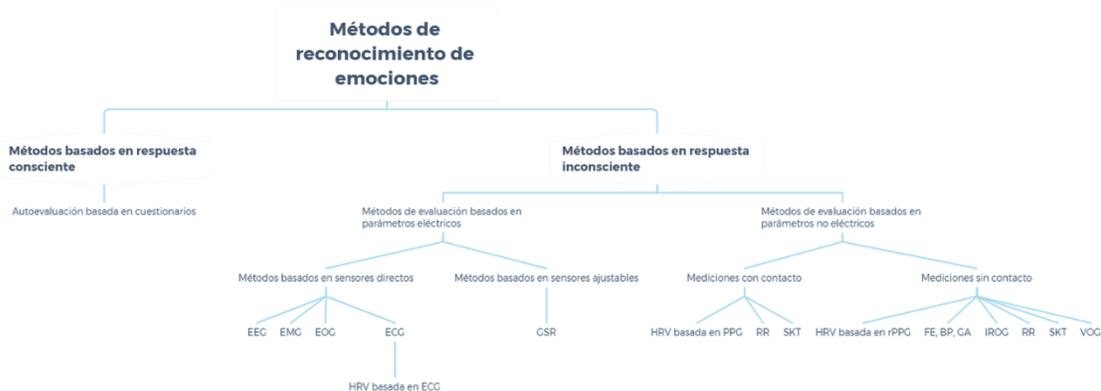
La fase de resistencia supone la fase de adaptación a la situación estresante, en ella se desarrollan un conjunto de procesos fisiológicos cognitivos, emocionales y comportamentales destinados a negociar la situación de estrés de la manera menos lesiva para la persona. Si finalmente se produce una adaptación, ésta no está exenta de costos, por ejemplo, la disminución de la resistencia general del organismo, la disminución del rendimiento de la persona, menor tolerancia a la frustración o presencia de trastornos fisiológicos más o menos permanentes, y también de carácter psicosomático [7]. Esta fase tiene efectos sobre el organismo, se observa una baja en el riego sanguíneo gastrointestinal, el riego sanguíneo en la piel y el riego sanguíneo en los riñones, se observa un aumento en la estimulación de los músculos estriados, un aumento en los triglicéridos y el cortisol en la sangre, así como en ácidos grasos, la activación aro usual, el aumento del ritmo cardíaco y el aumento en la presión arterial.

La fase de agotamiento se presenta si la fase de resistencia fracasa, es decir, si los mecanismos de adaptación ambiental no resultan eficaces se entra en la fase de agotamiento, donde los trastornos fisiológicos psicológicos o psicosociales tienden a ser crónicos o irreversibles [7]. En la fase de agotamiento se presenta sobrecarga, se mantiene activado el eje endocrino, se pierden reservas, en esta fase aparecen los trastornos psicológicos, distress, daños oxidativos, se presentan procesos patológicos-fisiológicos, se presenta también un aumento en cuerpos cetónicos e irritación gástrica, en la producción de glucosa, en la producción de urea, en la liberación de ácidos grasos libres y en cuanto a procesos patológicos-fisiológicos se encuentra la inmunosupresión, alteraciones intestinales, trastorno del sueño, alteraciones alimenticias, alteraciones de memoria, ansiedad, irritabilidad, indefensión, pasividad y sentimientos de desesperanza o de tristeza.

## MÉTODOS PARA EL MONITOREO DEL ESTRÉS

Existen diferentes métodos de monitoreo del estrés que permiten desarrollar a futuro un sistema predictivo para las personas que realizan trabajo en alturas con el objetivo de mitigar posibles accidentes. Los métodos de reconocimiento de emociones se dividen en métodos basados en respuesta consciente y métodos basados en respuesta inconsciente. Los métodos basados en respuesta consciente comprenden la autoevaluación basada en cuestionarios, los métodos basados en respuesta inconsciente comprenden los métodos de evaluación basados en parámetros eléctricos y en parámetros no eléctricos. Dentro de los métodos basados en sensores directos se encuentra la electroencefalografía, la electromiografía, la electro-oculografía y la electrocardiografía, y dentro de esta, la variabilidad de ritmo cardíaco basada en electrocardiografía.

Como métodos basados en sensores ajustables, se encuentra la respuesta galvánica de la piel. Entre los métodos de evaluación basados en parámetros no eléctricos se encuentran las mediciones con contacto, donde están los métodos de variabilidad de ritmo cardíaco basada en fotopleletismografía, análisis de frecuencia respiratoria y medición de la temperatura de la piel. Dentro de las mediciones en contacto, se encuentra la variabilidad de ritmo cardíaco basada en fotopleletismografía remota, el análisis de las expresiones faciales, la postura corporal, el análisis de gestos el análisis de la frecuencia respiratoria la medición de la temperatura de la piel, los sistemas de videografía de con cámara infrarroja. En la **Figura 28**, se observan los diferentes métodos de reconocimiento de emociones basados en variables fisiológicas que sirven para la realización de correlaciones con estados de ánimo, e identificación del estrés a nivel biológico, en la **Tabla 2** se pueden observar las definiciones para estos métodos.



**Figura 28.** Identificación de los métodos de reconocimientos de emociones [8].

**Tabla 2. Método y descripción**

<b>Método</b>	<b>Descripción</b>
Electroencefalografía (EEG)	Registra la actividad del cerebro
Electrocardiografía (ECG)	Registra la actividad del corazón.
Respuesta galvánica de la piel (GSR) Actividad electro dérmica de la piel (EDA)	Registra los cambios en la conductividad eléctrica de la piel, dadas por la variación en la sudoración.
Fotopletismografía (PPG)	Es una técnica de pletismografía en la cual se utiliza un haz de luz para determinar el volumen de un órgano
Variabilidad del ritmo cardíaco (HRV)	Examina la varianza de los ciclos de los latidos del corazón y su regularidad.
Medición de la temperatura de la piel (SKT)	Dada por la radiación térmica de una superficie cutánea que depende de la perfusión controlada por el sistema nervioso autónomo, que controla los vasos que irrigan la piel.
Medición de la temperatura de la piel (SKT)	Dada por la radiación térmica de una superficie cutánea que depende de la perfusión controlada por el sistema nervioso autónomo, que controla los vasos que irrigan la piel.
Electromiografía (EMG)	Es una técnica para evaluar y registrar el potencial eléctrico generado por las células musculares.
Electrooculografía (EOG)	Es una técnica para medir el potencial de pie corneo-retiniano que existe entre la parte delantera y trasera del ojo humano.
Análisis de las expresiones faciales (FE)	Consiste en identificar las emociones y su relación directa con las emociones en función de las expresiones faciales.
Postura corporal (BP)	Reconocimiento de emociones con base en la postura corporal.

## HERRAMIENTAS DE HARDWARE PARA PROTOTIPADO DE PRODUCTO ELECTRÓNICO EN LA ERA DE LA INDUSTRIA 4.0

Deivy Mayorquín

Director de desarrollo tecnológico

[dmayorquin@cidei.net](mailto:dmayorquin@cidei.net)

[linkedin.com/in/dmayorquin](https://www.linkedin.com/in/dmayorquin)

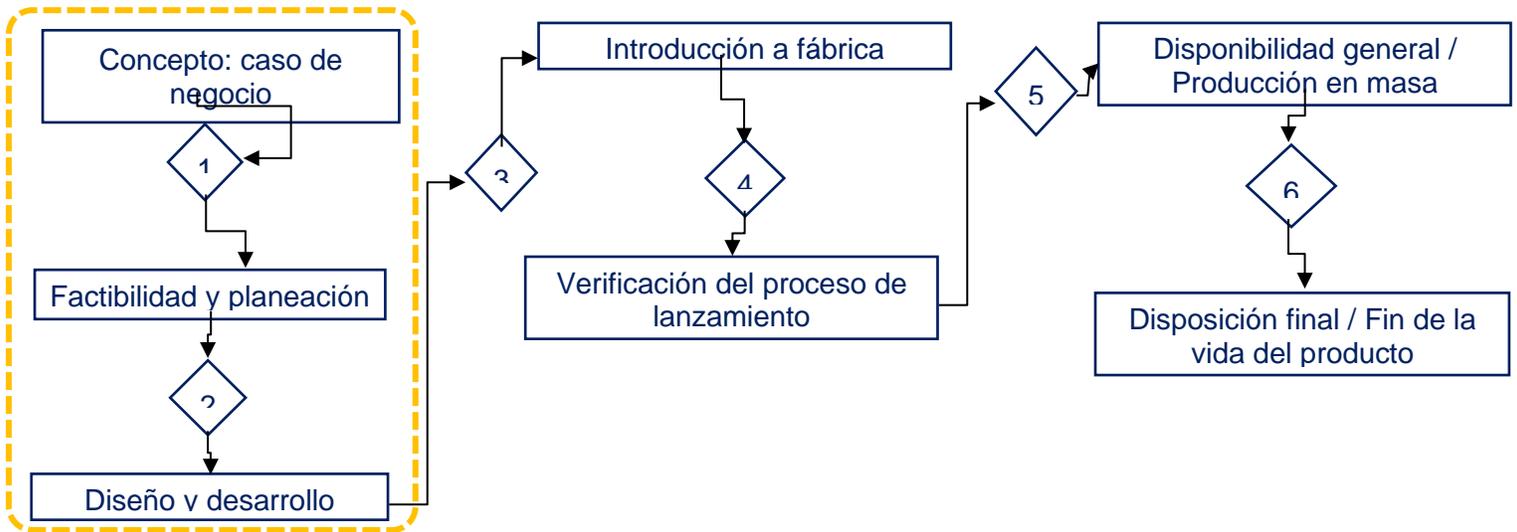


### 1. LA ELECTRÓNICA EN LA INDUSTRIA 4.0



## 2. PROTOTIPADO

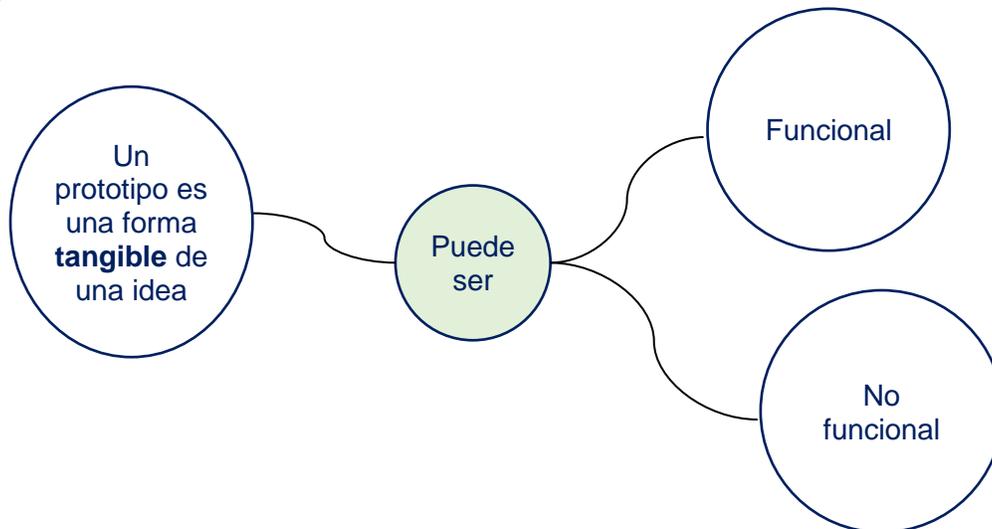
Planeación del nuevo producto (NPP)

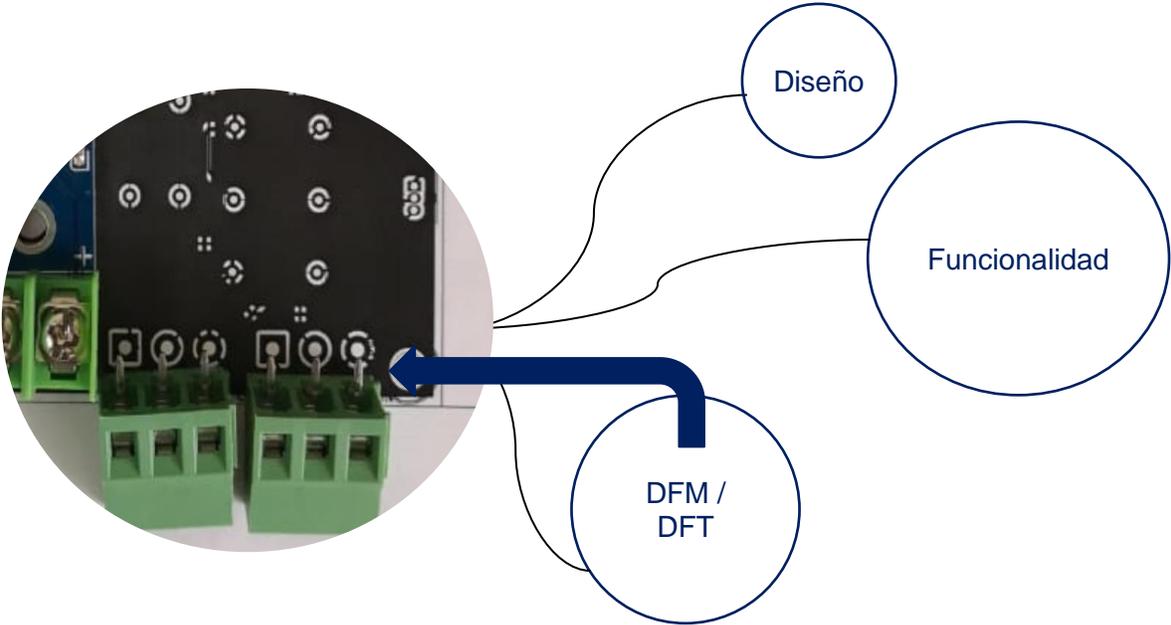
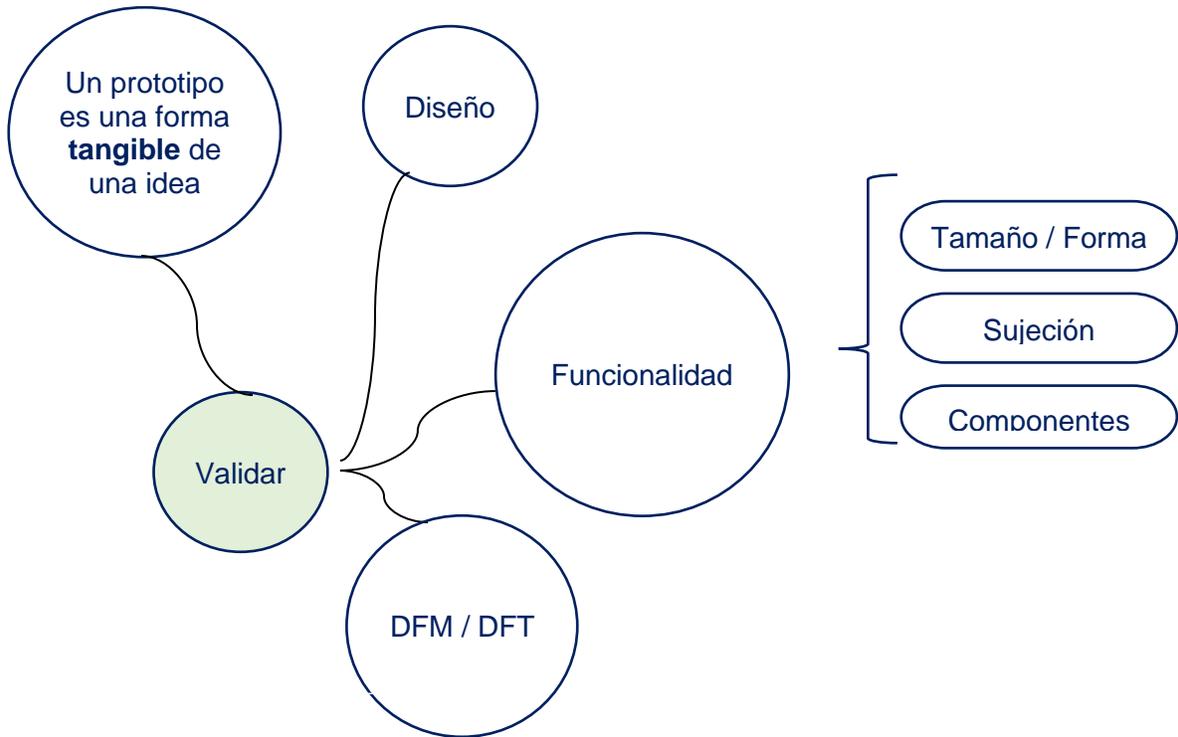


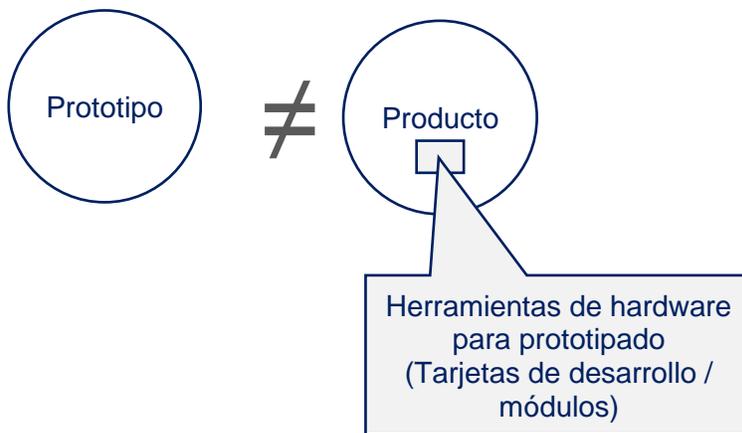
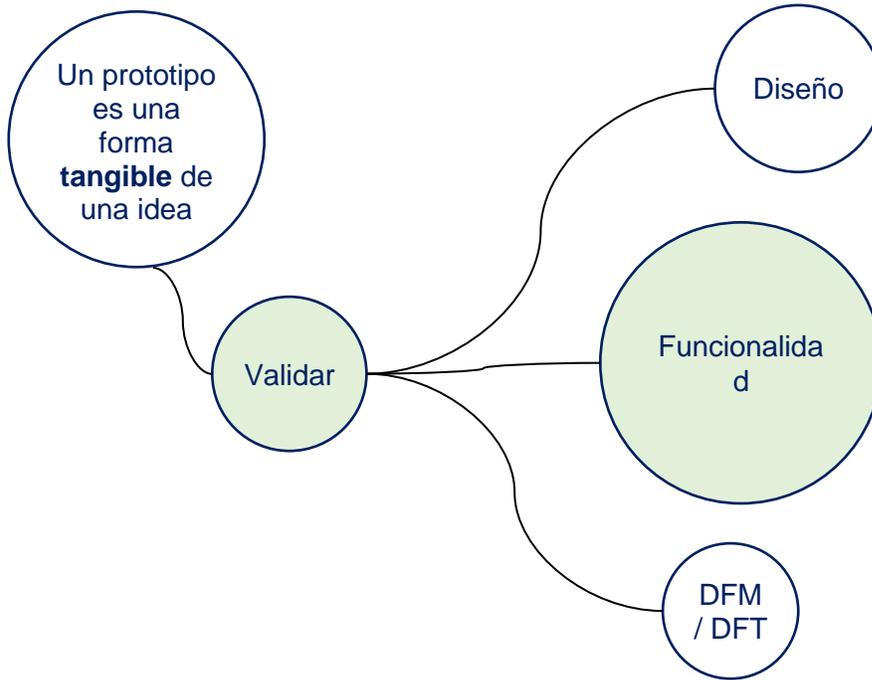
## 3. Prototipo

“Si una imagen vale más que 1000 palabras, un prototipo vale más que 1000 reuniones”

- IDEO







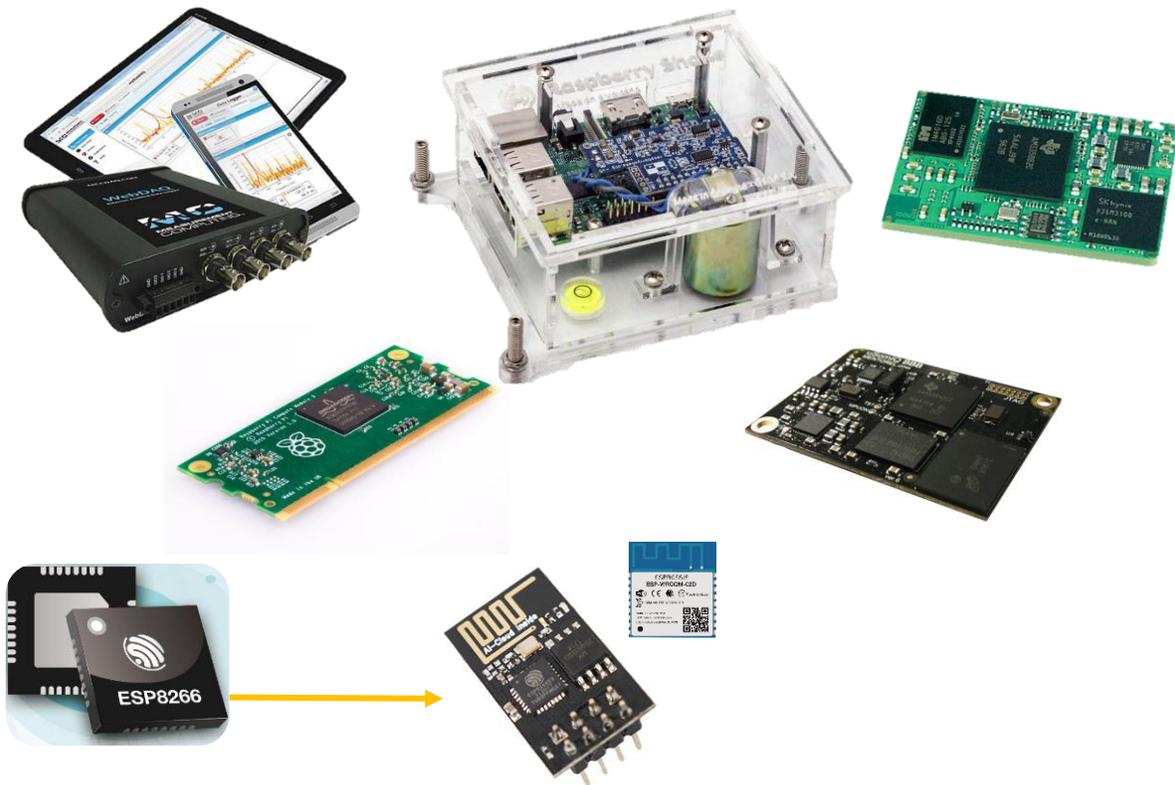
Simulación

Construcción

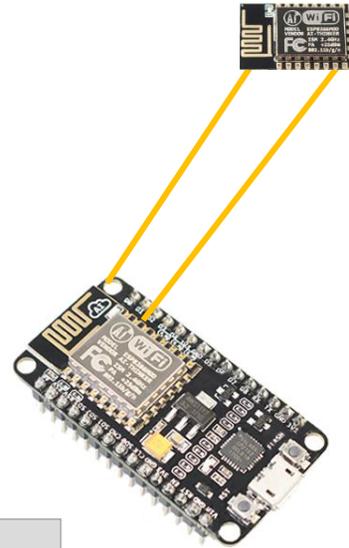
#### 4. HERRAMIENTAS DE HARDWARE



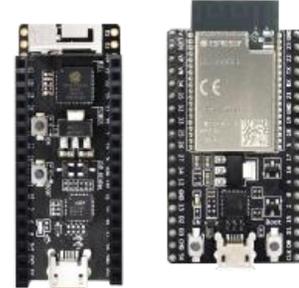
#### 2. PROTOTIPADO



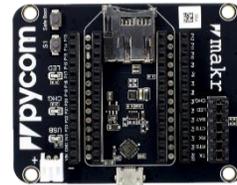
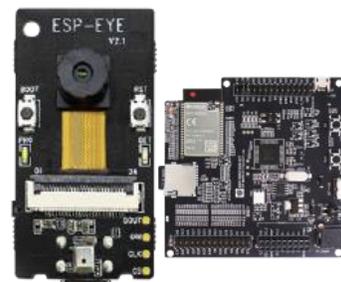
- WiFi
- MCU de 32 bits
- 80 MHz
- 64 kB instrucciones
- 96 kB datos
- 16 MB Flash externa
- 16 GPIO
- SPI, I2C, I2S
- UART
- ADC 10-bit



C Python C++ Lua



- WiFi + Bluetooth 4.2 (BLE)
- MCU dual-core de 32 bits
- 160 MHz
- 448 kB ROM
- 520 kB RAM
- 16 MB Flash externa
- 34 GPIO
- 4 x SPI, 2 x I2C, 2 x I2S
- 3 x UART
- 18 x ADC 12-bit
- 2 x DAC 8-bit
- 10 x GPIO capacitivos (touch)
- CAN





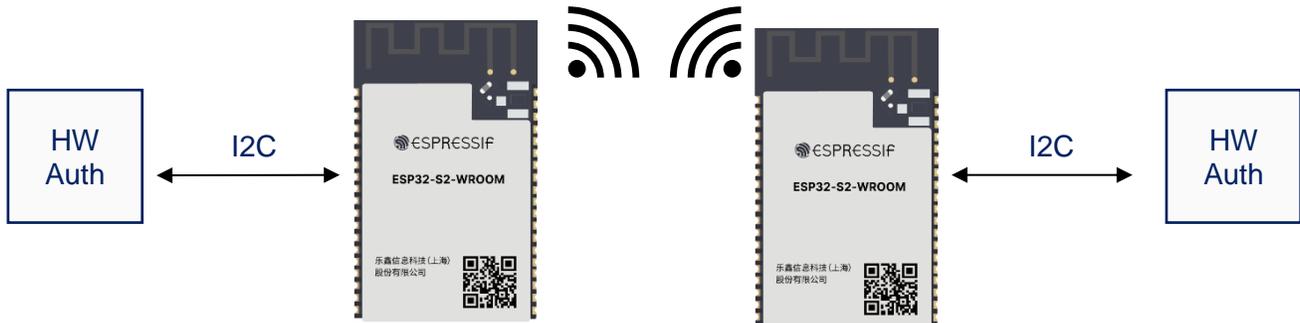
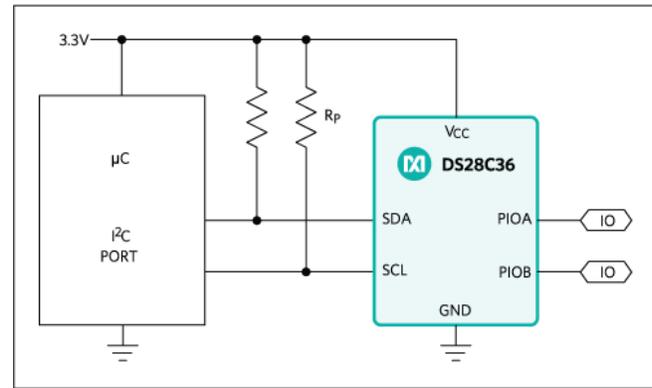
PySense

Expansion  
Board

Pytrack



AMR Cortex-M4F  
64 MHz  
1MB flash  
256 Kb RAM  
Bluetooth 5



### 3. HERRAMIENTAS DE HARDWARE

¿Qué sigue?

ARM Cortex-M55  
CMSIS-NN  
M4, M7, M33, M55



PragmatIC

Everactive



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El prototipo no funcional es tan importante como el funcional
- Herramientas con amplia trayectoria en el mercado
- Módulos de grado industrial para el paso del prototipo a la producción
- La seguridad es un aspecto fundamental en el desarrollo de productos y servicios orientados a aplicaciones de la Industria 4.0
- Electrónica flexible, energy harvesting, ultra-bajo consumo, IA

## 5. BIBLIOGRAFÍA

[1] Forbes, “What is Industry 4.0? Here's A Super Easy Explanation for Anyone”, 2018, recuperado el 26 de septiembre de 2020 de: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/#1805fc529788>.

[2] Saturno, Pertel y Deschamps, “Proposal of an automation solutions architecture for Industry 4.0”, 24th International Conference on Production Research, Polonia, 2017.

[3] Catapult digital, “IoT hardware from prototype to production: A guide to launching hardware based IoT products for startups and scaleups”, 2019, recuperado el 26 de septiembre de 2020, de:

[https://assets.ctfassets.net/nubxhjiwc091/5XtSpkpwKgFHv9usFL2L3Z/3d328e1e1f1558c2b455fbf2612bf0b3/20190903\\_DC\\_109\\_IoT\\_Production-to-Product\\_Report\\_Digital\\_1\\_1\\_.Pdf](https://assets.ctfassets.net/nubxhjiwc091/5XtSpkpwKgFHv9usFL2L3Z/3d328e1e1f1558c2b455fbf2612bf0b3/20190903_DC_109_IoT_Production-to-Product_Report_Digital_1_1_.Pdf)

[4] Interaction Design Foundation, “Design Thinking: Get Started with Prototyping”, 2020, recuperado el 26 de septiembre de 2020 de: <https://www.interaction-design.org/literature/article/design-thinking-get-started-with-prototyping>

[5] [www.espressif.com](http://www.espressif.com)

[6] [www.ai-thinker.com](http://www.ai-thinker.com)

[7] [www.particle.io](http://www.particle.io)

[8] [www.pycom.io](http://www.pycom.io)

[9] [www.mccdaq.com](http://www.mccdaq.com)

[10] [www.raspberrypi.org](http://www.raspberrypi.org)

## IDENTIFICANDO OPORTUNIDADES DE INNOVACIÓN EN LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN Y ENSAYOS

Ingeniero. José Luis Arrieta Ramos

### RESUMEN

La invención puede considerarse como un nuevo proceso o dispositivo artificial.

Invento o invención (del latín invenire, "encontrar" -véase también inventio-) es un objeto, técnica o proceso que posee características novedosas y transformadoras.

Sin embargo, algunas invenciones también representan una creación innovadora sin antecedentes en la ciencia o la tecnología que amplían los límites del conocimiento humano.

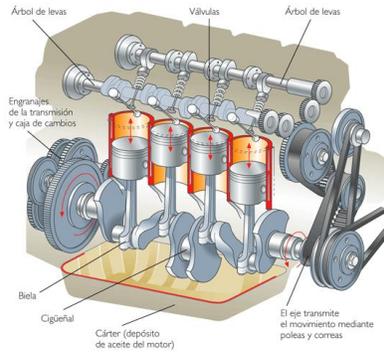
En ocasiones, se puede obtener protección legal por medio del registro de una patente, siempre que la invención sea realmente novedosa y no resulte obvia. El registro representa una concesión temporal por parte del Estado para la explotación de la patente, conformándose en la práctica un monopolio que limita la competencia.

### INVENCION

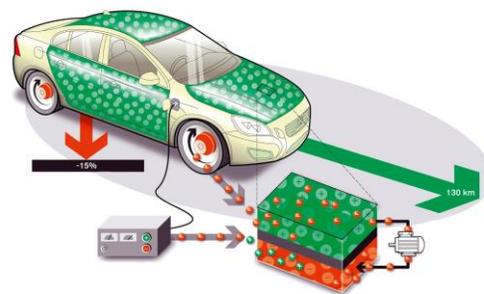
La invención puede considerarse como un nuevo proceso o dispositivo artificial un ejemplo de invención es el motor de combustión interna inventado en el siglo XIX. **El motor de combustión interna se utiliza en automóviles, trenes, camiones, cortadoras de césped, barcos y muchas otras aplicaciones.**

La invención se puede remontar a dos italianos: el padre Eugenio Bar Santi, un sacerdote escolapio, y Felices Matteucci, ingeniero hidráulico y mecánico, que ya en 1853 detallaron documentos de operación y construcción y patentes pendientes en varios países europeos como Gran Bretaña, Francia, Italia y Alemania [2]

Grafica



Innovación



Grafica 28

Una innovación se puede definir simplemente como una mejor manera de hacer las cosas o una mejora de un producto o invención existente.



Innovación es un cambio que introduce novedades, y que se refiere a modificar elementos ya existentes con el fin de mejorarlos, aunque también es posible en la implementación de elementos totalmente nuevos.

En el sentido estricto, en cambio, se dice *Que de las ideas solo pueden resultar innovadoras luego de que ellas se implementan como nuevos productos, servicios, o procedimientos*, que realmente encuentran una aplicación exitosa, imponiéndose en el mercado a través de la difusión [3]

Este término proviene del latín "innovativo" que significa "Crear algo nuevo", y está formada por el prefijo "in-" (que significa "estar en") y por el concepto "novus" (que significa "nuevo").

## IDENTIFICANDO DE OPORTUNIDADES DE INNOVACIÓN EN LABORATORIOS DE CALIBRACION Y ENSAYOS

¿Cuántos tipos de innovación existen?

“Oficialmente”, según el **Manual de Oslo** [4], existen 4 categorías de innovación:

- **Innovación de producto,**
- **Innovación de proceso,**
- **Innovación de Organización,**
- **Innovación de mercadotecnia (*Comercialización*)**



### 7. Innovación de producto

Se corresponde con la introducción de un bien o un servicio nuevo, o significativamente mejorado, en cuanto a sus características o en cuanto al uso que se destina.

Esta definición incluye la mejora significativa de las características técnicas, de los componentes y los materiales, de la informática integrada, de la facilidad de uso u otras características funcionales.

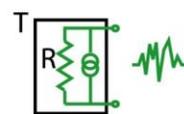


### 8. Innovación de producto Johnson Noise Thermometer

El primer termómetro práctico de ruido de Johnson del mundo desarrollado por METROSOL Limite

$$V_n = \sqrt{4kTR\Delta f}$$

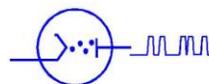
#### Fundamental Noise Sources



#### Johnson-Nyquist Noise

$$S_i(f) = \frac{4k_B T}{R} \left[ \frac{A^2}{Hz} \right]$$

- Frequency-independent
- Temperature-dependent
- Used for thermometry



#### Shot Noise

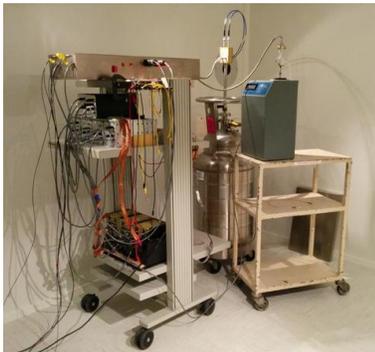
$$S_i(f) = 2eI \left[ \frac{A^2}{Hz} \right]$$

- Frequency-independent
- Temperature independent

El primer termómetro de ruido Johnson práctico del mundo desarrollado por..... METROSOL Limited. Metrosol, junto con el Laboratorio Nacional de Física (NPL) de UK, ha desarrollado el primer termómetro de ruido Johnson práctico del mundo.

La termometría de ruido de Johnson (JNT) es una técnica de medición de temperatura primaria basada en las propiedades fundamentales de las fluctuaciones térmicas en los conductores.

Un termómetro de ruido Johnson nunca necesita calibración y es insensible al estado del material del sensor, por lo que es ideal para mediciones de temperatura a largo plazo en entornos hostiles, como circuitos de refrigeración de reactores nucleares, gestión y almacenamiento de desechos nucleares.



NIST Johnson Noise Thermometer system for precision electronic measurement of Boltzmann's constant.

El ruido de Johnson (ruido térmico, ruido de Johnson-Nyquist, ruido blanco) es el ruido electrónico generado por la agitación térmica de los portadores de carga (generalmente los electrones) dentro de un conductor eléctrico, que ocurre independientemente de cualquier voltaje aplicado. La derivación física genérica y estadística de este ruido se denomina teorema de fluctuación-disipación.

El ruido de Johnson en una resistencia ideal es blanco, lo que significa que la densidad espectral de potencia es constante en todo el espectro de frecuencia (excepto en frecuencias extremadamente altas). Como el ruido de Johnson es el resultado de muchos movimientos de portadores de carga independientes, el teorema del límite central establece que el voltaje de ruido resultante tendrá una distribución normal o gaussiana. El aspecto más importante del ruido de Johnson desde nuestro punto de vista es que la potencia del ruido de Johnson es directamente proporcional a la temperatura absoluta.

No hay ninguna propiedad del material o requisito de calibración para derivar la temperatura absoluta, solo mediciones eléctricas. Por tanto, esta técnica no está sujeta a la deriva del sensor.

Where:

- $V_n$  = the RMS voltage
- $k$  = Boltzmann's constant
- $T$  = the thermodynamic temperature of the resistor
- $R$  = the resistance of the resistor
- $\Delta f$  = the measurement bandwidth

## MANUAL DE OSLO

### 1. Innovación del Proceso

Es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, proceso de producción o de distribución. Ello implica cambios significativos en las técnicas, los materiales y/o los programas informáticos.



#### Innovación del Proceso

- Software a demanda (Software as a Service, SaaS)
- Sistema operativo, herramientas ofimáticas (programas informáticos para documentos, hojas de cálculo, presentaciones, bases de datos,
- Servicios documentales (repositorios centralizados) compartidos en la nube, control de accesos, copias de respaldo, seguridad, autorización, integridad, disponibilidad)
- Firmas digitales
- Documentos electrónicos o digitales
- Software especializado para la gestión administrativa y técnica
- Gestión de inventarios
- Software de calibración/ensayos (software libre «Open source» o de código abierto, Linux, software estadístico R..) y software a medida)
- Calibraciones y ajustes por internet
- Software especializado/estadístico

- Validación/Verificación de métodos;
- Estimación de la incertidumbre de la medición;
- Establecimiento de intervalos de calibración;
- Aseguramiento de la validez de los resultados.
- Ensayos de aptitud/comparaciones interlaboratorios

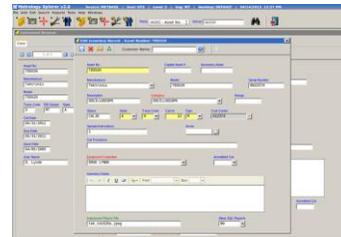
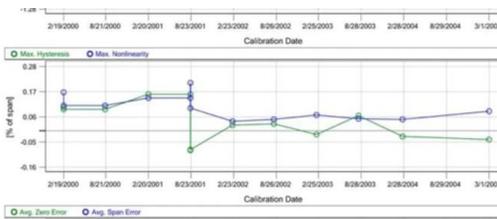
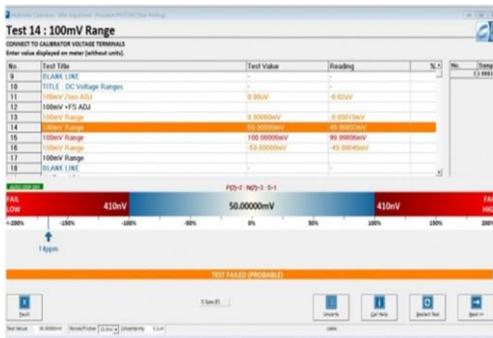


### INNOVACIÓN DEL PROCESO

Ventajas de la Automatización de los procesos de medición

- Aumento de la seguridad de la información.
- Reducción de tiempos de procesamiento de datos.
- Información en tiempo real.
- Disminución de costos de producción.
- Simplificación de tareas complejas o repetitivas.
- Ventajas de la Automatización
- Calibraciones o ensayos automatizados
- Reportes automatizados (de productividad, trazabilidad, inventarios, de confiabilidad, de eficiencia...)
- Disminución de la interacción operador-equipo y como consecuencia se logra una disminución del desgaste de equipos;
- Reducción de tiempos de calibración;

- Disminución de errores por digitación (error humano), consistencia de las mediciones;
- Mejorar la incertidumbre de medición en calibración (disminución de contribuciones por repetitividad del operador, y por aumento de número de repeticiones en intervalos cortos de tiempo...).



Metrología 4.0: Desafíos de la transformación digital para la metrología de América Latina y el Caribe, esta publicación analiza el rol de la metrología para la transformación digital en general y en especial la situación en ALC con base en una encuesta realizada a 15 INM de la región.

- ¿Cuál es el rol de la metrología y de los institutos nacionales de metrología (INM) en la transformación digital en América Latina y el Caribe (ALC)?
- ¿Cómo los INM de la región pueden aprovechar la transformación digital para mejorar sus competencias y sus servicios?
- ¿De qué manera los INM pueden ser un factor habilitante para la transformación digital en ALC?



Los siguientes institutos nacionales de metrología participaron en la encuesta

- el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina,
- el Instituto Boliviano de Metrología (IBMETRO) de Bolivia,
- el Instituto Nacional de Metrología, Calidad y Tecnología (INMETRO) de Brasil,
- la Red Nacional de Metrología (RNM) de Chile,
- el Instituto Nacional de Metrología (INM) de Colombia,
- el Laboratorio Costarricense de Metrología (LACOMET) de Costa Rica,
- el Centro de Investigaciones de Metrología (CIM) de El Salvador,
- el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) de Ecuador,
- el Centro Hondureño de Metrología (CEHM) de Honduras,
- el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México,
- el Laboratorio Nacional de Metrología (LANAMET) de Nicaragua,
- el Centro Nacional de Metrología de Panamá (CENAMEP) de Panamá,
- el Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología (INTN) de Paraguay
- el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) de Perú y el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU) de Uruguay.

## INNOVACIÓN DEL PROCESO

Metrología 4.0:

Para analizar los desafíos de la transformación digital y de la implementación de la estrategia industria 4.0 y decidir cómo enfrentarlos como INM, el PTB de Alemania publicó Metrología para la digitalización de la economía y la sociedad en 2017 (PTB, 2017a). Este estudio del PTB se basa en el análisis de sus capacidades, de las necesidades de sus

clientes y de las iniciativas en estos temas de sus pares que también están en la vanguardia, como el Instituto Nacional de Normas y Tecnología de los Estados Unidos (NIST, por sus siglas en inglés).

El PTB ha definido cuatro temas principales en su estrategia; transformación digital de servicios metrológicos, metrología en el análisis de big data, metrología de los sistemas de comunicación para la digitalización y metrología para simulaciones e instrumentos de medición virtuales.

- (a) la digitalización de los servicios metrológicos;
- (b) la digitalización de la metrología legal;
- (c) la potencialidad de una nube de acceso diferenciado; y
- (d) el impacto de la digitalización en el resto de funciones de los INM (Ver gráfico 1. Metrología y transformación digital)

Gráfico 1. **Metrología y transformación digital**



- (a) el uso de la metrología para asegurar las bases tecnológicas de las comunicaciones;
- (b) el rol de los instrumentos y sistemas de medición en la era digital;
- (c) metrología y big data
- (d) el papel de las mediciones virtuales y las simulaciones; y
- (e) el desarrollo de conceptos metrológicos. Además, se trata el tema de la ciberseguridad



## MANUAL DE OSLO

### 2. Innovación de Organización

Se refieren a la puesta en práctica de nuevos métodos de organización estos pueden ser cambios en las prácticas de la empresa, en la organización del trabajo o en las relaciones exteriores de la empresa un elemento distintivo es el hecho de que la introducción de un método organizativo se considera como innovación cuando no ha sido utilizado antes por la empresa y resulta de decisiones estratégicas tomadas por la dirección (Eurostat & OCDE, 2006, págs. 62-63).



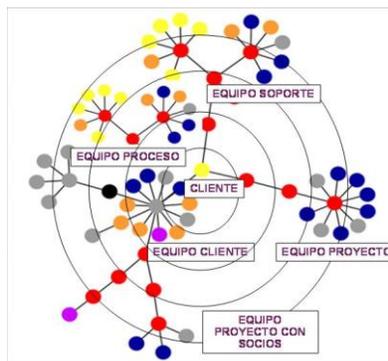
### Innovación de Organización...Ejemplos

- En los métodos, sistemas de gestión del conocimiento.
- Cambios, modificaciones y adaptaciones que se realizan sobre la estructura de una empresa corresponden a lo que llamamos innovación organizativa.
- Diseño, Inclusión o adaptación de buenas prácticas de gestión.

- a) Cuando se introduce un nuevo método de prácticas. Por ejemplo, en los casos en que se toman decisiones para organizar rutinas y procedimientos de gestión de las tareas diarias.
- b) Cuando se generan cambios en la organización del trabajo. O dicho de otro modo, en los casos en que se incorporan nuevas estrategias para delegar responsabilidades y gestionar el poder y la autoridad.
- c) Cuando se establecen nuevas relaciones exteriores. Esta innovación se produce cuando una empresa modifica su estrategia para relacionarse con agentes externos, competidores, instituciones, organismos de investigación y, por supuesto, con distribuidores y clientes.

“Una empresa puede verse afectada por distintos factores que pueden representar impedimentos para la introducción de innovaciones, de modo que a mayor cantidad de ellos, menor es la efectividad de las innovaciones en la empresa (Ganter & Hacker, 2012, 2013).

Algunos son la falta de fondos, las dificultades para obtener financiamiento, la falta de personal calificado, el alto costo de la innovación, y la falta de información sobre la tecnología y los mercados que se pretende abarcar, entre otros (Afcha, 2011). Schmidt & Rammer (2007) establecen que la productividad es uno de los factores que podrían determinar la introducción de innovaciones...” [15]



## 9. Innovación de Organización

Los objetivos son amplios y entre ellos se podrían citar:

- Mejora del rendimiento,
- Disminución de los costos operativos,
- Mejora del clima organizacional,
- de una nueva cultura organizacional,

- Cuestiones relacionadas con procedimientos y buenas prácticas,
- Reducción de riesgos y su prevención,
- Eliminación de prejuicios,
- Introducción de una cultura de sostenibilidad ambiental
- Cambiar el foco del producto al foco en el cliente.



## MANUAL DE OSLO

### 3. Innovación en la mercadotecnia (Comercialización)

Implican la puesta en práctica de nuevos métodos de comercialización estos pueden ser cambios en el diseño, el envasado de productos, en la promoción y en la colocación de los productos y en los métodos de tarificación de los bienes y servicios.



- Innovación en mercadotecnia en cuanto al precio,
- Diseño del envasado,
- Canales de Venta
- Potencial del mercado
- Las necesidades del cliente (retroalimentación del cliente)



figura 29. Sistema de gestión de la Innovación.

El propósito de la innovación es crear valor empresarial, ese valor puede tomar muchas formas diferentes, como mejoras incrementales en productos existentes, la creación de productos y servicios completamente nuevos o la reducción de costos, etc. [5]

### CARACTERÍSTICAS de empresas innovadoras exitosas – 1

- Recopilación sistemática de todos los impulsos que podrían conducir a la innovación.
- Creatividad de los empleados
- Capacidad para evaluar la posibilidad de la idea de innovación.
- Buen trabajo en equipo
- Enfoque basado en proyectos y capacidad para gestionar proyectos.
- Cooperación con expertos externos (universidades, laboratorios de investigación...)
- Velocidad y respuesta apropiada para la toma de riesgos.
- Motivación de los empleados (los empleados están dispuestos a mejorar el producto y el funcionamiento de toda la empresa).
- Educación continua de empleados.
- Capacidad para financiar las actividades de innovación.

### Tirones del mercado – Mercadotecnia

Buscar la mejor manera de satisfacer la demanda de un cliente emergente (mejora de los productos existentes, ampliación de la oferta existente o disminución de precio).

### Tirones del mercado – Mercadotecnia...Cont.

Impulsos para innovaciones continuas e incrementales o para innovaciones de procesos (Impulso a la investigación y el desarrollo)

Buscar el uso comercial de nuevos impulsos resultantes de los resultados de I + D

Generación de nuevos mercados para productos conceptualmente diferentes.

La I + D representa solo una de estas actividades y puede tener lugar durante varias etapas del proceso de innovación.

Puede desempeñar no solo el papel de fuente original de las ideas de innovación, sino también el papel de marco de solución de problemas, al que se puede recurrir en cualquier etapa de la implementación. „

OCDE, Manual de Frascati 1992

### Principios de la Gestión de la Innovación



1. Realización de valor



2. Líderes Futuros Enfocados



3. Dirección Estratégica



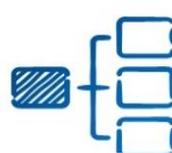
4. Cultura



5. Explotar las percepciones



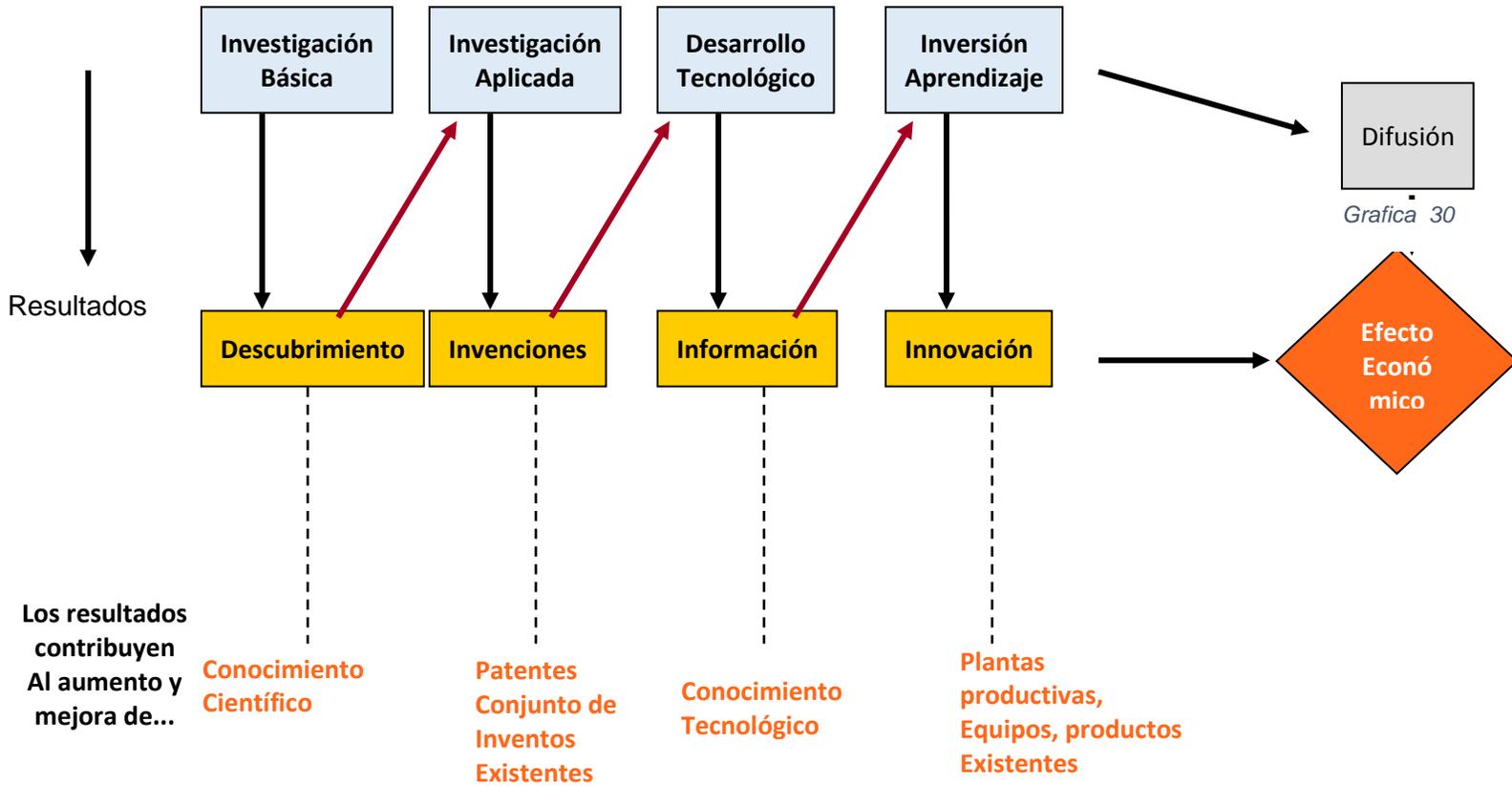
6. Gestionar la incertidumbre



7. Estructuras Adaptables



8. Enfoque a sistemas



“Las innovaciones tecnológicas se definen como nuevos productos y procesos y modificaciones tecnológicas importantes a productos y procesos.

Una innovación se considera realizada si se introduce en el mercado (innovación de producto) o se implementa en el proceso de producción (innovación de proceso).

La innovación incluye muchas actividades de investigación, tecnológicas, organizativas, financieras y comerciales.

Efecto de las innovaciones en los hábitos y comportamientos de los consumidores

### Diferentes tipos de innovación

mayor	Innovación mayor	Innovación radical
Menor	Innovación incremental	Innovación estratégica
	mejor	Destruir

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El sector de los laboratorios independientemente de su tamaño, debería establecer y mantener un presupuesto permanente para generar y propiciar la innovación para aprovechar las oportunidades generadas a partir del desarrollo y de la implementación de nuevas tecnologías y desarrollos tecnológicos en software y hardware, cambios en el mercado, desarrollo de nuevos métodos de medición u optimización de los existentes y nuevas formas de comercialización.

Diseñar un plan de trabajo y ejecutarlo, hacer seguimiento e identificar mejoras y migrar rápidamente hacia un "Laboratorio sin papeles" aprovechando los servicios virtuales en la nube, alianzas, software por demanda, etc.

Realizar vigilancia tecnológica; Identificar las tecnologías, infraestructura o hardware requerido para atender el nuevo requerimiento del mercado y evitar caer en obsolescencia.

- Incluir estrategias para el fortalecimiento de las competencias y de la motivación del personal para propiciar escenarios hacia la innovación (Identificar las competencias actuales y las requeridas).
- Documentar la innovación, centralizar el conocimiento y dar fácil acceso.
- Diseñar, caracterizar e implementar la gestión por procesos

### BIBLIOGRAFÍA

[1] Gestión de la Innovación en Operaciones – Ing. Pedro del Campo (presentación ppt).

[2] Ver Gallo, Ermanno (2007). El misterio tras los inventos. Ediciones Robinbook. p. 275. ISBN 9788496924215. y también Klooster, John W. (2009). Icons of Invention: The Makers of the Modern World from Gutenberg to Gates (en inglés). ABC-CLIO. p. 221. ISBN 9780313347436.

[3] Tobias Müller-Prothmann, Nora Dörr (2009). Innovations management. Strategien, Methoden und Werkzeuge für systematische Innovationsprozesse. ver p. 7. Cita: „Innovation = Idee + Invention + Diffusion" (Innovación = idea + invención + difusión. München: Hanser. ISBN 978-3446417991.

[4] Manual de Oslo - Tercera edición. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación. OCDE - Versión en español TRAGSA.  
<https://www.oei.es/historico/salactsi/oslo3.htm> .

- [5] Innovation Metrics: The Innovation Process and How to Measure It • Page 4An InnovationLabs White Pape.
- [6] Kotler, Philip; Gary Armstrong, John Saunders, Verónica Wong (2002). «Capítulo 1: ¿Qué es Marketing?». Principles of Marketing (3ª edición europea edición). Essex (Inglaterra): Prentice Hall. ISBN 0-273-64662-1.
- [7] NBS Special Publication 335. Innovative Metrology – Key Progres April 8/1971.
- [8] Noise Thermometry. <https://www.nist.gov/programs-projects/noise-thermometry>. NIST.
- [9] The Paperless Lab The Target and Means for Operational Efficiency. Somnath Mukherjee. White Paper October 2014. [www.hcltech.com](http://www.hcltech.com)
- [10]<https://www.paperlesslabacademy.com/>
- [11]Life Science Technologies. Digital Lab Management. The Paperless Lab. Produced by the Science/AAAS Custom Publishing Office. [sciencemag.org/products](http://sciencemag.org/products) SCIENCE.
- [12]Costas Markides, Paul A. Geroski, Racing to be 2nd: Conquering the Industries of the future, Business Strategy Review, Vol 15, Issue 4, winter 2004, p25-31, Blackwell Publishing Ltd. Crafting & Executing Strategy, Thompson, Strickland & Gamble, McGraw Hill
- [13]Automatización para la calibracion de temperatura usando el puente termométrico ASLF700. ASLF700 Nataly Angelica Barahona García Universidad Nacional de Colombia. Facultad Ingeniería, Departamento Ingeniería Eléctrica y Electrónica Bogotá, Colombia 2017.
- [14]Julia Scherschligt, Christina D. Cross, John Quintavalle, Yuanchao Yang, R. Gregory Driver, Katie Schlatter & Douglas A. Olson (2018) Automated Piston Gauge Calibration System, NCSLI Measure, 12:1, 42-45, DOI: 10.1080/19315775.2017.1335587.
- [15]Sojo-Castro, M; Mora-Esquivel, R. Innovaciones organizativas y sus determinantes: Un estudio de casos comparativo. Tecnología en Marcha. Número Especial Movilidad Estudiantil 4. Pág 3-12. DOI: 10.18845/tm.v30i5.3216.
- [16]Presentación Gestión de la Innovación en Operaciones – Ing Pedro del Campo.
- [17]Valqui, Alexis. Metrología 4.0: Desafíos de la transformación digital para la metrología de América Latina y el Caribe. Valqui, Alexis. Casaburi, Gabriel; Suaznabar, Claudia Sep 2019. Inter-American Development Bank – IDB, <https://www.iadb.org/en>.
- [18]<https://www.cenam.mx/m4dt-sim/Home>.
- [19] Paul Bramley. A Practical Johnson Noise Thermometer. Isotech seminar. Sep 2016. Southport, UK.

## VIRTUAL COMMISSIONING

**Claudio Javier Romero Mendoza**  
 Product Manager Colombia

E-mail: [claudio.romero@siemens.com](mailto:claudio.romero@siemens.com)

Nuestros clientes tienen requisitos esenciales en todos los ámbitos de la industria manufacturera.



El enfoque global de Siemens de integrar y digitalizar toda la cadena de valor añadido.

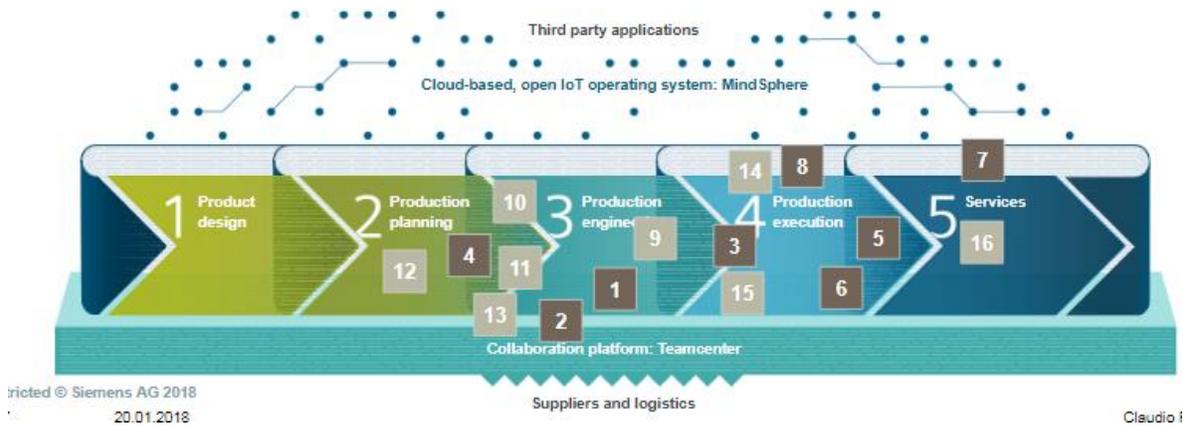


Mediante la creación de un gemelo digital potente.



TIA Digi Use Cases for the Digital Enterprise.

1	Automatic execution of engineering tasks	9	Line integration
2	PLM integration to automation engineering	10	Integrated engineering of kinematics
3	Efficient cloud based engineering	11	Virtual training
4	Virtual commissioning	12	Automation planning
5	Integrated Energy Management	13	Collaborative automation design
6	Machine and plant security	14	Edge computing
7	Data acquisition for Cloud Services	15	RFID-enabled supply chain management
8	Industrial Communication	16	Analysis of drive data



Mejora continua del producto y la producción en el mundo real.

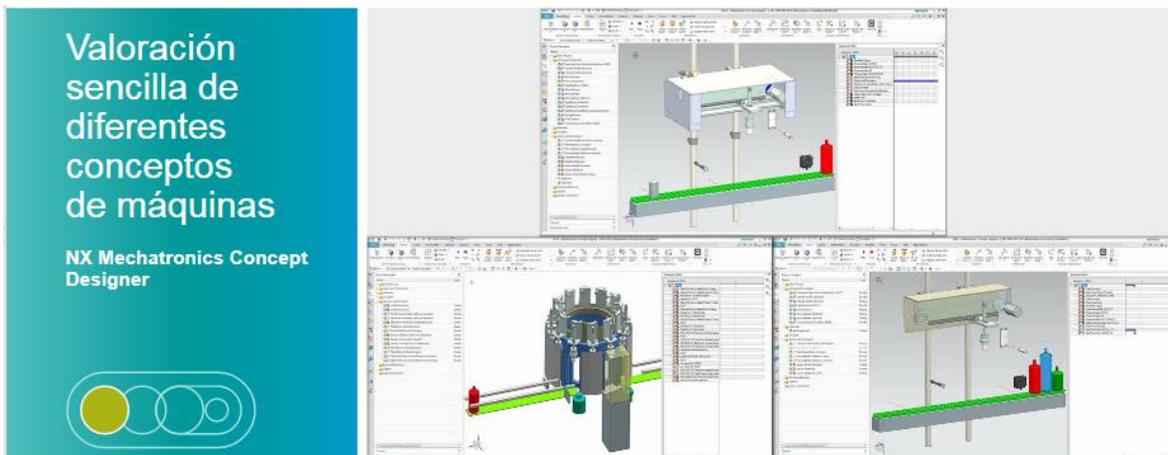


Grafica 31

El único gemelo digital realmente completo.



Gemelo digital del producto: máquina virtual,

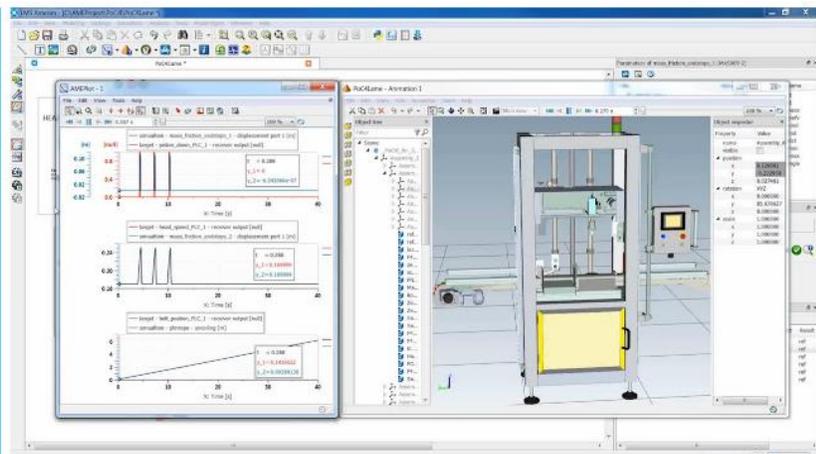


Validación de conceptos de máquinas con simulaciones multifísicas

NX Mechatronics Concept Designer, Simcenter

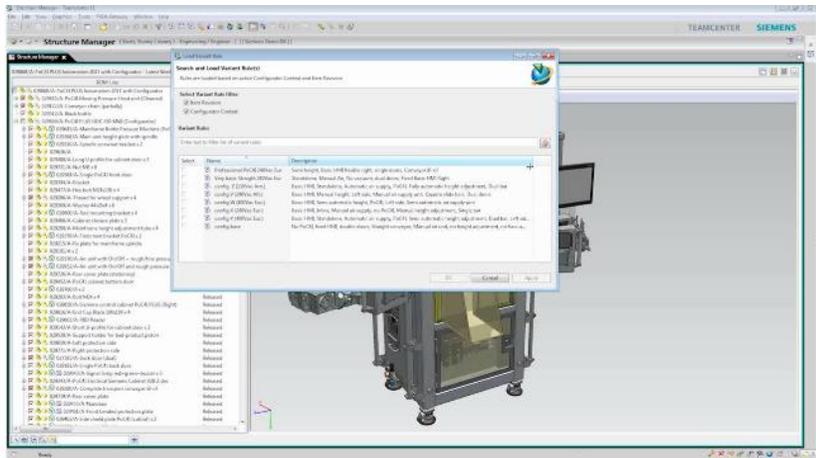


Grafica 32



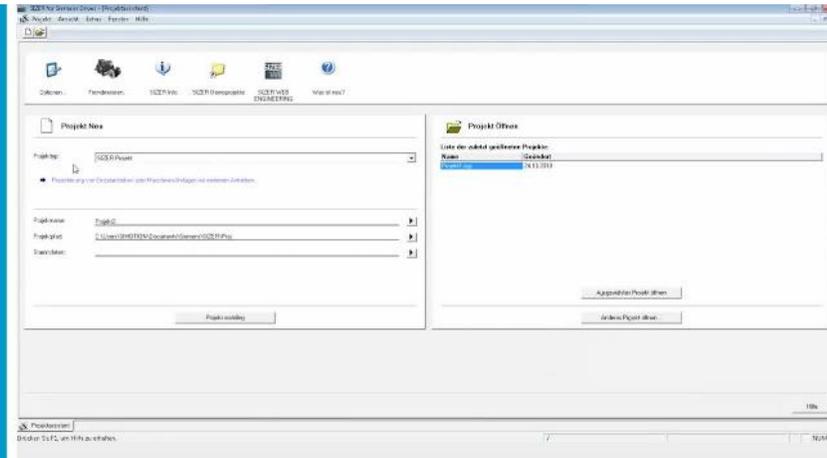
Gestión de todos los datos de planificación y producto en un solo entorno

Teamcenter



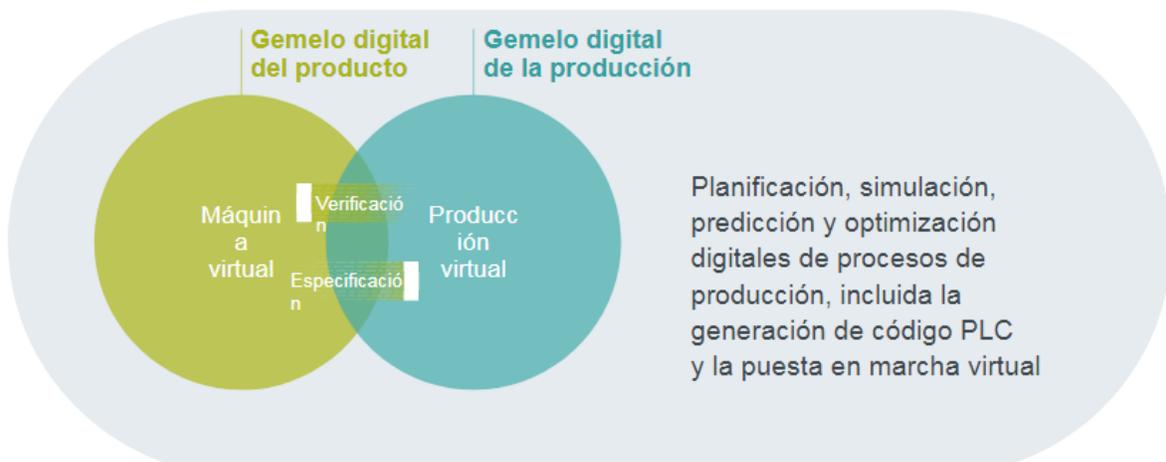
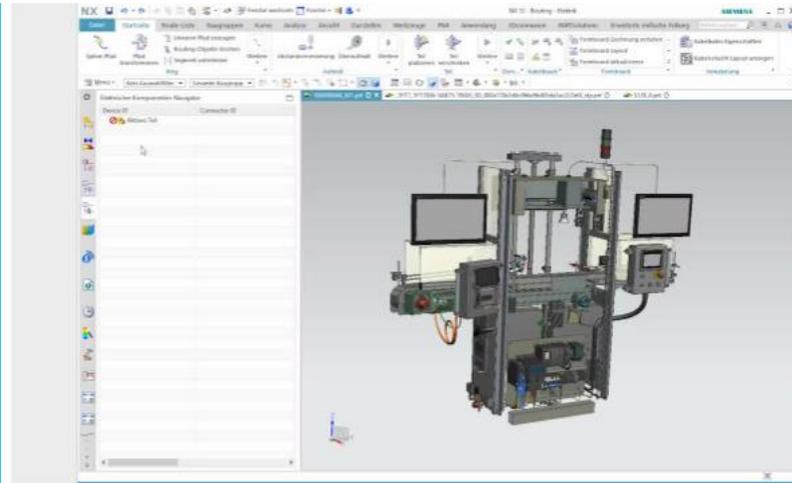
Ingeniería rápida y sencilla de accionamientos

SIZER



Diseño eficiente e integrado de mazos de cables

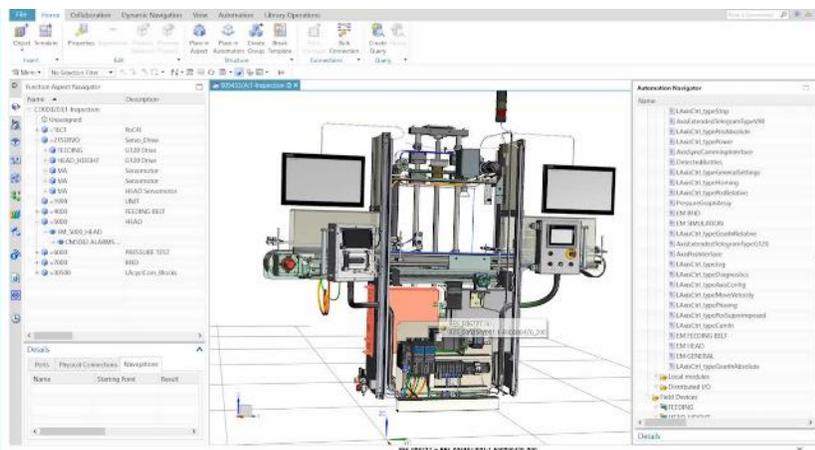
NX Routing, Capital

Gemelo digital de la producción: producción virtual.

Diseño de automatización colaborativo y generación del código PLC

Automation Designer

## Ingeniería y puesta en marcha fáciles y eficientes

TIA Portal con PLC SIM Advanced



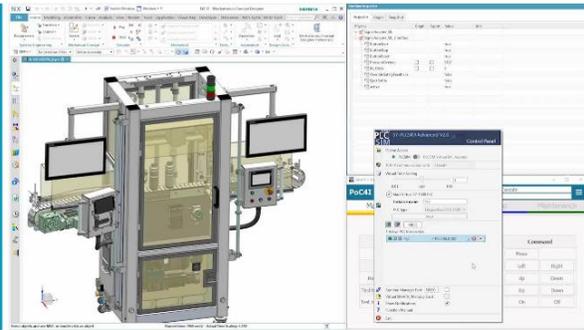
## Programación de funciones cinemáticas en el entorno PLC habitual

SIMATIC S7-1500, TIA Portal

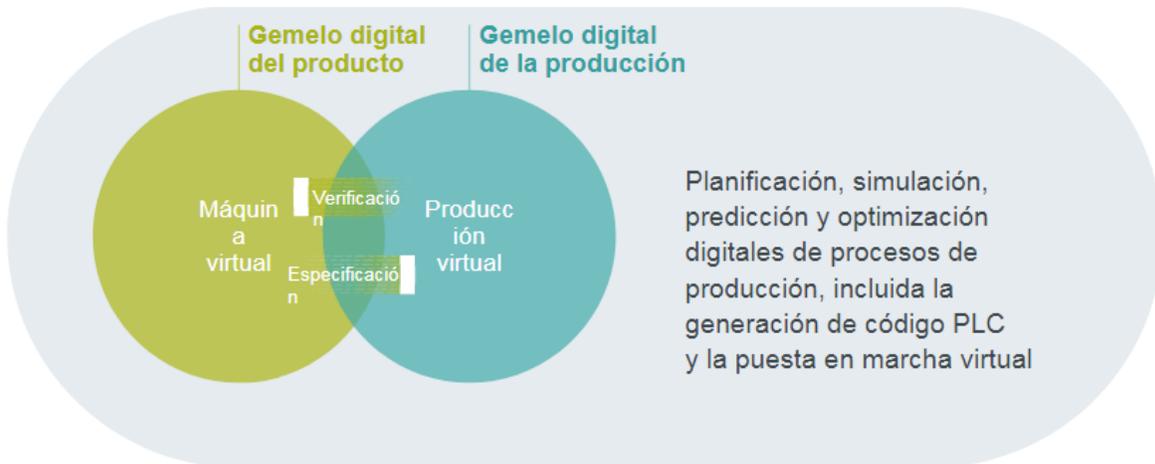


Validación rápida del código de automatización y la máquina en el mundo virtual

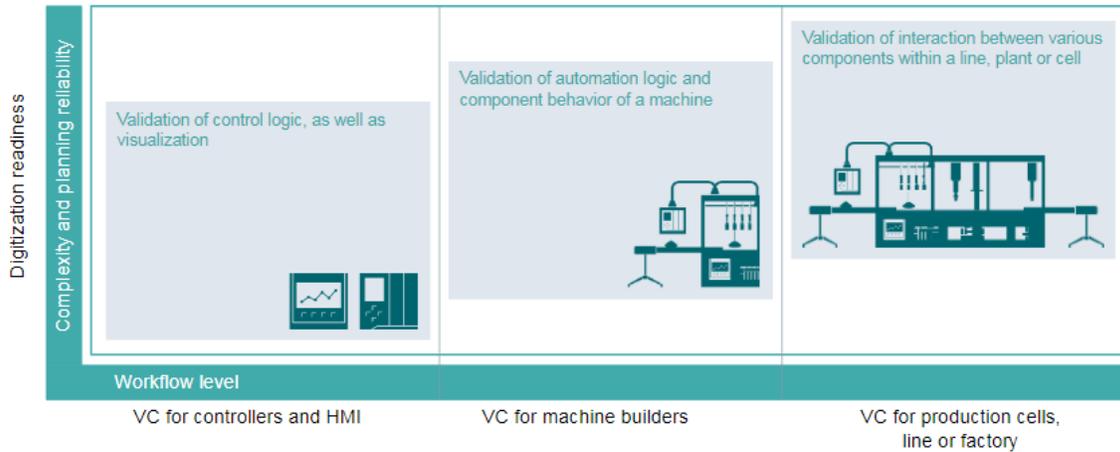
NX Mechatronics Concept Designer, PLC SIM Advanced, TIA Portal, SIMIT



El único gemelo digital realmente completo,



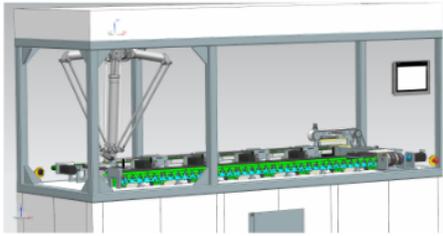
The Siemens portfolio covers application scenarios for virtual commissioning for all analysis stages.



Con “Virtual Commissioning” fabricantes de maquinaria podrán afrontar los retos más complejos en el proceso de comiso amiento,

-  ¿Como podríamos acelerar comisionamiento de maquinas?
-  ¿Que herramienta puede usarse para bajar los riesgos y costos durante el comisionamiento?
-  ¿Como puede evitarse comportamientos de maquina no planeados?
-  Como pueden identificarse fallas mecánicas y de software en una etapa temprana?

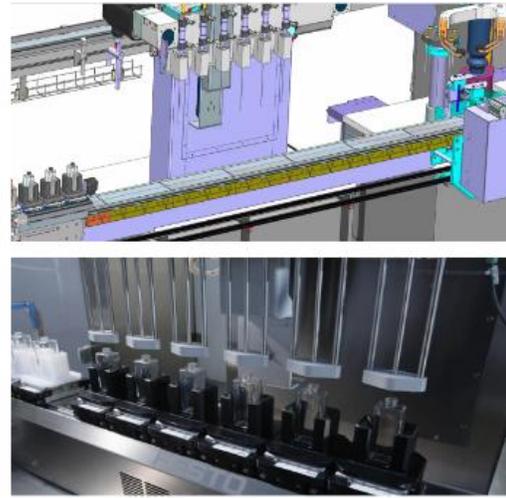
**La forma mas eficiente de acelerar el comisionamiento de maquinas y a la par mejorar la calidad de producción, es usar “virtual commissioning”**



El Gemelo digital de maquina lleva a un comiso amiento más rápido, reducción de riesgos y costos.

### El gemelo digital de una maquina

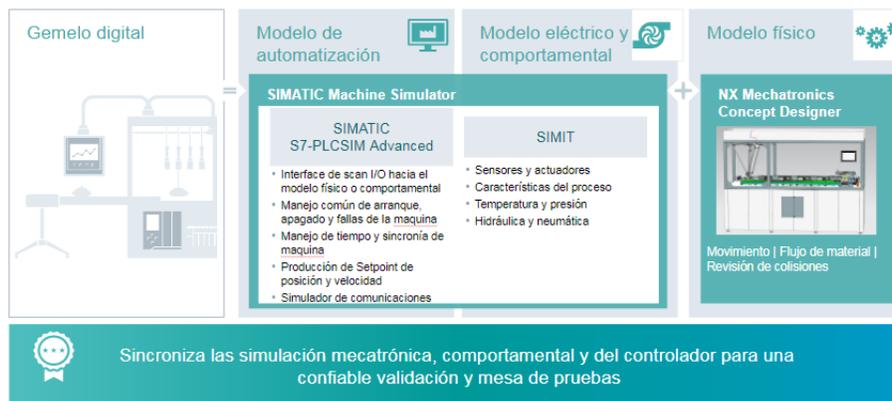
- Es creado **sin tener un prototipo real**
- **Ahorra tiempos y costos** cuando ya se tenga que hacer el comisionamiento real
- Habilita a los fabricantes de maquinaria para diseñar y programar las maquinas desde un sitio comodo cómo por ejemplo "home office"
- Puede ser usada para hacer **pruebas virtuales, optimización de maquinas y entrenamiento de operación**



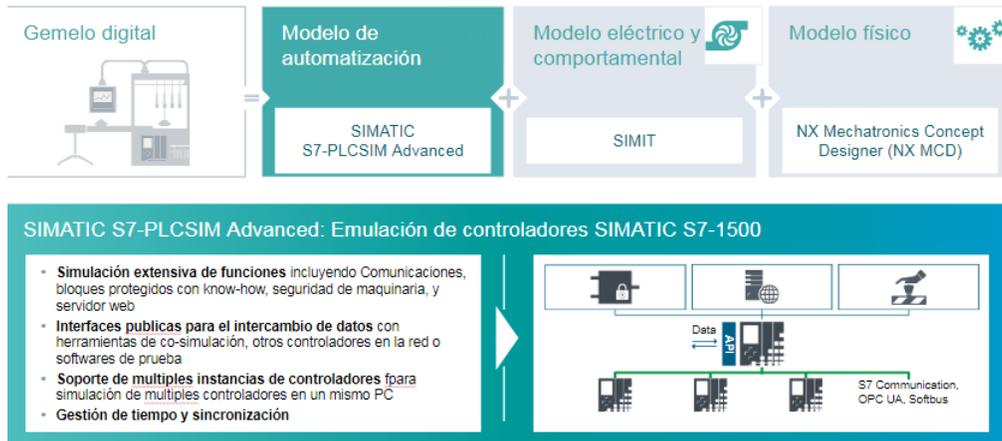
El modelo de máquina virtual es una combinación de diferentes modelos de simulación.



Validación de los conceptos mecánicos, código de controlador, comportamiento físico y modelo de automatización en una misma plataforma.

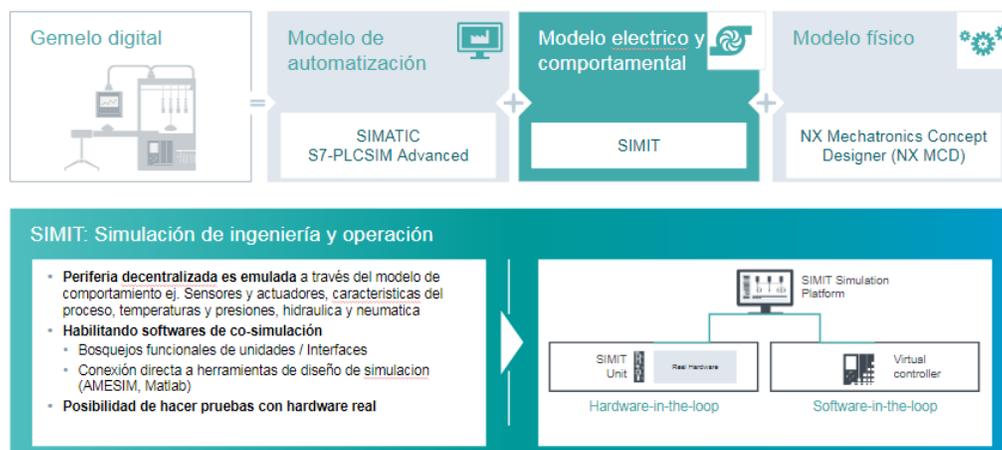


Creando el gemelo digital- Paso 1: Modelo de automatización con Simatic S7- S7-PLCSIM Advanced,

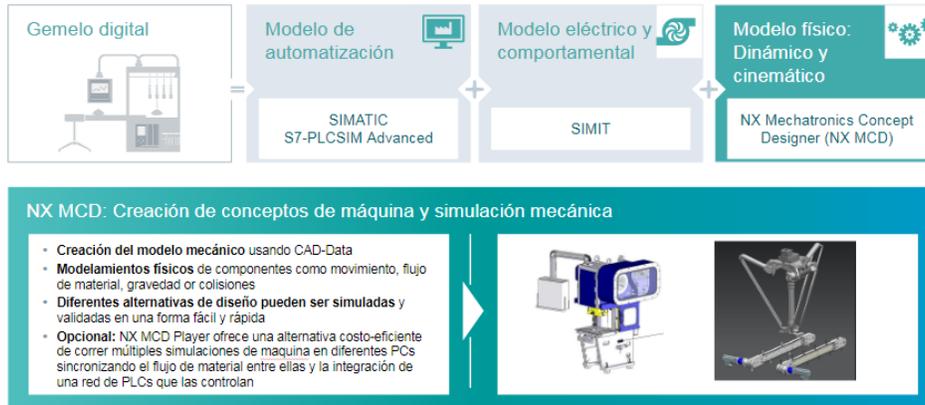


Grafica 33

Creando el gemelo digital – Paso 2: Modelo eléctrico y de patrones de comportamiento con SIMIT



Creando el gemelo digital – Paso 3: Modelo Físico: Dinámico y cinemático con NX MCD,



Digi-Machine y Digital-twin,  
 Modelo virtual a nivel de máquina,



**Digital Twin** de la Digi-Machine

- El modelo virtual incrementa la calidad durante todo el proceso de ingeniería.
- El diseñador mecánico de la maquina puede validar el correcto desempeño mecánico con NX Mechatronix concept design NX MCD.
- Ingeniero de automatización puede validar el código del PLC usando NX MCD y PLCSIM Adv, paso a paso.
- La ingeniería digital está cambiando la colaboración que debe haber entre el ingeniero mecánico, el de automatización y el eléctrico. Todas estas disciplinas pueden trabajar ahora juntas en un mismo modelo virtual de la máquina.

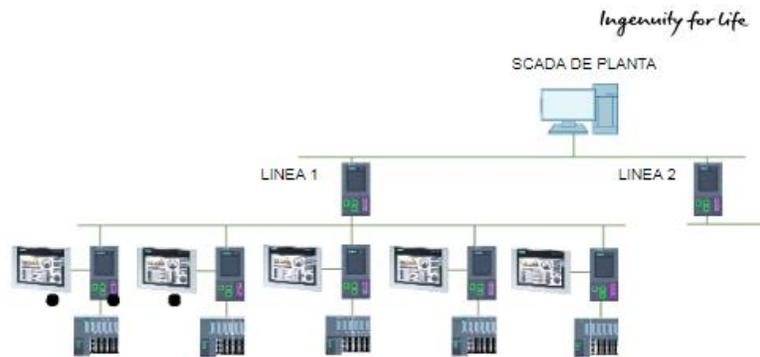
### TEMATIOS MOSTRADOS EN LA ESTACIÓN

- Comisionamiento virtual con NX Mechatronics Concept Designer
- Simulación de PLC con S7 PLCSIM Advanced
- HMI Simulation

Estructura de una Planta de producción

#### Niveles acorde al ISA 95

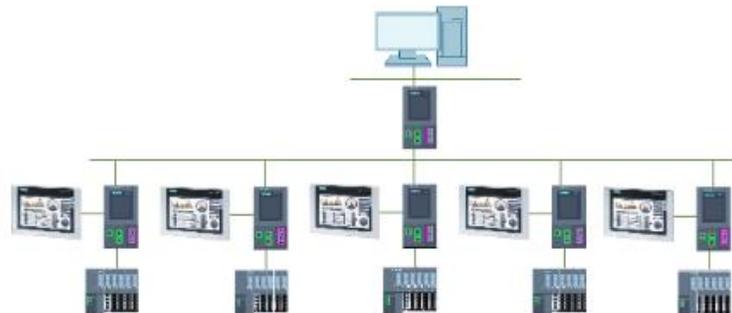
1. Nivel Planta: Integración de todas las líneas de producción.
2. Nivel de línea: Integración de varias máquinas de producción.
3. Nivel de máquina (red de campo): Red donde residen protocolos de alta prioridad a nivel industrial.



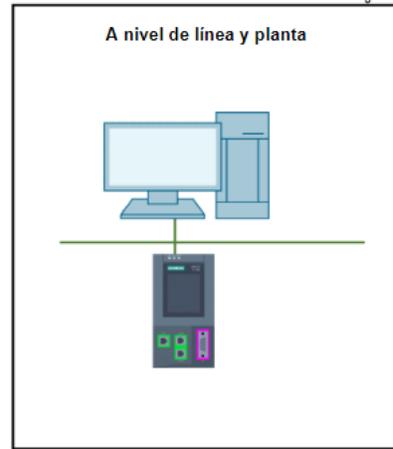
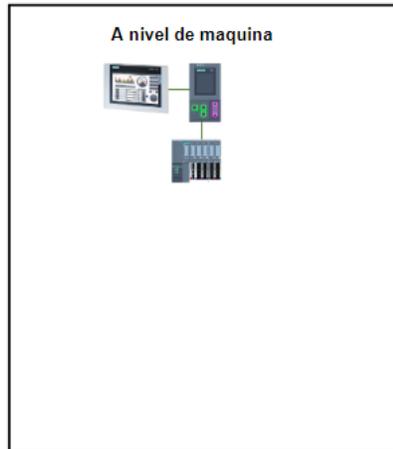
Línea de producción modelada: ensamble de PLC S7-1500

#### Línea compuesta por 5 máquinas

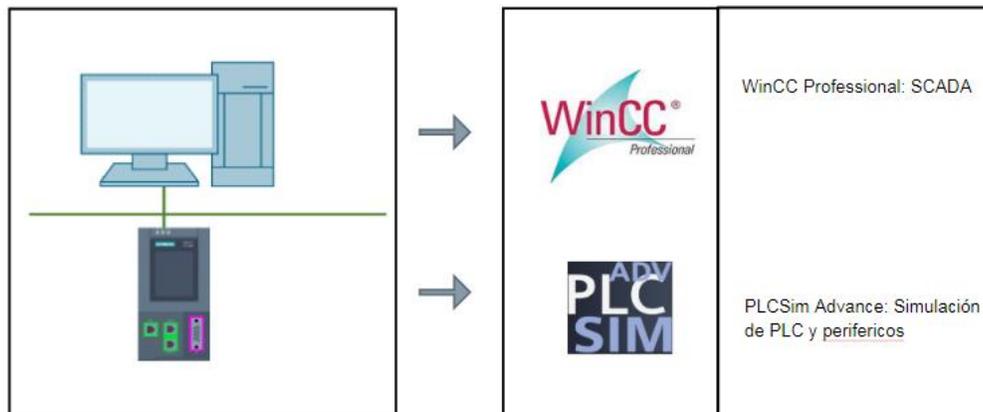
1. Máquina 1: Atornilla de la base del PLC
2. Máquina 2: Robot que une base del PLC con Parte frontal
3. Máquina 3: Prensa que ajusta ambas partes
4. Máquina 4: Impresión lateral sobre carcasa de plástico.
5. Máquina 5: Empaque en caja del PLC



Elementos clave a modelar de forma digital.



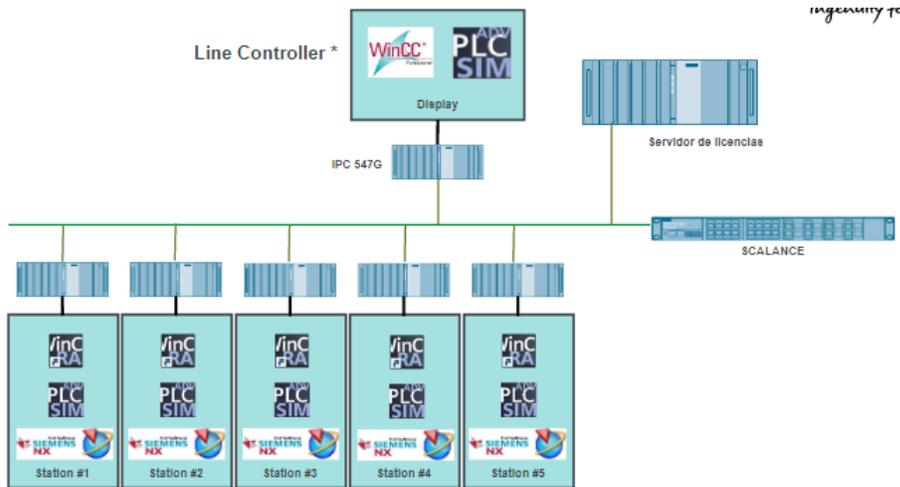
Modelo digital a nivel de Línea



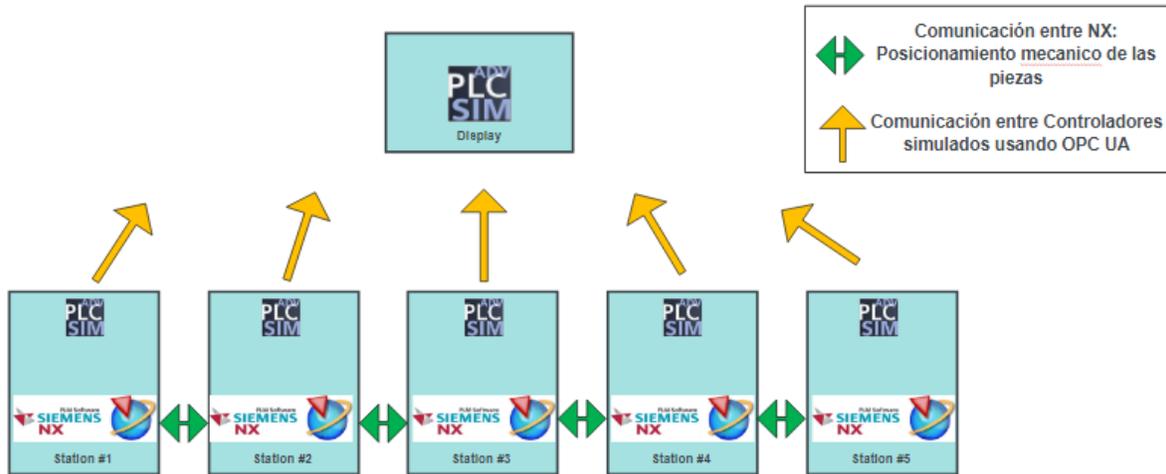
Modelo digital a nivel de máquina,



Resultado final



Flujo de datos: Interfaces de comunicación.



Caso Digital: Integración de línea.

Combinando maquinas individuales en una completa línea sincronizada

Integrando maquinas en una línea se vuelve significativamente fácil con interfaces de datos estándares y modelo de estados.

Gracias a estos ya establecidos estándares, la línea es implementada basada en una premisa validada mundialmente que ayuda a reducir fallas e incrementar la apertura de la solución. OPC UA hace mucho más fácil que antes, implementar interfaces estandarizadas de comunicación.

Cuando las maquinas son sincronizadas usando este concepto, la sincronización entre líneas es también factible. Para esto, todas las maquinas son controladas centralmente aprovechando los fundamentos de ISA 88 por un PLC principal.

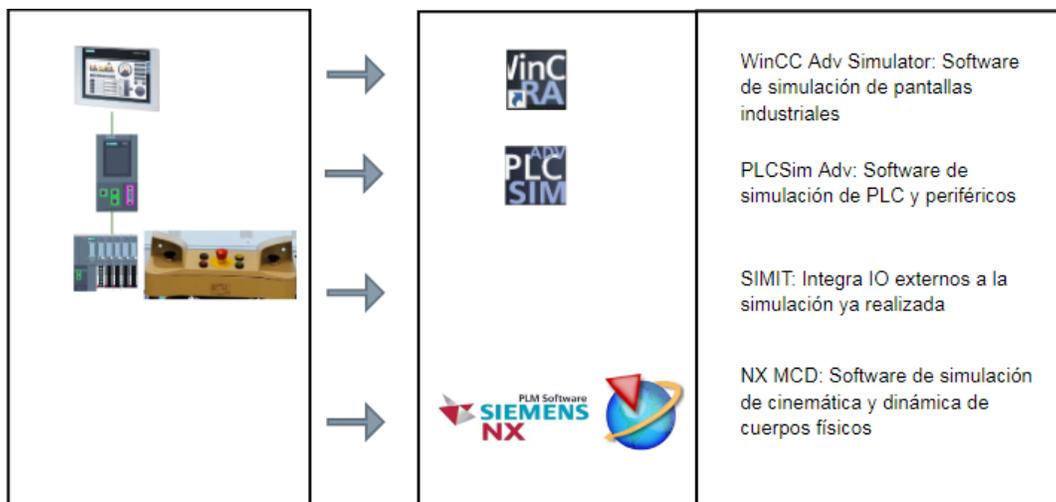
### BENEFICIOS

Integración de líneas completas en tiempo record

Reducción de fallas debido a la implementación de estándares.

Apertura y flexibilidad de interconexión debido a estandarización

Maquina3: Entrenamiento virtual



Virtual training

### ENTRENAMIENTO DE OPERADORES ANTES DE QUE LA MAQUINA EXISTA

El entrenamiento virtual permite entrenar a los clientes finales bajo los entornos más realistas, incluso antes que la planta realmente exista. Esto permite crear planes de entrenamiento de operación para plantas nuevas y/o nuevos operadores con máximo nivel de realismo y eficiencia. Diferentes aproximaciones técnicas, permiten cubrir diferentes escenarios de entrenamiento y requerimientos para capacitar a los operadores rápido. También se puede validar el funcionamiento de dispositivos durante este proceso y así reducir costos en fase de ingeniería.

### BENEFITS

- Mejorar conceptos de operación
- Reducir periodos de entrenamiento
- Reducir costos de errores de operación

GRACIAS



Centro de Electricidad  
**Electrónica y Telecomunicaciones**  
Regional Distrito Capital

