

# Ingeniería, tecnología, automatización: Industria 4.0 y desarrollo



## **Autores:**

Andrés Felipe Rodríguez Hernández - Boza Salas, Felipe - Cano Sáenz, Daniel Alejandro - Carvajal Ahumada, Jorge Andrés - Cerda Díaz, Lidia Leonor - Cubillo Morales, Danier - Diago Rodríguez, Juan Pablo - Escobar Narváez, Nicolás Mauricio - Fierro Motta, Javier Felipe - Gaitán Mesa, Holman Raúl - Gamboa Santiago, Roberto Javier - García González, Mario Oleg - Garzón Álvarez, María Isabel - González Quirós, Rogelio - Jiménez, Jhon Jair - Longas Restrepo, Alexander - Lugo Martínez, Jesús Raúl - Luna Carlosama, Carlos Fernando - Mondelo Villaseñor, Mónica - Montano Hernández, Julio - Montoya Suárez, Lina María Mosquera Bolaños, Julio Andrés - Muñoz Ochoa, Mario F - Ordoñez Urbano, Carlos Felipe - Ortega Fernández, Yamileth - Quintana Conde, Jesús David - Reyes Gamboa, Adriana Xiomara - Ruiz Zemanate, Jeison Sneider - Sepúlveda Mejía, Diego León - Serrato Ramírez, Brayan Alexis - Soto Durán, Darío Enrique - Tandioy Fernández, Alfaro - Vargas Cañas, Rubiel - Vargas Elizondo, Celso - Vásquez Echavarría, Gladis Helena - Vidal Ararat, Pablo Alexander.

ISBN: 978-958-52097-9-4

Primera Edición

Editado en Colombia. ©

Sello editorial: Centro Internacional de Marketing  
Territorial para la Educación y el Desarrollo





V Congreso Internacional sobre Ingeniería, Tecnología y  
Automatización CIITA2019

Temática: Industria 4.0 y Desarrollo Tecnológico  
2, 3 y 4 de Diciembre de 2019, Medellín, Colombia.

Organizado por:



Corporación Centro Internacional de Marketing Territorial para la  
Educación y el Desarrollo – CIMTED-  
“Facilitamos el desarrollo de América Latina desde lo local”

## Página Legal

**Título de la obra:** Ingeniería, tecnología, automatización: Industria 4.0 y desarrollo

**ISBN:** 978-958-52097-9-4

**Sello editorial:** Corporación Centro Internacional de Marketing Territorial para la Educación y el Desarrollo

**Tipo de contenido:** Libros universitarios.

**Materia:** Investigación

**Clasificación THEMA:** Ingeniería: generalidades

**Público objetivo:** Enseñanza universitaria o superior

**Colección:** CIITA

**Tipo de soporte:** Digital descargable

**Formato:** Pdf/A (.pdf)

**Tipo de contenido:** Texto (legible a simple vista)



## **Autores:**

Andres Felipe Rodríguez Hernández - Boza Salas, Felipe - Cano Sáenz,  
Daniel Alejandro - Carvajal Ahumada, Jorge Andrés - Cerda Díaz, Lidia Leonor -  
Cubillo Morales, Danier - Diago Rodríguez, Juan Pablo - Escobar Narváez,  
Nicolás Mauricio - Fierro Motta, Javier Felipe - Gaitán Mesa, Holman Raúl -  
Gamboa Santiago, Roberto Javier - García González, Mario Oleg - Garzón  
Álvarez, María Isabel - González Quirós, Rogelio - Jiménez, Jhon Jair  
Longas Restrepo, Alexander - Lugo Martínez, Jesús Raúl - Luna Carlosama,  
Carlos Fernando - Mondelo Villaseñor, Mónica - Montano Hernández, Julio -  
Montoya Suárez, Lina María - Mosquera Bolaños, Julio Andrés - Muñoz Ochoa,  
Mario E - Ordoñez Urbano, Carlos Felipe - Ortegón Fernández, Yamileth -  
Quintana Conde, Jesús David - Reyes Gamboa, Adriana Xiomara - Ruiz  
Zemanate, Jeison Sneider - Sepúlveda Mejía, Diego León - Serrato Ramírez,  
Brayan Alexis - Soto Durán, Darío Enrique - Tandioy Fernández, Alfaro - Vargas  
Cañas, Rubiel - Vargas Elizondo, Celso - Vásquez Echavarría, Gladis Helena -  
Vidal Ararat, Pablo Alexander

## Organizador:

El Centro Internacional de Marketing Territorial para la Educación y el Desarrollo - CIMTED- es una corporación sin ánimo de lucro, fundada en el 2004 con el objeto social llevar a la práctica resultados de investigación aplicada que beneficien a las actividades de emprendedores y grupos organizados en forma solidaria y cooperativa. Para ello ha fortalecido en su objeto social las siguientes competencias:

**Forma** formadores del sector servicios, en el área del talento humano en ambientes “b-learning” en competencias laborales.

**Promociona** el desempeño laboral a través de la evaluación y certificación de competencias con base a estándares internacionales.

**Asesora y acompaña** para el empoderamiento empresarial de aplicaciones del Enfoque Basado en Competencias (EBC).

**Genera** sinergias en grupos emprendedores, que les permita mejorar su calidad de vida para servir mejor.

La Corporación CIMTED también y dentro de su objeto social, **realiza** actividades de inclusión social por medio de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (e-inclusion), que procesadas y adaptadas por nuestros grupos inter disciplinares, son innovadas abiertamente como tecnologías apropiadas que faciliten el acercamiento al desarrollo a las poblaciones de zonas limitadas a su acceso, bien sea de la “provincia profunda”, o de zonas rurales, o de sectores ciudadanos populares y que, por medios convencionales, nunca llegarían a esta oportunidad de adquisición de saberes específicos.

Más información [www.cimted.org](http://www.cimted.org)

## Comité Académico Internacional

- Phd. Sergio Tobón Tobón, CIFE (México)
- Mg. Roger Alberto Loaiza Álvarez, Corporación CIMTED (Colombia)
- Phd. Andrés de Andrés Mosquera, EAE Business School (España)
- Dr. Alejandro Valencia Arias, Universidad Nacional de Colombia (Colombia)
- Phd. Álvaro Hernán Galvis Panqueva, Universidad de Los Andes (Colombia)
- Phd. Alex William Slater Morales, Universidad Tecnológica de Chile INACAP (Chile)
- Phd. Reynier Israel Ramírez Molina (Colombia)
- Phd. Vivian Aurelia Minnaard, UFASTA (Argentina)
- Phd. Martín Gabriel De Los Heros Rondenil, FLACSO (México)
- Phd. Javier Darío Canabal Guzmán, Universidad del Sinú (Colombia)
- Phd. Francisco Javier Maldonado Virgen, Universidad de Guadalajara (México)
- Dra. Carolina Soto Carrión, Universidad Tecnológica de los Andes (Perú)
- Phd. Helmer Muñoz Hernández, Universidad del Sinú, (Colombia)
- Dr. Francisco Jaime Arroyo Rodríguez, Ins Tecnológico Superior de Huichapan (México)
- Phd. María Lorena Serna Antelo, ITSON (México)
- Phd. Judith Francisco Pérez, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado UCLA (Venezuela)

Para conocer mas información sobre el comité académico y científico de la Corporación CIMTED, recuerde visitarnos en el siguiente link: [//cimted.org/comite-academico-cimted/](http://cimted.org/comite-academico-cimted/)

## Comité Organizador:

Director General: Roger Loaiza Álvarez.

Juliana Escobar: Secretaría Académica.

Natalia Loaiza C: Comunicaciones.

Beatriz Correa: Reservas.

Daniel Loaiza C: Director Logístico y Administrativo.

## Tabla de contenido

Página Legal .....	3
Autores: .....	4
Organizador:.....	5
Comité Académico Internacional.....	5
Comité Organizador: .....	6
Presentación .....	9
Objetivo: .....	10
Objetivos específicos: .....	10
Metodología.....	10
Dirigido a:.....	11
Temáticas.....	12
Eje Temático 1: Ingeniería.....	12
Eje Temático 2: Tecnología .....	12
Eje Temático 3: Inteligencia artificial, robótica y automatización .....	12
Eje Temático 4: Industria 4.0.....	13
Eje Temático 5: Tecnologías emergentes.....	13
Eje Temático 6: Nuevos enfoques en la educación y la formación: Los nuevos escenarios educativos.....	13
Eje Temático 7: Experiencias significativas .....	14
Agenda académica.....	15
Foro 1. Nuevos enfoques en la educación y la formación: Los nuevos escenarios educativos .....	21
Formación docente y TIC.....	22
Estrategias Didácticas diseñadas a partir de Estilos de Aprendizaje e Inteligencias Múltiples para el Pensamiento Aleatorio.....	39
Tpack Modelo Estratégico para la Educación del Alumno del Siglo XXI .....	55
Foro 2. Nuevos Escenarios de la Educación y experiencias en Ingeniería .....	68
Construcción colaborativa de conocimiento a partir del uso de una herramienta sincrónica de representación diagramática en ambientes virtuales de aprendizaje. Caso: Programas de Ciencias Sociales y Humanas.....	70
Marco de Trabajo de Lecciones Aprendidas en el Contexto de los Proyectos TI.....	73
Proyectos TI:.....	76
Marco de Trabajo: .....	76

Uso de subproductos provenientes de la construcción de plástico reciclado en la fabricación de paneles no estructurales.....	92
<b>Foro 3. Inteligencia artificial, robótica y automatización.....</b>	<b>109</b>
Realidad virtual, una alternativa para el entrenamiento de personal en construcción de dispositivos médicos .....	110
Ethical dimension of technology in the context of the fourth Industrial Revolution .....	122
Sistema De Gestión De Energía Eléctrica Para El Sector Residencial A Través De Una Aplicación Móvil.....	143
<b>Foro 5: Experiencias significativas en la industria y aplicaciones de las TIC para un mejor vivir .....</b>	<b>156</b>
Diagnóstico de las Condiciones de Seguridad Asociadas a la Operación de Calderas Piro-tubulares en Empresas Ubicadas en los Valles de San Nicolás y de Aburrá.....	157
Metodología para Optimizar el proceso de producción panelero: caso de estudio (Santa María Huila). .....	170
La Administración de Sistemas Informáticos: La formación para los futuros CIO's de las organizaciones.....	184
<b>Foro 6: Avances de la industria 4.0 y aplicaciones de Inteligencia Artificial ...</b>	<b>192</b>
Implementación de un sistema computacional para la Identificación de especies maderables empleando Aprendizaje Automático .....	193
Un caso de aplicación: aprendizaje virtual aplicado a las matemáticas básicas.....	207



## Presentación

El vertiginoso desarrollo del conocimiento ha llevado al hombre a desagregarlo a través de la ingeniería, (como resultado de la integración de las artes y la técnica), de la ciencia y de la tecnología. Cada campo del conocimiento se ramifica en especializaciones, lo cual ha permitido que evolucionen nuevas y muchas profesiones en el mundo. El fenómeno de la globalización es un hecho que no se puede negar; como contexto general se impone en todos los ámbitos de la sociedad, y el educativo no es la excepción. Por tanto, nuestro propósito es que el uso de las nuevas tecnologías, dinamicen la prospectiva en la educación para cerrar más la brecha tecnológica que nos separa de los países desarrollados, y por tanto mejorar la eficiencia y la productividad de las organizaciones, bien sea de servicios como educativas.

A partir de la innovación abierta de la sociedad de la información el “continuum tecnológico” se tornó irreversible y aceleró el trámite de saberes. Solo supervivirán las profesiones que son creativas porque se independizarán de la empleomanía. “La transformación digital tendrá mayores consecuencias que las que tuvo la revolución industrial” (Del Castillo, P. 2016), y como lo reafirma el economista y matemático César Molinas: “Todos los trabajos que no requieran creatividad van a desaparecer”. También otros expertos afirman que “sólo la Educación 4.0 podrá fomentar el Talento 4.0 que necesita la Industria 4.0”. Por tanto, se hace necesario trascender los actuales modelos pedagógicos a una determinada aplicación tecnológica en los nuevos ambientes de aprendizaje; esto implica dar un salto (con las nuevas opciones de movilidad y conectividad), desde la sociedad de la información a la del conocimiento con la mediación de las tecnologías aplicadas dentro del aula de clase y fuera de ella (educación 4.0).

Por lo anterior es necesario disponer de un espacio propicio para conocer más sobre la forma para aprender y educar en ambientes soportados por las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, como también para formar con eficiencia a los futuros profesionales, líderes, dinamizadores, facilitadores, expertos, funcionarios emprendedores etc., con competencia para asumir los roles propios que exige la sociedad de la información y el desarrollo sostenible de América Latina.

El CIITA 2019, es un punto de encuentro multidisciplinar, al convocar en un sólo evento tres disciplinas, la ingeniería, la tecnología y la síntesis de estas, la automatización. La **cita con el CIITA** será del 2, al 4 de Diciembre de 2019 en el Hotel Park10 Medellín, Colombia, ¡Sean bienvenidos!

Roger Loaiza Álvarez  
Director General del CIITA 2019

## Objetivo:

**Socializar:** experiencias y buenas prácticas técnico-científicas, así como enfoques y aplicabilidad de resultados de investigación, que permita a los asistentes mejorar los procesos claves en la gestión del conocimiento, mediante la innovación y uso mediado de las nuevas tecnologías de la comunicación y la información.

## Objetivos específicos:

**Conocer** el estado del arte de la ciencia y la ingeniería y tecnología, en América Latina mediante la presentación y escucha de experiencias exitosas.

**Divulgar** diferentes experiencias de aplicaciones tecnológicas mediante la acción instrumental de la automatización industrial, así como la pedagogía del trabajo desde una perspectiva humana y ambiental.

**Disertar** sobre los diferentes enfoques y modelos para la formación, el aprendizaje, la innovación y la empleabilidad del talento humano, que referencien la articulación educación-empleo, dentro de un contexto de movilidad y trabajo globalizado.

**Recopilar y sistematizar** el conocimiento adquirido a través de publicaciones por medios electrónicos, teniendo como referencia normas apropiadas, para su divulgación abierta y gratuita.

## Metodología

El Congreso tiene una metodología investigativa fundamentada en:

1. Sistematizar una experiencia o realizar un artículo de revisión o reflexión en torno a alguna de las temáticas del Congreso.
2. Preparar y presentar un artículo académico al congreso.
3. Presentar experiencias o reflexiones sobre la gestión del conocimiento en alguna de las modalidades de participación.
4. Después del congreso, y en manera opcional, hacer los ajustes necesarios para la publicación del artículo o aporte presentado.
5. Establecer alianzas con personas de otras instituciones para fortalecer las experiencias actuales o generar nuevos proyectos.

El CIITA en lo **ACADEMICO** asume el enfoque critico-constructivo para hacer más enriquecedor el intercambio de información, el discurso y el dialogo científico a través de ejes temáticos especializados en forma permanente en ambientes colaborativos.

Durante el evento la metodología es experiencial, a través de la comunicación de resultados, mediante ejes temáticos y la presentación de informes de avance en líneas de investigación o semilleros, mediante carteles para promover su trabajo investigativo.

Se promueve la vinculación de la universidad, en especial de sus centro de investigación y laboratorios, con el sector **INDUSTRIAL**, mediante resultados de investigación aplicada

y desarrollo experimental, con base en aprendizaje basado en proyectos (ABP) que reflejen experiencias exitosas en la relación academia-industria.

**Nota: también pueden asistir personas sin presentación de trabajos.**

### **Dirigido a:**

- Coordinadores de centros de tecnología o de desarrollo tecnológico, incubadoras de empresa o de gestión tecnológica.
- Decanos, directivos académicos y administrativos y profesores de ingeniería
- Jefes de mantenimiento y de planeación
- Técnicos, tecnólogos e ingenieros de instrumentación industrial y de control automático
- Directores o coordinadores de investigación o tecnología, jefes de proyectos.
- Grupos de investigación, semilleros de investigación y emprendedores.
- Asesores y profesionales que trabajen en el área de la gestión del conocimiento, jefes de centros de información o documentación, en diferentes organizaciones.
- Facilitadores y dinamizadores de proyectos, expertos en diseño curricular y evaluación del aprendizaje.
- Funcionarios, delegados o responsables con la evaluación del desempeño en diferentes organizaciones.
- Ejecutivos del talento humano de las empresas.
- Coordinadores de los departamentos o secciones de capacitación y entrenamiento de personal en empresas u organizaciones.
- Facilitadores y dinamizadores de proyectos de inclusión social.
- Consultores y diseñadores de contenidos de carreras de ingeniería y programas tecnológicos
- Proveedores de servicios y tecnologías para la producción industrial y de laboratorios
- Consultores y asesores en ingeniería de fábricas y sistemas de automatización industrial
- Estudiantes de pregrado de diversas áreas relacionadas la temática del congreso como ciencias humanas, ingeniería en general, ciencias computacionales, de emprendimiento, etc.

## Temáticas

### Eje Temático 1: Ingeniería

La ingeniería entendida como “el arte y la técnica de aplicar los conocimientos científicos a la invención, diseño, perfeccionamiento y manejo de nuevos procedimientos en la industria y otros campos de aplicación científicos”. El tema por tanto es diverso y bastante amplio, pero queremos centrarlo desde el punto de vista de la innovación en las disciplinas ingenieriles que están impactando en la sociedad del conocimiento. El saber científico integra la ciencia con la sabiduría práctica para que, a través del ingenio, el hombre demuestre el porqué del cómo se hacen las cosas con ética, prudencia y responsabilidad con el ambiente y con él mismo. Este tema lo dejamos abierto, pues nos permitirá determinar tendencias de la ingeniería como generadora del desarrollo, en particular en América latina.

### Eje Temático 2: Tecnología

La tecnología, como una ciencia aplicada, es la instrumentalización de técnicas y métodos que facilitan la aplicación práctica del conocimiento generado por la ciencia y la ingeniería. La tecnología hace que la emancipación del hombre, aristotélico, sea “de pie, erguido y triunfante sobre el universo”. Las tecnologías de punta son una versión avanzada de las técnicas y tecnologías “primitivas” de la sociedad de la información, que facilitan la supervivencia de generaciones anteriores a la “generación Z”, en la sociedad del conocimiento. En este eje temático hemos seleccionado las tecnologías de punta que, al ser fusionadas con el ámbito laboral y la formación de ingenieros y profesionistas afines, generan nuevas profesiones para el medio de desempeño laboral, de confort y con rostro humano.

### Eje Temático 3: Inteligencia artificial, robótica y automatización

La técnica que permitió la primera revolución industrial llegó a mayores y hoy se llama tecnología. En la edad de la información todo gira alrededor la tecnología y ocupa espacios de la ciencia. Las profesiones se “ingenierizan”, como las que se relacionan con lo ambiental, se “matematizan”, como la mayoría de las profesiones que no podrían tener un buen desempeño si no es por el uso de los ordenadores o los móviles inteligentes. Hoy el espacio y el tiempo son variables ineludibles que determinan la supervivencia de las especies, entre ellas la del hombre, pero que relativizan la calidad de vida, la economía, la geopolítica, el acceso la información y la libertad. No obstante, la automatización es un medio facilitador de la innovación, como extensión de la acción instrumental del ser humano en la búsqueda de soluciones efectivas y eficientes para los procesos de producción en armonía con la naturaleza. El medio para llegar a la industria4.0 es la automatización y con ella la conectividad que facilita la telemetría de las “cosas”, para trascender espacio y tiempo. La domótica, inmótica, la agrónica y la integración de estas, la agro domótica (R. Loaiza. 2019) están avizorando una opción de convivencia de la ciencia, la ingeniería y la tecnología con la naturaleza.

### **Eje Temático 4: Industria 4.0**

Con este eje temático estamos invitando a todos los amantes de la ingeniería, la tecnología y la automatización ingresar a esta nueva tendencia, con aportes académicos, que desde 2010 se está implementado en los países desarrollados tecnológicamente.

La industria de producción y manufactura vive sus mejores momentos gracias a la convergencia de la ciencia, la técnica, la tecnología y las TICs. Han pasado tres revoluciones industriales y ya estamos iniciando la cuarta denominada la Industria 4.0, la cual está liberando a las personas de tener que competir con máquinas en las actividades y tareas repetitivas. La industria 4.0 está trascendiendo, por medio de la internet de las cosas (IoT), a la ingeniería y tecnología del servicio y estas, a la vivienda con la inmótica y la domótica. Esto facilita un mayor confort a los habitantes de la sociedad que según Alvin Toffler agiliza el trámite de conocimientos y servicios desde la tecnosfera. En otras palabras, gracias a la automatización y a las TIC la Industria 4.0 se está innovando, pues con las redes de comunicación de generación 5.0 se permite interconectar las unidades de producción, crear redes de producción por medios digitales, utilizando en manera eficiente los recursos necesarios para el acceso de clientes y usuarios en menor tiempo.

La industria 4.0 “supone un nuevo hito en el desarrollo industrial aspirando a la digitalización de los procesos productivos aumentando su eficiencia, calidad y seguridad”.

### **Eje Temático 5: Tecnologías emergentes**

El sector energético ha logrado notables alcances, hasta donde los intereses económicos lo permiten, como son las fuentes alternas de energía, necesarias para aminorar la gradual escasez de las fuentes no renovables que aseguren la continuidad de desarrollo tecnológico de la sociedad. Los nuevos recursos energéticos hacen económico el uso de los servicios domiciliarios, democratiza y garantiza su uso eficiente y adecuado. Con este eje temático, se pretende que el perfil de los aportes se base en la “identidad terrenal” (E. Morin, 1999), que considera el planeta tierra como nuestra ÚLTIMA patria.

### **Eje Temático 6: Nuevos enfoques en la educación y la formación: Los nuevos escenarios educativos**

Un nuevo reto involucra a los líderes del talento humano para que asuman a las Nuevas Tecnologías de la Comunicación (NTICs) como medio de creatividad e innovación. Cuando las economías de la mayoría de los países se abren a la competitividad mundial y más si hoy los puestos de trabajo se pueden trasladar fácilmente en forma ubicua (teletrabajo y telepresencia), es fácil afirmar que los países pueden sostener su crecimiento solamente a base de creatividad e innovación. Por ello consideramos que las sincronías del avance de las NTICs con la gestión del talento humano son dinamizadoras del desarrollo tecnológico mundial. La tendencia es que las organizaciones productivas con los nuevos enfoques de la educación, en especial el basado en las competencias, prefieran formar en universidades corporativas propias al talento humano, como “una parte de su inversión estratégica al igual

que las plantas y el equipo, y la ubican como un componente vital en la construcción de la competitividad”. Igualmente, que las universidades para competir con la anterior fortalezcan los métodos de formación híbrida, como la formación bimodal o mixta, que incluyan herramientas digitales para vincular a los estudiantes con los objetivos de aprendizajes. Por lo anterior el presente eje temático pretende con los aportes presentados, socializar la tendencia de la educación, la formación y la capacitación del talento humano y de los nuevos profesionales de la ingeniería y la tecnología, que van a ocupar los puestos de trabajo, (nuevos muchos de ellos) y el emprendurismo en los siguientes años en América latina.

### **Eje Temático 7: Experiencias significativas**

Tema abierto: Se aceptarán informes de avance relacionados con el enfoque del evento, como resultados de investigación, Experiencias en la industria. Actividad técnico-científica de semilleros de investigación o de grupos de interés. Trabajo colaborativo etc. También se pueden presentar mediante la modalidad de carteles.

## Agenda académica



**V Congreso Internacional sobre Ingeniería, Tecnología y Automatización CIITA2019**  
**Temática: Industria 4.0 y Desarrollo Tecnológico**  
**2, 3 y 4 de Diciembre de 2019, Medellín, Colombia**

**ESTE PROGRAMA ACADÉMICO ESTA SUJETO A CAMBIOS DE ÚLTIMA HORA.**

**NOTA:** para obtener su certificado de asistencia debe participar en el **80%** del evento, de lo contrario no se hará entrega de este

**Lunes 2 de Diciembre de 2019**

HORA	EVENTO
13:00 – 14:00	<b>REGISTRO ACADÉMICO Y ENTREGA DE MATERIALES</b> Lugar: Lobby centro de convenciones, Hotel Park 10, Medellín, Colombia
14:00 – 14:30	<b>Cra. 36b #1112, Medellín, Medellín, Sector Poblado</b> <b>Acto de inauguración</b> A cargo del Magister Roger Loaiza Álvarez Director general del CIITA2019
14:30 – 15:30	<b>Conferencia Invitada</b> <b>Industrias 4.0 más allá de la Tecnología son las Personas</b> Julio Albeiro Londoño Patiño Magister en Gestión de Innovación Tecnológica Servicio Nacional de Aprendizaje SENA Colombia
15:30 – 16:00	<b>RECESO</b>
16:00 – 18:00	<b>Foro 1. Nuevos enfoques en la educación y la formación: Los nuevos escenarios educativos</b>
<b>AUTORES</b>	<b>PONENCIA - INSTITUCIÓN</b>
Lidia Leonor Cerda Díaz	<b>Formación docente y TIC</b> Universidad Católica Del Maule Chile
Yamileth Ortigón Fernández	<b>Estrategias didácticas diseñadas a partir de estilos de aprendizaje e inteligencias múltiples para el pensamiento aleatorio</b>
Mario Muñoz Ochoa Jhon Jair Jiménez Gutiérrez	Corporación Universitaria COMFACAUCA Popayán, Colombia

<p><b>Mario Oleg García González</b>          Jesús Raúl Lugo Martínez          Lina Montoya Suárez          Mónica Mondelo Villaseñor          Roberto Javier Gamboa Santiago  <b>Esperanza Díaz Vargas</b></p>	<p><b>TPACK modelo estratégico para la educación del alumno del siglo XXI</b>          Universidad De Guanajuato          Guanajuato, México</p>
<p><b>Sonia Amparo Salazar Aristizábal</b></p>	<p><b>Aprendizaje organizacional estrategia infalible de la competitividad</b>          Universidad de la Salle          Bogotá, Colombia</p> <p><b>Las competencias TIC de los estudiantes de formación inicial docente de la Universidad Surcolombiana</b>          Universidad Surcolombiana          Neiva, Colombia</p>

**Preguntas Foro 1**

**Martes 3 de Diciembre de 2019**

**Foro 2. Nuevos Escenarios de la Educación y experiencias en Ingeniería**

**8:30 – 10:30**

<b>AUTORES</b>	<b>PONENCIA – INSTITUCIÓN</b>
<p><b>Johan Sebastián Casagua Cano</b>          Edwin Francisco Forero García          Dario Alejandro Segura Torres</p>	<p><b>Sistema remoto para prácticas de laboratorio como estrategia Educación 4.0 en la formación de Ingenieros Electrónicos</b>          Universidad Santo Tomás          Bogotá Colombia</p>
<p><b>Martha Lenis Castro Castro</b>  <b>Alix Cecilia Chinchilla Rueda</b>  <b>Jesús Armando Delgado Meza</b>  <b>Ricardo Vicente Jaime Vivas</b></p>	<p><b>Construcción colaborativa de conocimiento a partir del uso de una herramienta sincrónica de representación diagramática en ambientes virtuales de aprendizaje. Caso: Programas de Ciencias Sociales y Humanas</b>          Corporación Universidad de Investigación y Desarrollo UDI          Bucaramanga, Colombia</p>
<p><b>Jorge Eliecer Carvajal Alcaraz</b>          Yeimi Xiomara Holguín Rengifo          Carlos Aguilar naranjo</p>	<p><b>Estrategia de implementación de escuelas de destreza para la apropiación de tecnologías para el uso racional de la energía</b>          Instituto Tecnológico Metropolitano-ITM          Medellín, Colombia</p>



<p><b>Gladis Helena Vásquez Echavarría</b> Adriana Xiomara Reyes Gamboa Dario Enrique Soto Durán</p>	<p><b>Marco de trabajo de lecciones aprendidas en el contexto de los proyectos de tecnología de información (TI)</b> Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid Medellín, Colombia</p>
<p><b>Brayan Alexis Serrato Ramírez</b> Jorge Andrés Carvajal Ahumada Jesus David Quintana Conde</p>	<p><b>Uso de subproductos provenientes de la construcción de plástico reciclado en la fabricación de paneles no estructurales</b> SENA-Tecnoparque Nodo Neiva Neiva, Colombia</p>
<p><b>Erica Andrea Osorio Yepes</b> Diego Ancizar García Posada</p>	<p><b>Prótesis bajo principios de impresión 3D, electromiografía, robótica y microprocesamiento</b> Institución Universitaria de Envigado Envigado, Colombia</p>
<p><b>Preguntas Foro 2</b></p>	
<p><b>10:30 – 11:00</b></p>	<p><b>RECESO</b></p>
<p><b>Foro 3. Inteligencia artificial, robótica y automatización</b></p>	
<p><b>11:00– 13:30</b></p>	
<p><b>AUTORES</b> <b>Rogelio González Quiros</b> <b>Danier Cubillo Mora</b> Felipe Boza Salas Julio Montano Hernández</p>	<p><b>PONENCIA -INSTITUCIÓN</b> <b>Realidad virtual, una alternativa para el entrenamiento de personal en construcción de dispositivos médicos</b> Instituto Tecnológico De Costa Rica Alajuela, Costa Rica</p>
<p><b>Fredy Marcelo Rivera Calle</b> Marco Fernando Bravo Guaman</p>	<p><b>Industria 4.0 en las carreras de ingeniería de la Universidad Politécnica Salesiana: materias optativas</b> Universidad Politécnica Salesiana Cuenca - Ecuador</p>
<p><b>Celso Vargas Elizondo</b></p>	<p><b>Ethical dimension of Technology in the context of the Fourth Industrial Revolution</b> Instituto Tecnológico De Costa Rica Cartago, Costa Rica</p>
<p><b>Lourdes Magdalena Peña Cheng</b> Luis Rodrigo Valencia Pérez</p>	<p><b>Competencias de egresados universitarios para la industria 4.0</b> Universidad Tecnológica de Querétaro y Universidad Autónoma de Querétaro Querétaro, México</p>
<p><b>Juan Pablo Diago Rodríguez</b></p>	<p><b>Sistema de gestión de energía eléctrica para el sector residencial a través de una aplicación móvil</b></p>

<p>Jeison Sneider Ruíz Zemanate Pablo Alexander Vidal Ararat Julio Andrés Mosquera <b>Omar Alexander León García</b></p>	<p>Corporación Universitaria Autónoma del Cauca Popayán, Colombia</p> <p><b>Efecto del uso de TIC y de las tecnologías de la industria 4.0 en la internacionalización y rendimiento de las PYMES</b></p> <p>Compensar Unipanamericana Fundación Universitaria Bogotá, Colombia</p> <p><b>Preguntas Foro 3</b></p>
--	---

**13:30 – 14:00** **RECESO**  
**Foro 4: Presentación de Carteles**

**14:00 – 15:00**

<b>AUTORES</b>	<b>PONENCIA - INSTITUCIÓN</b>
<p><b>Daniela Álvarez Bermúdez</b> <b>Daniela Mideros Ospina</b> Oscar Franco Bedoya</p> <p><b>Diana Marcela Ramírez Rodríguez</b> Oscar Franco Bedoya</p> <p><b>Mateo Usuga Ortiz</b> Juan Pablo Gutiérrez Perdomo Carlos Augusto Portilla Cubillos Leslie Milena Arrubla Valencia</p> <p><b>María Isabel garzón Álvarez</b> Lina María Montoya Suárez</p> <p><b>Mariana Herrera Pamplona</b> <b>Santiago Ruíz Aristizábal</b> Diana Fernanda Taborda Álvarez Keily Johana Nuñez Rojas</p>	<p><b>Marco de trabajo basado razonamiento basado en casos E ITIL para mejorar la gestión de requisitos de soporte en Mypimes</b> Universidad Autónoma De Manizales Manizales, Colombia</p> <p><b>Sistema para el apoyo del autocuidado de pacientes con hospitalización y/o cuidado en casa mediante el monitoreo de constantes vitales con un prototipo IoT-autoadaptativo y un modelo de cuidado de la salud por enfermería</b> Universidad De Caldas Manizales, Colombia</p> <p><b>Diagnostico de las redes básicas de acueducto y alcantarillado en los asentamientos informales del municipio de Medellín</b> Universidad Católica Luis Amigó Medellín, Colombia</p> <p><b>Un caso de aplicación: aprendizaje virtual aplicado a las matemáticas básicas</b> Universidad Católica Luis Amigó Medellín, Colombia</p> <p><b>Reporte de caso: análisis de propiedades geotécnicas de un suelo en Copacabana-Antioquia contaminado con jabón</b> Universidad Católica Luis Amigó Medellín, Colombia</p>

Maria Julia Nieto Callejas

**Preguntas Carteles**

**Miercoles 4 de Diciembre de 2019**

**Foro 5: Experiencias significativas en la industria y aplicaciones de las TIC para un mejor vivir**

**8:30 – 10:30**

**Juan Camilo Becerra**  
Valencia  
**Jose Luis Hernández**  
Hoyos

**MOMCARE – cuidado de la madre y atención al embarazo adolescente**  
Institución Universitaria De Envigado  
Envigado, Medellín

**Loana Vergara Zambrano**  
Rubén Baena Navarro  
Mario Macea Anaya  
Jorge Escobar Reynel

**Plataforma interactiva para monitorear calidad del aire basado en IoT con algoritmos de modelos predictivos**

Universidad Cooperativa De Colombia – Universidad De Córdoba  
Montería, Colombia

**Nicolás Cárcamo**  
Hormazábal

**Cambio organizacional cultural de la empresa frente a los avances tecnológicos**  
Universidad De Concepción  
Concepción, Chile

**Diego León Sepúlveda**  
Mejía

**Diagnóstico de las condiciones de seguridad asociadas a la operación de calderas pirotubulares en empresas ubicadas en los valles de San Nicolás y de Aburrá**

Gladis Helena Vásquez  
Echavarría  
Alexander Longas  
Restrepo

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid  
Medellín, Colombia

**Nicolas Mauricio Escobar**  
Narváez

**Metodología para optimizar el proceso de producción panelero: caso de estudio (Santa María, Huila)**

Javier Felipe Fierro Motta  
Carlos Fernando Luna  
Carlosama  
Jorge Andrés Carvajal  
Ahumada

Servicio Nacional De Aprendizaje SENA  
Huila, Colombia

Alfaro Tandioy Fernández

**Andres Felipe Rodríguez**  
Hernández

**La administración de sistemas informáticos: la formación para los futuros CIO'S de las organizaciones**  
Universidad Nacional De Colombia – Sede Manizales  
Manizales, Colombia

**Preguntas Foro 5**

**10:30 – 11:00**

**RECESO**

**Foro 6: Avances de la industria 4.0 y aplicaciones de Inteligencia Artificial**

**11:00 – 13:00**

<p><b>Carlos Felipe Ordoñez Urbano</b> Daniel Alejandro Cano Saenz Rubiel Vargas Cañas</p>	<p><b>Implementación de un sistema computacional para identificación de especies maderables empleando aprendizaje automático</b> Univerisdad Del Cauca Popayán, Colombia</p>
<p><b>Jimmy Alexander Cortes</b> Cristian David López</p>	<p><b>Algoritmo híbrido basado en pixeles para la identificación a de imágenes digitales alteradas</b> Universidad Tecnológica De Pereira Pereira, Colombia</p>
<p><b>Juan Pablo Restrepo Castañeda</b></p>	<p><b>APP y asistente de movilidad para invidentes</b> Institución Universitaria de Envigado Envigado, Colombia</p>
<p><b>David Alonso Hernández López</b></p>	<p><b>La nueva revolución: construyendo una cultura hacia la transformación</b> Coporación Universitaria Remington Medellín, Colombia</p>
<p><b>Lina María Montoya Suarez</b></p>	<p><b>Frameworks para el desarrollo de un aplicativo web para gestión de inventario musicales con visual studio</b> Universidad Catolica Luis Amigo Medellín, Colombia</p>
<b>Preguntas Foro 6</b>	

**13:00 – 13:30**

**RECESO**

**13:30 – 14:00**

**Clausura y Entrega de Certificados CIITA2019**

**Clausura:** Miembros activos de la mesa directiva del congreso.

**Este Programa puede tener Cambios de Última Hora**

Nota: Cada foro estará conformado por ponencias que comparten la misma temática, el orden de los foros esta definido por el comité académico y organizador, no por las temáticas.

## Foro 1. Nuevos enfoques en la educación y la formación: Los nuevos escenarios educativos

<b>AUTORES</b>	<b>PONENCIA - INSTITUCIÓN</b>
<b>Lidia Leonor Cerda Díaz</b>	<b>Formación docente y TIC</b> Universidad Católica Del Maule Chile
<b>Yamileth Ortégón Fernández</b> Mario Muñoz Ochoa Jhon Jair Jiménez Gutiérrez	<b>Estrategias didácticas diseñadas a partir de estilos de aprendizaje e inteligencias múltiples para el pensamiento aleatorio</b> Corporación Universitaria COMFACAUCA Popayán, Colombia
<b>Mario Oleg García González</b> Jesús Raúl Lugo Martínez Lina Montoya Suárez Mónica Mondelo Villaseñor Roberto Javier Gamboa Santiago	<b>TPACK modelo estratégico para la educación del alumno del siglo XXI</b> Universidad De Guanajuato Guanajuato, México
<b>Esperanza Díaz Vargas</b>	<b>Aprendizaje organizacional estrategia infalible de la competitividad</b> Universidad de la Salle Bogotá, Colombia
<b>Sonia Amparo Salazar Aristizábal</b>	<b>Las competencias TIC de los estudiantes de formación inicial docente de la Universidad Surcolombiana</b> Universidad Surcolombiana Neiva, Colombia

## Formación docente y TIC

Lidia Leonor Cerda Díaz  
Universidad Católica del Maule  
Chile

**Lidia Leonor Cerda Díaz:** Doctora en Didáctica y Organización de Instituciones Educativas por la Universidad de Sevilla. Profesora categoría Adjunto y directora del Departamento de Formación Inicial Escolar de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad Católica del Maule, Chile. Autora de variados libros en el ámbito de la Educación Parvularia. Premio Nacional (2007) “Linda Volosky de Cabello”, otorgado por el Colegio de Educadoras de Párvulos de Chile A.G., en reconocimiento a su contribución a la teoría y a la práctica del nivel. Par Evaluador de carreras de pregrado en la Comisión Nacional de Acreditación, CNA, Chile y miembro de la Organización Mundial para la Educación Preescolar – OMEP, Chile.

**Correspondencia:** [lcerdad@ucm.cl](mailto:lcerdad@ucm.cl)

### Resumen

El siguiente artículo es parte de una investigación “Evaluación de las Competencias TIC de Estudiantes de Pedagogía de la Universidad Católica del Maule (Chile)”, que indagó sobre los estándares TIC en la formación inicial docente, estudió las competencias TIC más y menos presentes, las herramientas más y menos utilizadas y las principales barreras a las que se ven enfrentados los estudiantes para integrar las TIC. También los aspectos ético-sociales en el uso de las tecnologías y las necesidades formativas. Se estructuró en dos fases: una extensiva con enfoque cuantitativo, donde se aplicó un cuestionario a 321 estudiantes en práctica profesional; una segunda fase intensiva con una perspectiva cualitativa que profundizó en aquellas variables e interrogantes surgidas de la primera fase, a través de grupos de discusión. Los principales hallazgos indican que los futuros profesores presentan un déficit para integrar algunas herramientas informáticas principalmente el Excel, Prezi, y la Pizarra Digital, además, no manejan criterios técnicos ni de evaluación para seleccionar los recursos tecnológicos. El recurso más utilizado es el Facebook y Word. En general, los estudiantes de pedagogía de último año alcanzan un “buen nivel” (5) para integrar las competencias TIC en la enseñanza, en una escala del 1 al 7.

**Palabras Claves:** Formación profesional, Competencia TIC, Tecnologías de la Información y Comunicación, Tecnología Educativa.

## Teacher training and ICT

### Abstract

*The following article is part of the investigation "Assessment in TIC skills in pedagogy students of the Catholic University of Maule (Chile)", that inquired about the ICT standards in the initial teaching training, examined the current ICT skills in use, the current tools in use and the main barriers the students face to integrate those ICTS. The investigation also incorporated the ethical-social aspects in the use of technologies and the training needs. It was structured in two phases: first of all, an extensive one with a quantitative approach supported by a questionnaire applied to 321 students in their professional practice; then, a second intensive phase with a qualitative perspective that deepened in those variables and questions arising from the first phase, developing discussion groups with students. The main findings indicate that future professors present a significant deficit to integrate some tools, mainly the Excel, Prezi, and the Digital Whiteboard; moreover, they do handle neither the technical nor the evaluation criteria to select the appropriate technological resources. The most widely resources used are the free social networking website Facebook and Microsoft Word. In general, the students of pedagogy in their last year reached a "good" level (5) to integrate the ICT competencies in teaching, on a scale of 1 to 7.*

**Keywords:** *Professional training, ICT competence, Technologies of Information and Communication, Educational Technology.*

### Introducción:

Hoy gran parte de los sistemas educativos del mundo han emprendido reformas curriculares con enfoques en el desarrollo de competencias, donde se han destacado las competencias digitales asociadas al uso de los nuevos medios de comunicación y a la integración de estas tecnologías en el aula. Esta renovación en Tecnologías de la Información y la Comunicación (en adelante TIC), es ineludible, dado que, por primera vez, “los medios pueden ser utilizados de un modo creativo y no solo receptivo en los sistemas educativos” (Pérez-Tornero y Tayie, 2012 p.11). Es decir, los profesores y los estudiantes de pedagogía pueden ser más innovadores y comunicadores con las nuevas tecnologías. La Unesco (2013) avanzó significativamente en este tema, planteando un currículo con estrategias educativas universales, puso en marcha lo que denominó “Medios y Currículos de Alfabetización Informacional para Profesores”, en el que participaron innumerables expertos internacionales. Desde entonces, más de una decena de países han estado desarrollando nuevas adaptaciones curriculares en TIC, experimentando diversas propuestas. Esta iniciativa puso de relevancia la integración de TIC en la acción docente, lo que nos viene a indicar que la formación de profesores en materia de alfabetización mediática e informática será un reto latente en el sistema educativo mundial. Para Cortez (2018) la revolución comunicacional llegó para quedarse, y con ella nuevos procesos y prácticas sociales que modifican sustancialmente nuestros modos de vida, términos que también requieren (re) pensarse en función del paradigma de la Sociedad de la Información y el Conocimiento.

Las TIC han impactado masivamente en los ambientes de aprendizaje, incorporando un cambio en la forma de organizar la enseñanza y el aprendizaje. Al respecto, preocupan las nuevas generaciones, como lo afirmó Prensky, refiriéndose a los nativos digitales - los jóvenes

manejan los medios digitales en ausencia o con un bajo conocimiento del poder audiovisual, están transitando el camino digital pero no por ello, con pleno conocimiento del medio (Aguaded-Gómez, 2012).

En este sentido, encargados por la UNESCO, Pérez-Tornero y Tayie, elaboraron un currículo para la formación de profesores en alfabetización mediática e informativa. Estos catedráticos ya habían realizado un estudio para la Comisión Europea, donde señalaron que la necesidad de potenciar un cambio de cultura mediática y de competencias comunicativas en la formación de los profesores era crucial, ya que “la cuestión de la formación de profesores y el desarrollo de un currículo de alfabetización mediática e informacional era esencial” (2012 p.10), otros estudios también han señalado que el desarrollo de la competencia digital, hoy se contempla como una competencia básica y fundamental.

En el contexto de la comunidad europea se ha reconocido que el desarrollo de competencias en TIC en educación, solo es posible si el profesorado está capacitado y presenta un buen nivel de dominio en la competencia para incorporarla a su labor formativa (San Nicolás, Fariña y Área, 2012). Al respecto Almerich, Suárez, Belloch y Bo, (2011), establecieron que las necesidades formativas del profesorado en las TIC, constituyen uno de los aspectos claves a satisfacer para su integración en la práctica educativa, señalando que “el profesorado demanda formación de mayor nivel en el plano personal-profesional, necesitándose más formación en los planos con el alumnado en el aula y la integración de estos recursos en el aula” (p.11). En esta misma línea, Martínez y Torres (2013), concluyeron que sólo un 8% del profesorado se siente capaz de llevar a cabo una integración efectiva de las TIC en el aula, lo que es crucial, ya que el profesorado tiene la responsabilidad de ajustarse a estas nuevas formas de aprender y de enseñar.

Estos estudios y otros han permitido extraer una serie de consideraciones, en principio, se hace fundamental una participación más activa del profesorado, abandonando el rol de mero receptor o como usuario personal, por un rol cuyo papel sea dinámico y promotor de la integración de las TIC. Las investigadoras Mishra y Koehler han enfocado estas problemáticas asociadas a la formación del profesorado en TIC, desde nuevas metodologías docentes y nuevas formas de relación entre los actores (profesores y estudiantes) modificando el papel que juegan éstos en dicho proceso, así lo plantean en el modelo TPACK: Conocimiento Técnico Pedagógico del Contenido (Technological Pedagogical Content, Knowledge) (TPACK por su sigla en inglés), que es una metodología que ha tenido un profundo impacto en la educación y tecnología, ha inspirado a profesores y tecnólogos educativos a reevaluar su conocimiento y uso de la tecnología en el aula (Hechter, Phyfe & Vermette, 2012). El modelo se basa en la afirmación de que los profesores necesitan diversos conocimientos para la toma de decisiones sobre la enseñanza y la integración de las tecnologías como herramientas de aprendizaje. Se espera que los formadores de profesores proporcionen las experiencias necesarias para la construcción del conocimiento, habilidades y disposiciones que los futuros maestros necesitan (Darko & Voogt, 2011).

El TPACK se define como la comprensión de las conexiones y las interacciones entre el contenido del conocimiento (objeto que se enseña), el conocimiento tecnológico (TIC), y el conocimiento pedagógico (desempeños, estrategias, métodos de enseñanza y aprendizaje), para mejorar el aprendizaje del estudiante, la mayoría de las investigaciones ha considerado el desarrollo de la tecnología desde el conocimiento didáctico del contenido, como un lente a través de la cual se puede observar el papel de la tecnología en el conocimiento de los maestros (Khoeler, Shin & Mishra, 2012). En cambio, el modelo TPAK proporciona una visión más general de los instrumentos y métodos, con una mayor discusión sobre los



objetivos y el potencial uso de estas herramientas TIC. Subrayando que, dentro de un contexto educativo, surgen diversas áreas de conocimiento con múltiples intersecciones, que representan los diferentes tipos de conocimientos del proceso educativo. Sin embargo, el uso de las TIC en la educación superior, tanto en América Latina como en el Caribe, aún no va más allá de un énfasis funcional, no existiendo un conocimiento suficiente para comprobar cómo las TIC inciden en el aprendizaje en el aula de clases.

El modelo TPACK (Figura 1), muestra la intersección de estas bases de conocimiento, que es la superposición céntrica de los tres. Es en esta área, cuando los docentes pueden integrar el conocimiento que el TPACK postula con alta calidad en la integración efectiva de la tecnología, la pedagogía y el contenido, como parte de la enseñanza y la experiencia de aprendizaje.

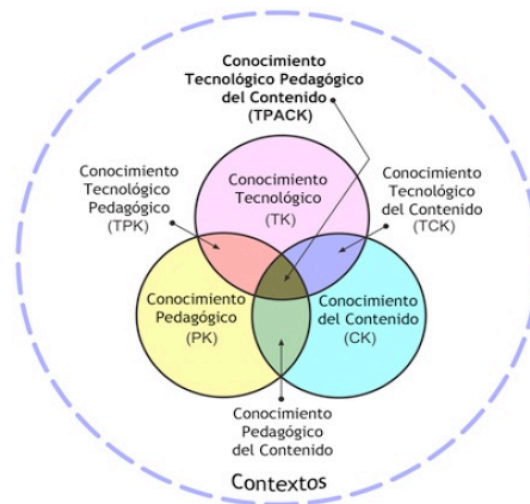


Figura 1: Modelo TPACK.

Fuente: García de León et al, (2018)

En un estudio en base a este modelo TPACK, concluye que independientemente del conocimiento disciplinar que se supone poseen los docentes, estos presentan un nivel incipiente en el conocimiento tecnológico. En relación al conocimiento pedagógico, esta sería la oportunidad para desarrollar estrategias que favorezcan intencionalmente el proceso de aprendizaje enseñanza con ayuda de las TIC. “Confiamos que este cambio para transitar a la apropiación pedagógica de las TIC se estaría interiorizando poco a poco, hay disposición y nos encontramos respondiendo al momento que impera en el ámbito educativo” (García de León, Chávez, Olazábal, Rayón, 2018 p.63).

En esta línea la UNESCO propuso un plan de acción que asegurara una educación de calidad para todos en Latinoamérica, mediante acciones que permitiesen fortalecer el desarrollo de nuevas prácticas educativas con TIC, según los intereses y características de los estudiantes y las demandas de la sociedad del conocimiento. Si bien fue reconocido que las tecnologías son un instrumento fundamental, imprescindible y privilegiado para el desarrollo de nuevas prácticas educativas en el aula, se detectó que los estándares y competencias TIC se encuentran muy descendidos en los estudiantes de pedagogía en las instituciones de educación superior y en los docentes. Especialmente en la integración de las TIC en los procesos educativos, en el aprendizaje en colaboración entre pares y en el desarrollo de redes

y comunidades de aprendizaje que contribuyan al desarrollo del respeto de la diversidad (García, Navarrete & Ancona, 2014).

Al respecto en la Reunión Regional de Ministros de Educación de América Latina y el Caribe (ALC), en Argentina, que tuvo como propósito ajustar las metas, estrategias e indicadores de carácter global, a las particularidades de la región, surgió el documento Declaración de Buenos Aires, donde UNESCO reconoció que para lograr Educación para el Desarrollo Sostenible, se requiere, con urgencia, una nueva mirada de la educación, las políticas y las acciones a realizar, con innovación, integralidad, planificación estratégica y una visión a largo plazo que contextualice las realidades nacionales y locales, así como la importancia de la Educación a lo largo de toda la vida, entre los acuerdos tomados, Nuñez (2019) destaca,

enriquecer los currículos, las prácticas y los contenidos de los sistemas educativos para el desarrollo de las competencias del siglo 21, a través de un enfoque interdisciplinario y holístico, centrado en el aprendizaje activo, contextualizado, transferible y autónomo, con prácticas pedagógicas inclusivas y transformadoras, vinculada con las dimensiones de la vida, que maximicen el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC). (p. 296)

Siguiendo esta dinámica de actualizaciones internacionales en otros países e instituciones como la Unesco, fue lo que condujo a indagar en las competencias TIC que presentan los estudiantes en la Universidad Católica del Maule, participaron seis carreras de pedagogías: Educación Física, Educación Diferencial, Pedagogía General Básica, Pedagogía en Inglés, Educación Parvularia y Educación Básica con mención. El objetivo principal fue analizar las competencias en las tecnologías de la informática y la comunicación (TIC) en la formación inicial de estudiantes de pedagogía de último año de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad Católica del Maule de Chile. Se investigó sobre el nivel de logros de los estándares TIC en el desempeño y en la formación inicial de profesores, se identificaron las competencias TIC más y menos presentes y aquellas herramientas más utilizadas para integrar las TIC en la formación y práctica profesional. Se detectan las principales barreras a las que se ven enfrentados los estudiantes, las prácticas que poseen en aspectos ético-sociales en el uso de las tecnologías y las necesidades formativas para integrar las TIC en los procesos de enseñanza aprendizaje.

### Metodología:

Este estudio es de carácter descriptivo, con dos fases: cuantitativa y cualitativa. El universo estuvo conformado por 1.602 estudiantes de seis carreras de pedagogía, con una muestra representativa de 321 estudiantes. Los criterios utilizados para la selección de la muestra fueron: pertenecer a una carrera de pedagogía y ser estudiante de último año. La muestra fue seleccionada con un 95% de confiabilidad y un 5% de error, con una probabilidad de 0,5. Se definió como probabilística, según la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z\alpha^2 \times p \times q \times N}{e^2 (N-1) + Z\alpha^2 \times p \times q}$$

Fuente: Hernández, Fernández, y Baptista (2010)

Siendo  $Z_{\alpha/2}$  la confiabilidad,  $p$  la probabilidad de que se cumpla un fenómeno según estudio anterior,  $q$  corresponde a  $100-p$ , e el error propuesto y  $N$  la población de estudio. En este contexto la muestra se calcula con un 98% de confiabilidad y un 5% de error en una población de 321 estudiantes, con  $p=66,2$ , según estudio anterior.

Se realizó un análisis documental sobre los estándares TIC internacional para profesores en formación, en países de la Comunidad Europea, América del Norte y Latina, incluyendo los estándares de la Unesco, con el propósito de levantar las dimensiones y competencias TIC más actualizadas en la construcción de los instrumentos, finalmente se definieron tres dimensiones:

1. Manejo Tecnológico Operativo: con las nociones básicas de TIC y su uso en los currículos y en el mejoramiento del entorno de aprendizaje.
2. Diseño de Ambientes de Aprendizaje: que contempla los estándares TIC que permiten la integración en las actividades de enseñanza y aprendizaje.
3. Conciencia Ética y Social: sobre la comprensión del uso de las TIC en los asuntos humanos, culturales y sociales, y las conductas legales y éticas.

Para la primera fase cuantitativa (extensiva) se elaboró un Cuestionario, que fue aplicado a estudiantes, asumiendo dos variables: desempeño y formación en TIC. La validación se realizó por tribunal de Experto, entendiéndose ésta como la opinión entregada por especialistas en el tema del estudio, con el propósito de obtener puntos de vista y juicios en común (Hernández, Fernández y Baptista, 2010). La fiabilidad estadística se realizó por medio de los resultados de confiabilidad obtenidos del Cuestionario que presentaron un alfa de Cronbach de 0,912 (altamente significativo).

El Cuestionario, incorporó preguntas cerradas, presentó un subtest introductorio que identificaba al sujeto que respondía. Para expresar su respuesta los sujetos respondieron según una escala de gradiente numérica de 1,0 a 7,0 que corresponde a la escala nacional de evaluación chilena, y que puede ser expresada en una escala numérica o conceptual.

- 1 = Nulo
- 2 = Insuficiente
- 3 = Regular
- 4 = Aceptable
- 5 = Bueno
- 6 = Muy bueno
- 7 = Excelente

El puntaje se otorgó de acuerdo al nivel que ellos consideraron su “desempeño” y la “formación” recibida para el desarrollo de su función docente. Contó con 21 ítems distribuidos en las tres dimensiones ya mencionadas. Los resultados del cuestionario fueron analizados con el paquete estadístico SPSS, se realizaron los análisis correspondientes y se extrajeron las primeras conclusiones que dieron lugar a las preguntas que guiaron la fase intensiva de la investigación.

Para la segunda fase cualitativa (intensiva), se desarrollaron Grupos de Discusión con estudiantes, uno por cada carrera, contando con un guion de 7 preguntas que profundizaban en las tres dimensiones del estudio. Los participantes se reclutaron en coordinación con tutores de prácticas en horarios y espacios de sus reuniones, todos los grupos de 5 a 8 estudiantes ya habían respondido el cuestionario. Las sesiones fueron registradas en audio y también se tomaron notas de campo.

## Resultados y Discusión

Los resultados y la discusión se presentan en forma mixta, respondiendo al nivel de logros de los estándares TIC en la formación inicial docente, cuáles son las competencias y herramientas TIC más y menos utilizadas, las principales barreras a las que se ven enfrentados en las prácticas, además, de los aspectos ético-sociales en el uso de las tecnologías y las necesidades formativas para integrar las TIC en la acción docente. Los resultados se muestran bajo dos variables “desempeño” y “formación” recibida.

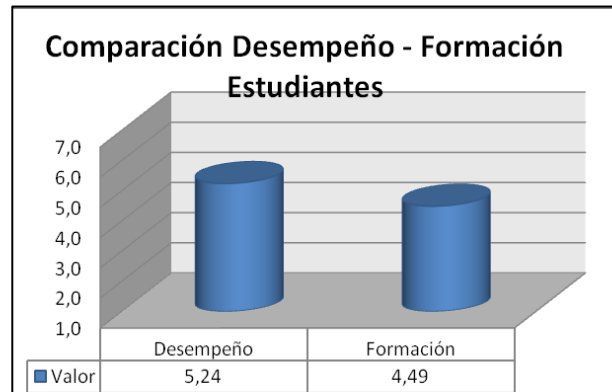


Gráfico 1: Comparación Desempeño y Formación Estudiantes.

En el gráfico se observan los resultados globales en el *desempeño* en TIC, en general los estudiantes, presentan un nivel “bueno” (5,24)”. Sin embargo, en la *formación* que reciben en TIC, queda en un nivel “aceptable” (4,49).

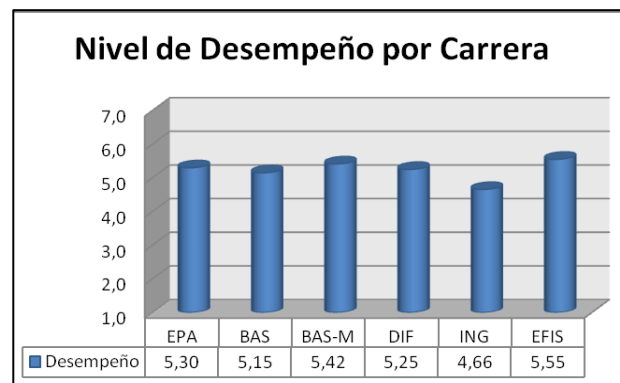


Gráfico 2: Nivel de Desempeño por Carrera

Se observa que los puntajes obtenidos por carrera en el *desempeño* en TIC, son buenos para Educación Física con (5,55), Educación Básica con mención (5,42), Educación Parvularia (5,30), Educación Diferencial (5,25) y Educación Básica (5,15). Sin embargo, queda en nivel deficiente Pedagogía en Inglés (4,66). Por tanto, en general las carreras presentan un *desempeño* “bueno”. En los Grupos de Discusión, los estudiantes de Pedagogía en Inglés manifiestan que su nivel aceptable de desempeño se relaciona con algunas falencias en su formación, tal como lo señalan [...yo estoy de acuerdo con Sebastián, en el sentido que uno tiene que darse el tiempo de aprender, porque nosotros, al menos yo, muchas veces dije, pucha el ramo de educación tecnológica es muy interesante, aprendí a hacer blog, aprendí a usar el traductor, pero nunca me enseñaron a hacer una tabla de notas en Excel...] (Belén).

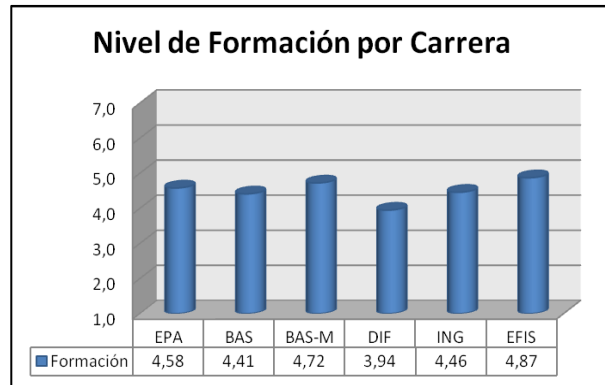


Gráfico 3: Nivel de Formación por Carrera

Respecto a la *formación* recibida en TIC, se puede observar que todas las carreras presentan un nivel de formación aceptable. A excepción de Educación Diferencial que es regular (3,94). Los estudiantes de esta carrera en los Grupos de Discusión reconocen que su formación es baja, tal como lo señalan [...lo que pasa es que yo en la educación media tuve mucho manejo, mucho trabajo con las TIC, pero acá en la universidad no se da tanto, yo creo que mis compañeros, con mi grupo no se manejan], [...porque hay niños que están súper bajos y hay niñas que se manejan bastante, pero en general para poner una media, yo digo como un cuatro...] (Victoria)

Por tanto, las carreras no presentan diferencias significativas en cuanto a la *formación*, ya que la mayoría coincide en que se queda en un nivel “aceptable”. Los estudiantes en general, si reconocen que tienen un buen *desempeño* en TIC.

### Resultados por Dimensión

Sobre el resultado total de las tres dimensiones en el gráfico 4, se puede observar que en general la dimensión Manejo Tecnológico Operativo con un 5.11 y la dimensión Conciencia Ética y Social con un 5.02, presentan un nivel "bueno". Mientras que la dimensión Diseño de Ambientes de Aprendizaje, con un 4.82, presenta un nivel "aceptable".

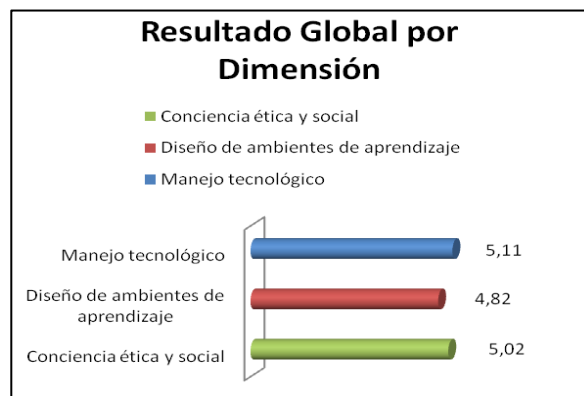


Gráfico 4: Resultados por Dimensión

### Dimensión Manejo Tecnológico Operativo

Esta dimensión integra estándares con las nociones básicas en TIC y su uso en los currículos y en el mejoramiento del entorno de aprendizaje.

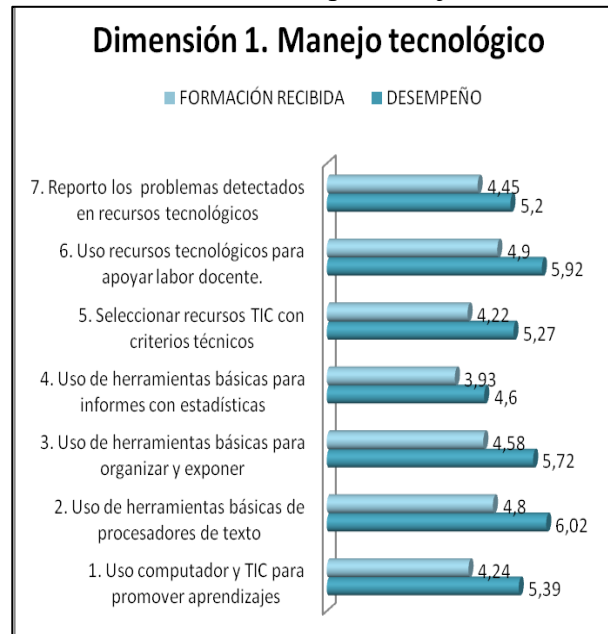


Gráfico 5: Resultados Manejo Tecnológico Operativo.

En esta dimensión, el *desempeño* “Demuestro el uso de las herramientas básicas en digitación y edición de procesadores de texto (Word y otros)” logra un nivel Muy Bueno y Excelente (6.02). Sin embargo, el *desempeño* “Demuestro el uso de las herramientas básicas para la generación de informes con estadísticas y gráficos (Excel, otros)” presenta un nivel “aceptable”(4.6).

Mientras que en general la *formación recibida* en esta dimensión, presenta en todo un nivel sólo “aceptable”, y más bajo aún el uso de herramientas básicas para informes con estadísticas, que presenta un nivel “regular” (3.93).

Al respecto se puede señalar que los estudiantes de último año de pedagogía, presentan un nivel “aceptable” en el uso del Excel, para hacer planillas, gráficos, interpretar datos, evaluaciones y otros, demostrando serias dificultades, tal como ellos lo expresan, [...en realidad el Excel lo utilizamos poco, pero nosotros deberíamos manejarlo más, porque nosotros somos profesionales que evaluamos [...] y lo cuantitativo cuesta, entonces el Excel es complejo [...] cuando uno tiene que crear gráficos en la planilla de Excel y hay que incorporar datos... y ahí como que uno se enreda con los iconos...] (Victoria). En general el programa Excel es el software más complejo, que les presenta mayores dificultades en la aplicación, como lo señalan [...mi compañera sí tiene razón que el Excel sugiere también tener un conocimiento matemático un poquito más amplio, no es cosa de llegar y tirarnos, también se puede hacer a través de la programación del Excel...claro viene listo con herramientas para trabajar, pero si uno no tiene ese conocimiento se queda corto...] (Francisco). Además, se detectaron algunas necesidades formativas en relación a la falta de uso de las pizarras digitales y el desconocimiento de criterios técnicos para seleccionar los recursos TIC.

Los estudiantes piensan que el uso de las TIC es una necesidad hoy día y demuestran un alto interés por aprender de las tecnologías ya que éstas les permiten comunicarse, como los celulares, las redes sociales, foros, en las que demuestran gran habilidad en el manejo, manifiestan que [...tenemos un buen manejo de las TIC, por el hecho que la misma sociedad ha inculcado últimamente el poder manejarlas, el poder aprender, yo por ejemplo, veo a mi mamá, no tiene idea de estas cosas pero en cambio uno sí las tiene, [...] como que la sociedad en realidad ha hecho que nosotros ocupemos las TIC y lo hemos hecho más por necesidad...] (Carla).

Sin embargo, los estudiantes piden urgentes cambios en la acción formativa y concepción pedagógica de los profesores. Como lo afirma Ricoy "...los profesores han de asumir el reto, en la medida de lo posible, de incorporar desde metodologías innovadoras los nuevos recursos tecnológicos en el proceso de enseñanza-aprendizaje, disponiendo de herramientas virtuales diseñadas a partir de criterios pedagógicos" (2013 p.3). Por último, el muy buen *desempeño* lo atribuyen a que son nativos de una generación tecnológica que les ha implicado tomar contacto temprano con las TIC; reconocen que han tenido una buena formación en la enseñanza media o secundaria, no así en la superior. No obstante, porque se ven sometidos a las exigencias de las actividades académicas tienen dominio de las herramientas básicas (PowerPoint, Word).

### Dimensión Diseño de Ambientes de Aprendizaje

Los aspectos abordados en esta dimensión se relacionan con un conjunto básico de estándares TIC que permiten a los futuros profesores integrar las TIC en sus actividades de enseñanza y aprendizaje, a fin de mejorar el aprendizaje de los estudiantes y optimizar otras tareas profesionales.

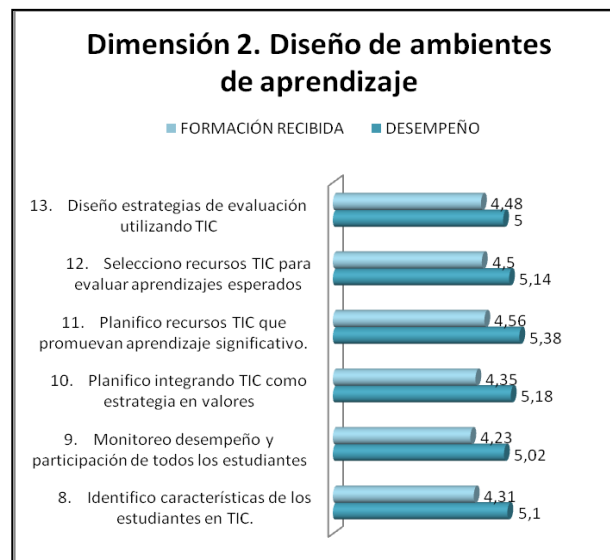


Gráfico 6: Resultados Diseño de Ambientes de Aprendizaje.

Se observa en general que el *desempeño* de los estudiantes, es "bueno", mientras que la *formación* recibida queda en un nivel "aceptable".

El *desempeño* mejor evaluado (5.38) es “Planifico recursos TIC que promuevan el aprendizaje significativo”. Efectivamente los estudiantes utilizan diversos recursos para planificar la enseñanza con sus grupos de alumnos en los centros de práctica y expresan que

las herramientas TIC incentivan el aprendizaje, [...no solamente trabajamos con programas de matemáticas, sino que también trabajar con un PowerPoint, entonces si uno dentro del PowerPoint tiene un video el niño se va a quedar con la sensación de que vamos a ver una película, lo importante es el fin de la película o el video...] (Miguel). Lo que coincide con otros estudios de García de León et al (2018), donde se observa que los docentes enfatizan la necesidad de desarrollar estrategias didácticas usando las TIC con el fin de aumentar la motivación y la amabilidad del aprendizaje.

Si bien, el *desempeño* “Diseño estrategias de evaluación utilizando recursos TIC pertinentes a los aprendizajes esperados” en general presenta un nivel “bueno” (5), los estudiantes reconocen que tienen poca experticia en usar los recursos TIC para evaluar los aprendizajes de sus alumnos en la práctica profesional. Manifiestan [...que no es útil, preferimos sacar los promedios con calculadora en vez de tirarlo al Excel entonces... además que no dimensionamos, la utilidad que tiene y con la rapidez que haríamos las cosas, si lo supiéramos usar] (Nicole).

Los estudiantes de último año de pedagogía, destacan que las TIC son un buen recurso y apoyo en el proceso de enseñanza y aprendizaje, no obstante, hay que usarla con objetivos muy claros, “no usarla por usarla”. Por último, enfatizan que poseen un buen manejo de las redes y herramientas tecnológicas, You Tube, Movie Macker, PowerPoint, Word, para la preparación de sus clases. Igualmente reconocen que les falta dominio de programas estadísticos y pizarras digitales, y coinciden en que su *formación*, en esta dimensión se queda en un nivel “aceptable”.

Los resultados sobre la formación que dicen tener los estudiantes por parte de sus profesores, son coincidentes con estos estudios que ponen de manifiesto las dificultades a las que se ven enfrentados los profesores para integrar las TIC en la docencia, donde destacan la falta de conocimiento, de tiempo, de capacitación, de interés, compromiso por aprender y la falta de participación en comunidades virtuales con fines de aprendizaje colaborativo (Vera, Torres & Martínez, 2014). Para la mayoría de los profesores, el desarrollo de las competencias digitales en los procesos de planeación, diseño y administración de la docencia demandan gran cantidad de tiempo, sin embargo, para otros utilizarlas permiten optimizar el tiempo. Este contraste de percepciones muestra la paradoja del papel del tiempo en el desarrollo de las competencias docentes referentes al uso de las TIC (García de León, et al, 2018).

### **Dimensión Conciencia Ética y Social**

En esta tercera dimensión se contemplan los resultados de cómo los futuros profesores comprenden en el uso de las TIC los asuntos humanos, culturales y sociales. Y cuáles son sus prácticas y conductas legales y éticas.



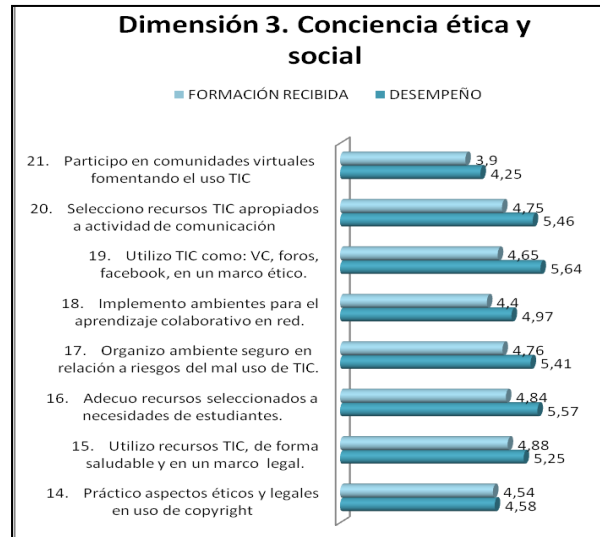


Gráfico.7: Resultados Conciencia Ética y Social.

De acuerdo a lo observado en el gráfico, en general los estudiantes de pedagogía expresan una vez más que su *desempeño* en esta dimensión es “bueno” y que la *formación* recibida es sólo “aceptable”, quedando en “regular” (3.9) la participación en comunidades virtuales fomentando el uso de TIC. Mientras que el *desempeño* mejor evaluado (5.64) en opinión de los estudiantes es “Utilizo TIC como: VC (videoconferencias), foros, Facebook, chat, en un marco ético” y el *desempeño* más bajo evaluado (4.58) es “Práctico los aspectos éticos y legales relacionados con el uso de la tecnología: copyright, derecho de autor, censura y privacidad”. Al respecto los estudiantes comentan que [Hay un contrato que uno firma que habla sobre lo ético, pero no lo he leído. Uno igual se arriesga a eso. En lo de internet, cualquiera puede subir videos a la red, muchas veces... uno por ejemplo no lo hace...] (Jorge).

En general los estudiantes de pedagogía consideran como principal falencia el copyright y plagio, una estudiante de último año expresa su experiencia al respecto [...yo tengo un curso rezagado de bases neurofisiológicas, y las niñas de primer año son muy graciosas, vi sus trabajos y eran todos iguales, pero absolutamente todos iguales, ni siquiera le habían cambiado la letra, el formato de la letra... pero...yo miraba y decía ese trabajo es lo mismo, por qué, lo hicieron todas juntas ...] (Guissel). Esta falta es grave dado que la connotación ética del plagio es la omisión de informar que lo que se expresa es de otro autor, haciéndolo pasar como propio, sea parcial o total dentro de un trabajo en el que se pueden incluir secciones originales y propias. Hoy en día, a la luz de los sistemas informáticos actuales resulta más fácil detectar el plagio y su comprobación (Dominighini & Cataldi, 2017).

Otro *desempeño* “aceptable” (4.97) es “Implemento ambientes sociales de aprendizaje con TIC, para el desarrollo de la participación y el aprendizaje colaborativo en red”. Los estudiantes expresan que [Hay páginas que le ayudan al docente que tiene sistemas de comunicación de chat de cómo comunicarse con otros profesores o a través de correos, pero yo más que nada lo busco en el sentido de buscar herramientas o cosas que me sirvan para trabajar en clases o en evaluaciones...] (Juan).

Según Hechter, Phyfe, & Vermette (2012), los maestros integran la tecnología en la enseñanza y el aprendizaje para una variedad de razones, tales como: la promoción, la participación y la enseñanza del estudiante, mejorar las prácticas docentes, para promover un

aprendizaje más interactivo, variar los métodos de enseñanza, realizar laboratorios y demostraciones, y para la investigación y comunicación. Sin embargo, existen elementos administrativos, tecnológicos, organizativos además de barreras propias que seriamente impiden la efectiva implementación de la tecnología en la enseñanza superior en el aula. Es sabido que la incorporación de las TIC en el proceso de enseñanza y de aprendizaje no se puede limitar a la dotación de equipos, acceso a internet, elección de imágenes u otros tipos de recursos materiales, sino que también es necesario aprovechar el enorme potencial que éstas ofrecen para poder formar a los alumnos en el buen uso de las herramientas tecnológicas.

## Conclusiones

A continuación, se presentan las conclusiones respondiendo a los objetivos de la investigación que fue evaluar las competencias en TIC en la Formación Inicial Docente en estudiantes de Pedagogía de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad Católica del Maule de Chile.

A partir de los resultados se puede concluir que los estudiantes de pedagogía de último año presentan un desempeño “bueno” en el uso de las TIC, para apoyar la función docente, sin embargo, la formación recibida queda en un nivel sólo "aceptable".

Los recursos, herramientas y estrategias, más utilizadas por los estudiantes para integrar las TIC, se relacionan con el uso de programas de Microsoft office, el Word y PowerPoint. En sus clases o exposiciones, son la búsqueda y selección de información en internet, tales como imágenes, contenidos de materias, planificaciones y PowerPoint disponibles en la web. Se observa un alto uso de las redes sociales, sin fines de aprendizaje colaborativo, sino más bien para comunicarse, como lo son: el Facebook, el WhatsApp y el celular. Con mayor frecuencia usan las plataformas de aprendizaje: Educar Chile, Aula 365 y Buenas Tareas, además, de usar Blog, Movie Maker, y You Tube, estas son usadas con fines de bajar información, imágenes, planificaciones, entre otros.

Las competencias TIC, menos y más desarrolladas en los estudiantes de pedagogía, se muestran por dimensión en la siguiente tabla:

Dimensión	Competencias Aceptables	Competencias Buenas/ muy buenas
<b>Manejo Tecnológico Operativo</b>	Uso de las herramientas básicas para la generación de informes con estadísticas y gráficos (Excel, otros).	El uso de las herramientas básicas en digitación y edición de procesadores de texto (Word y otros).
<b>Diseño de Ambientes de Aprendizaje</b>	Diseño de estrategias de evaluación utilizando recursos TIC pertinentes a los aprendizajes esperados.	Planificación de ambientes de aprendizaje con integración de las TIC.
<b>Conciencia Ético y Social</b>	Uso de la tecnología: copyright, derecho de autor, censura y privacidad.	Uso de la tecnología: mensajes de texto, videoconferencias, foros, facebook, chat, entre otros, dentro de un marco ético.

	Participación en comunidades virtuales fomentando el aprendizaje colaborativo.	
--	--	--

Tabla 1: Competencias TIC, menos y más desarrolladas en estudiantes de pedagogía.

Las necesidades formativas en TIC, se relacionan con capacitación en Excel, Prezi, y Pizarra Digital. Además, manejar criterios técnicos para seleccionar los recursos tecnológicos, conocimiento de estrategias de evaluación con TIC y una mayor participación en comunidades virtuales con fines de aprendizaje colaborativo.

Sería recomendable que desde el primer año de universidad se programaran talleres o cursos de nivelación extra-programáticos, capacitando a los estudiantes en los programas Excel y Prezi y en pizarra digital, entregando contenidos que integren los criterios técnicos para seleccionar los recursos tecnológicos, creación de estrategias de evaluación con TIC. A su vez habría que invitar a participar a los estudiantes en comunidades virtuales con una intencionalidad pedagógica clara, donde se promueva el aprendizaje colaborativo en un marco de conciencia ético-social.

Los significados y juicios de valor que otorgan los estudiantes de pedagogía, en relación al comportamiento ético-social en el uso TIC en educación, son sobre el desconocimiento de las orientaciones, los contratos, permisos y licencias en internet, tal como lo expresan [...hay un contrato que uno firma que habla sobre lo ético, pero no lo he leído...] (Jorge) [No, no existen orientaciones, no, no, yo tampoco, No haber como de...pero no, no hay...] (Luis) [...nos piden que nosotros ocupemos el Open Office, donde todo este en Open Office, es todo gratis...] (Guiselle). Otro aspecto es el respeto a los derechos de autor: [... nos dimos cuenta que hay imágenes que tenían autoría y uno no podía utilizarlas [...] y si se utiliza hay que citarlo, hay que pagar por todo...] (Nicole). En relación a la participación en comunidades virtuales y el aprendizaje colaborativo en un marco ético y social, no es con fines de interacción educativa, tal como lo señalan los estudiantes [...pero yo más que nada, lo busco en el sentido de buscar herramientas o cosas que me sirvan para trabajar en clases o en evaluaciones...] (Inés).

Las principales dificultades o barreras a las que se ven enfrentados los estudiantes de pedagogía para integrar las TIC, son: la falta de capacitación por parte de la universidad, formación insuficiente, falta equipamiento e infraestructura, bajo acceso a internet desde sus hogares, por factores geográficos (zona rural) y económicos, bajo manejo de herramientas Excel, pizarra digital, y poca conciencia ético-social en el uso de las TIC.

A nivel curricular es necesario actualizar las mallas curriculares de los programas de pedagogía para incorporar las competencias TIC, no solo en forma transversal, siendo también contando con al menos una asignatura asociada al uso metodológico y didáctico de la integración de las TIC en el Diseño de Ambientes de Aprendizaje.

Es recomendable mejorar la infraestructura tecnológica y el acceso a ella, por parte de estudiantes y profesores, habría que instalar un adecuado soporte tecnológico para mantenerlas operativas, se podrían incorporar más zonas con wi-fi, y un mejor mantenimiento de los equipos. Los laboratorios debieran contar con más puestos de trabajo, en la biblioteca se podría aumentar el número de computadores, equipar todas las salas de clases con pizarras digitales con acceso a internet y tener un apoyo técnico informático permanente por carrera.

A nivel institucional, se podría instaurar un mecanismo de apoyo con políticas claras en TIC, facilitar los cursos de capacitación a profesores y estudiantes, capacitar a los profesores

en la plataforma institucional. Finalmente, adquirir nuevas licencias con un soporte e infraestructura adecuada y software al alcance de todos los usuarios.

## Referencias

- Aguaded – Gómez, J. I. (2012). *Competencia Mediática, una Acción Educativa Inaplazable*. Media Proficiency, an Educational Initiative that Cannot Wait. *Revista Científica Iberoamericana de Comunicación y Educación*. Comunicar, 39, XX, 2012.
- Almerich, G.; Suárez, J. M.; Belloch, M. C.; & Bo, R. M. (2011) Las necesidades formativas del profesorado en TIC: Perfiles formativos y elementos de complejidad. *Relieve: Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 17(2) pp. 1-28. Recuperado de <https://goo.gl/PH0RDA>
- Cortez Oviedo, S. (2018) Espacios Públicos y tic. El rol de la experiencia estética en sus usos y apropiaciones. *Controversias y Concurrencias Latinoamericanas*, 10(16), 23-34. Recuperado de <https://bit.ly/2NPI2QY>
- Darko, A. & Voogt, J. (2011) Determining Teachers' TPACK through observations and self-report data. University of Twente, Postbus 217, 7500 AE, Enschede, The Netherlands. Pág. 2314-2319. Recuperado de <https://goo.gl/xHIjFs>
- Dominighini, C. & Cataldi, Z. (2017) Ética en la investigación en TICS: Formación en buenas prácticas en ciencia y tecnología Universidad Tecnológica Nacional. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales* Vol. 14(22), págs. 20-25. Recuperado de <https://bit.ly/2NWhZWW>
- García, C.; Navarrete, M<sup>a</sup>; Ancona, M<sup>a</sup>. (2013) Las Comunidades de Aprendizaje y Redes Sociales en las Universidades. *Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento*. Granada (España) Época II Año XIII Número 13 Vol. I: 86-93 Recuperado de <https://goo.gl/ehRsxe>
- García de León, M.; Chávez, V.; Olazábal, A.; Rayón, C. (2018) Apropiación Pedagógica de las Tecnologías de la Información y Comunicación en los docentes. Estudio de caso en la Universidad Autónoma del Estado de México. *Controversias Y Concurrencias Latinoamericanas*, pp 53-66. Recuperado de <https://bit.ly/32vhVmF>
- Hechter, R.; Phylfe, L.; & Vermette, L. (2012) Integrating Technology in Education: Moving the TPACK Framework towards Practical Applications. © The Graduate School of Education The

- University of Western Australia *An Internacional Journal Educación Research and Perspective*. Volume 39, 2012, Pages 136-152, Recuperado de <https://goo.gl/sGFSmG>
- Hernández, R.; Fernández, C.; & Baptista, P. (2010) *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Khoeler, M.; Shin, T.; & Mishra, P. (2012) How Dow we measure TPACK? Let Me Count the Whays. Recuperado de <https://goo.gl/JafL6s>
- Martínez Gimeno, A. y Torres Barzabal L. (2013) Los entornos personales de aprendizaje (PLE). Del cómo enseñar al cómo aprender. *Edmetic, Revista de Educación Mediática y TIC*. vol 2, n°1, 2013, E-ISSN: 2254-0059; 41-62. Recuperado de <https://goo.gl/b0FbfM>
- Núñez Paula, I. (2019) Educación para el desarrollo sostenible: hacia una visión sociopedagógica. *Controversias Y Concurrencias Latinoamericanas*, 11(19), pp 291-314. Recuperado de <https://bit.ly/2JYgKFw>
- Pérez-Tornero, J. M. & Tayie, S. (2012) La Formación de Profesores en Educación en Medios: Currículo y Experiencias Internacionales. *Teacher Training in Media Education: Curriculum and International Experiences. Revista Científica Iberoamericana de Comunicación y Educación. Comunicar*, 39, XX, 2012
- Ricoy, M<sup>a</sup> C. & Fernández, J. (2013) Contribuciones y controversias que genera el uso de las TIC en la Educación Superior: un estudio de caso. *Revista de Educación N°360, enero a abril de 2013, Ministerio de Educación Cultura y Deporte*. Gobierno de España. Recuperado de <https://goo.gl/Aqtqbe>
- San Nicolás, M<sup>a</sup> B.; Fariña Vargas, E.; Área Moreira, M. (2012) Competencias Digitales del Profesorado y Alumnado en el Desarrollo de la Docencia Virtual. El Caso de la Universidad de la Laguna. *Revista Historia de la Educación Latinoamericana - Vol. 14 No. 19*, pp. 227-245. Recuperado de <https://goo.gl/1x8M9k>
- UNESCO (2014) Enfoques Estratégicos sobre las TICs en Educación en América Latina y el Caribe. Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe (OREALC/UNESCO Santiago) Recuperado de <https://goo.gl/20HIhf>
- Vera, J.A., Torres, L.E. & Martínez, E.E. (2014) Evaluación de Competencias Básicas en Tic en Docentes de Educación Superior en México. *Revista de Medios y Educación*. N° 44. pp.143 a 155. Recuperado de <https://goo.gl/L24zrO>

Dominighini, C. & Cataldi, Z. (2017) Ética en la investigación en TICS: Formación en buenas prácticas en ciencia y tecnología Universidad Tecnológica Nacional. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales* Vol. 14(22), págs. 20-25. Recuperado de <https://bit.ly/2NWhZWW>

## Estrategias Didácticas diseñadas a partir de Estilos de Aprendizaje e Inteligencias Múltiples para el Pensamiento Aleatorio

Yamileth Ortegón Fernández<sup>1</sup>, Mario Muñoz Ochoa<sup>2</sup>, Jhon Jair Jimenez<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Corporación Universitaria Comfacauc

<sup>3</sup>Universidad del Cauca  
Colombia

### Sobre los autores

**Yamileth Ortegón Fernández:** nació en la ciudad de Popayán, Ingeniería Física de la Universidad del Cauca. Magister en Diseño y Gestión de Procesos con énfasis en Procesos Químicos de la Universidad de La Sabana. Actualmente es profesora del Departamento de Ciencias Básicas de la Corporación Universitaria Comfacauc.

**Correspondencia:** [yortegon@unicomfacauc.edu.co](mailto:yortegon@unicomfacauc.edu.co)

**Mario E. Muñoz Ochoa:** nació en la ciudad de Cali, Estadístico de la Universidad del Valle. Especialista en Gerencia de Proyectos de la UNIMINUTO. Actualmente es profesor del Departamento de Ciencias Básicas de la Corporación Universitaria Comfacauc

**Correspondencia:** [mmunoz@unicomfacauc.edu.co](mailto:mmunoz@unicomfacauc.edu.co)

**Jhon Jair Jiménez:** nació en la ciudad de Popayán, Matemático de la Universidad del Cauca. Magister en Educación matemática de la Universidad del Cauca. Actualmente es profesor del Departamento de Matemáticas de la Universidad del Cauca.

**Correspondencia:** [jjairj@hotmail.com](mailto:jjairj@hotmail.com)

### Resumen

Este artículo es producto de una investigación que muestra las estrategias didácticas diseñadas para un grupo de grado 5° de Primaria, a partir de los estilos de aprendizaje y los tipos de Inteligencia. Se aplicó dos pruebas estandarizadas a una muestra de 26 estudiantes, el Test de estilos de aprendizaje PNL (VAK) (20 ítems) y el Test de Inteligencias Múltiples de Gardner adaptado para niños (40 ítems). Los resultados obtenidos revelan que predomina la Inteligencia Naturalista (93.08%), seguida por la Inteligencia Corporal cinestésica con un 83,85%; en cuanto a los estilos de aprendizaje los estudiantes adquieren conocimiento con mayor facilidad a través del canal visual (34.62%) y el canal cinestésico (26,92%), es de notar que 26,94% no tiene preferencia alguna. En el análisis de correlación lineal de Pearson, se encontró relaciones positivas y estadísticamente significativas entre la Inteligencia Interpersonal y la Inteligencia Musical ( $r= 0.449$ ) a un nivel de significancia del 5%.

Con el diagnóstico se diseñó una unidad de didáctica y una aplicación virtual para fortalecer las competencias de aprendizaje acordes con el estilo y el tipo de inteligencia predominante en el grupo; esperando que se evidencie un mejor desempeño en el pensamiento Aleatorio en las Pruebas Saber.

**Palabras Claves:** Básica Primaria, Estrategias didácticas, Estilos de Aprendizaje, Inteligencias Múltiples, Pensamiento Aleatorio y Sistema de datos,

## Teaching Strategies designed from Learning Styles and Multiple Intelligences for Random Thinking

### Abstract

*This article is the product of a research project that shows the didactic strategies designed for 5th grade group from Primary Basic, based on the relationships established between learning styles and the prevailing types of Intelligence. Two standardized tests were applied to a sample of 26 students, the NLP Learning Styles Test (VAK) (20 items) and the Gardner Multiple Intelligence Test adapted for children (40 items). The results reveal that naturalist intelligence predominates in the group with 93.08%, followed by kinesthetic body intelligence with 83.85%; As for learning styles, students acquire knowledge more easily through the visual (34.62%) and the kinesthetic channels (26.92%), it should be noted that 26.94% have no preference. Finally, when performing Pearson's linear correlation analysis, positive and statistically significant relationships were found between Interpersonal Intelligence and Musical Intelligence ( $r = 0.449$ ) at a 5% level of significance.*

*Taking into account the characteristics of the group under study, a didactic unit and a virtual application were designed in order to strengthen the learning competences according to the style and prevailing type of intelligence in the group; expecting to obtain a better performance in the Random thinking and data system in the Saber government test.*

**Keywords:** *Primary Basic, Didactic Strategies, Learning Styles, Multiple Intelligences, Random Thinking and Data System.*

### 1. Introducción

Actualmente se observa en las instituciones educativas un bajo desempeño que se debe a que no se está detectando las diferentes formas en que los estudiantes pueden adquirir un conocimiento de acuerdo a sus destrezas, habilidades y capacidades, es relevante comprender que los estudiantes aprenden de forma distante y a un ritmo particular; La importancia de conocer qué tipo de inteligencia posee un estudiante radica en que, dependiendo de esta, se pueden utilizar los apoyos didácticos necesarios para mejorar sus capacidades intelectivas.

Los estudiantes de la Institución Educativa Carlos M. Simmonds presentan deficiencias en su proceso de aprendizaje en el pensamiento aleatorio, razón por la cual se observa un desempeño bajo en las Pruebas Saber. Buscando la forma de disminuir esta tendencia, esta investigación busca potencializar estrategias encaminadas a facilitar su proceso de aprendizaje.

#### 1.1. Inteligencias Múltiples

Existen muchas facultades humanas a las que se les puede llamar inteligencia. Gardner (1999), por ejemplo, considera que la inteligencia consiste en la “capacidad para resolver problemas o dificultades que se encuentren... encontrar o crear problemas estableciendo las bases para la adquisición de nuevos conocimientos”, (Gardner H. , 1999)

Este autor sostiene que la inteligencia no es una capacidad única, sino que abarca una gran variedad de destrezas y habilidades que permiten enfrentar y resolver problemas de distinta naturaleza. De ahí que una persona puede resultar más hábil o eficaz para



determinados asuntos que para otros. Por otra parte, las distintas inteligencias poseen un importante carácter cultural, con lo cual cada sociedad estimula, deliberadamente o de manera inconsciente, el desarrollo de unas por encima de otras. (Prada, R; Rincón, G; Hernández, C., 2018). Existen ocho formas: Inteligencia Lingüística, Inteligencia lógico/matemática, Inteligencia visual/espacial, Inteligencia Corporal/Cinestésica, Inteligencia Musical, Inteligencia Interpersona, Intrapersonal, Inteligencia Naturista.

- Inteligencia lingüística: la capacidad para usar palabras de manera efectiva, sea en forma oral o escrita. Esta inteligencia incluye la habilidad para manipular la sintaxis, los significados del lenguaje o los usos prácticos del mismo.
- La inteligencia lógico matemática: la capacidad para usar los números de manera efectiva y razonar adecuadamente. Esta inteligencia incluye la sensibilidad a los esquemas y relaciones lógicas, las afirmaciones y las proposiciones (si-entonces, causa-efecto), las funciones y las abstracciones, y procesos como la categorización, la clasificación, la inferencia, la generalización, el cálculo y la demostración de las hipótesis.
- La inteligencia corporal-cinestésica: la capacidad de usar todo el cuerpo para expresar ideas y sentimientos y la facilidad en el uso de las propias manos para producir o transformar cosas. Esta inteligencia incluye habilidades físicas como la coordinación, el equilibrio, la destreza, la fuerza, la flexibilidad y la velocidad, así como las capacidades auto perceptivas, táctiles y el dominio de medidas y volúmenes.
- La inteligencia visual - espacial: la habilidad para percibir de manera exacta el mundo visual-espacial y de ejecutar transformaciones sobre esas percepciones. Esta inteligencia incluye la sensibilidad al color, la línea, la forma, el espacio y las relaciones que existen entre estos elementos. Comprende la capacidad de visualizar y de representar en forma gráfica ideas visuales o espaciales.
- La inteligencia musical: la capacidad de percibir este arte, de discriminarlo (un crítico musical), transformarlo (un compositor) y expresarlo (una persona que toca un instrumento). Esta inteligencia incluye la sensibilidad al ritmo, el tono, la melodía, el timbre o el color tonal de una pieza musical.
- La inteligencia interpersonal: la capacidad de percibir y establecer distinciones en los estados de ánimo, las intenciones, las motivaciones y los sentimientos de otras personas. Esto puede incluir la sensibilidad a las expresiones faciales, la voz y los gestos, así como la capacidad para discriminar entre diferentes clases de señales interpersonales y para responder de manera efectiva a estas señales en la práctica.
- La inteligencia intrapersonal: el conocimiento de sí mismo y la habilidad para adaptar las propias maneras de actuar a partir de ese conocimiento. Esta inteligencia exige conocer una imagen precisa de uno mismo, tener conciencia de los estados de ánimo interiores, las intenciones, las motivaciones, los temperamentos y los deseos, y conceptos como la autodisciplina, la auto comprensión y la autoestima. (Buchelli, 2008)

- Inteligencia naturista: Quienes poseen esta inteligencia son personas con gran sentimiento y amor por la naturaleza; que entienden y protegen el mundo natural, las plantas y los animales. Poseen la capacidad de reconocer, distinguir y relacionar ciertas especies como integrantes de un grupo, se le facilita y disfrutan de clasificar y reconocer las especies de animales y plantas. En esta inteligencia se destacan los veterinarios, biólogos, expedicionarios, zoólogos y botánicos. (Perez, 2015).

El sistema educativo actual no permite al niño expresarse libremente, lo cual genera que en su desarrollo no pueda experimentar la manera de hacerse entender a través de una serie de habilidades y capacidades que adquiere en su procesos de aprendizaje.

## 1.2. Estilos de Aprendizaje

En la actualidad, la definición de estilos de aprendizaje más difundida es la de (Keefe, 1988) la cual caracteriza los estilos como los rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que sirven como indicadores estables con respecto a cómo se percibe y responde un sujeto a su ambiente de aprendizaje. En este contexto es importante recordar que cada persona aprende de manera distinta y utiliza diferentes estrategias, aprendiendo a diferentes velocidades (Navarro, 2008)

Para (Dunn, R; Dunn, K; Perrin, J, 1994) el estilo de aprendizaje es la manera de como una persona procesa estímulos básicos que afectan a la habilidad de absorber y retener información. Por otro lado (Smith, 1988) lo describe como las características por las que un sujeto procesa, siente y se comporta en las situaciones de aprendizaje.

Por su parte (Dunn, R; Dunn, K., 1978) describieron tres grandes sistemas o estilos que posee el ser humano para percibir la información:

- a) Visual: estas personas piensan en imágenes y tienen la capacidad de captar mucha información y con velocidad, también son capaces abstraer y planificar mejor que los siguientes estilos. Aprenden con la lectura y presentaciones con imágenes.
- b) Auditivo: sujetos que utiliza el canal auditivo en forma secuencial y ordenada, aprenden mejor cuando reciben explicaciones orales y cuando pueden hablar y explicar esa información a otra persona. Estos alumnos no pueden olvidar una palabra porque no saben cómo sigue la oración. No permite relacionar conceptos abstractos con la misma facilidad del visual. Es fundamental en estudios de música e idiomas.
- c) Cinestésico: personas que aprenden a través de sensaciones y ejecutando el movimiento del cuerpo. Es el sistema más lento en comparación a los anteriores, pero su ventaja es que es más profundo una vez que el cuerpo aprende le es muy difícil olvidarlo. Por lo tanto, estos estudiantes necesitan más tiempo que los demás, lo que no significa baja de inteligencia sino su forma de aprender es diferente. (Flores, E; Maureira, F, 2015)

El objetivo de la investigación es determinar los estilos de aprendizaje y los tipos de inteligencias que predominan en el grado 5° de la IE Carlos M Simmonds con el propósito de diseñar estrategias didácticas que fortalezcan las capacidades y habilidades del grupo y permitan un mejor desempeño en el pensamiento aleatorio en las Pruebas Saber.

## 2. Metodología:

La metodología que se utilizó para esta investigación fue experimental, descriptiva y correlacional; con la cual se buscaba las características del grupo experimental a partir de los constructos teóricos de Estilos de Aprendizaje (EA) e Inteligencias Múltiples (IM). En esta investigación participaron 26 estudiantes de grado 5° de la IE Carlos M. Simmonds ubicada en la ciudad de Popayán.

Esta investigación se realizó con el consentimiento de las directivas de la Institución; a las cuales se les dio a conocer los objetivos y la metodología a desarrollar con los estudiantes. Las pruebas que se llevaron a cabo estuvieron supervisadas por los docentes investigadores y el docente a cargo del grupo experimental, quienes se encargaron de dar las directrices para el buen desarrollo de las mismas.

Inicialmente se realizó una Prueba Diagnóstico al grado 5° de la jornada de la mañana y de la tarde, esta prueba tenía 15 ítems que se estructuraron en tres temáticas: análisis de tablas de frecuencia, análisis de gráficos y medidas de tendencia central; posteriormente se clasificó el desempeño de los estudiantes en: insuficiente, mínimo, satisfactorio y avanzado, y se observó que el grupo de la jornada de la tarde tenía un porcentaje mayor en los niveles de desempeño insuficiente y mínimo, por tanto se seleccionó para aplicar las estrategias diseñadas.

El siguiente paso fue establecer el tipo de inteligencia de los estudiantes a través del Test de IM, compuesto por 40 ítems adaptado para niños, que permitió deducir cuál o cuáles inteligencias fueron predominantes; este se aplicó de forma colectiva en la sala de sistemas de la institución (Psicoactiva, 2019). Este cuestionario se basa en la teoría de las inteligencias múltiples de Howard Gardner y consta de una serie de preguntas clasificadas según el tipo de inteligencia a evaluar, entre las que tenemos: Inteligencia Lingüística, Lógica Matemática, Espacial, Física y Cinestésica, Musical, Interpersonal e Intrapersonal; al finalizar se obtuvo por cada estudiante una evaluación cuantitativa en un rango de 0 a 5, donde “0” significa no poseer cierto tipo de inteligencia, “1” sería 20% , “2” sería 40%, “3” el 60%, “4” el 80% y “5” tenerla totalmente.

El segundo cuestionario que se aplicó fue un Test de Estilos de Aprendizaje PNL (VAK) adaptado para niños (De la Parra Paz, 2004), cuenta con 20 ítems que permite establecer el estilo predominante según los hábitos y preferencias; clasifica a los estudiantes en visual, cinestésico y auditivo. Se emplea el visual al recordar imágenes concretas o abstractas, como letras y números; el auditivo cuando reciben explicaciones orales y pueden hablar y explicar esa información a otra persona y, finalmente el cinestésico, que aprenden a través de sensaciones y ejecutando el movimiento del cuerpo, es el sistema más lento en comparación a los anteriores, pero su ventaja es que es más profundo. (Cazau, 2019)

Una vez aplicados los cuestionarios se elaboraron tablas y figuras, mediante las frecuencias y porcentajes de cada categoría, además se calcularon, el promedio y medidas de dispersión (desviación estándar y coeficiente variación) para el test de inteligencia múltiples.

Para la correlación entre inteligencias múltiples se aplicó la prueba estadística de Pearson, esta permitió identificar relaciones significativas a través del coeficiente de correlación lineal de Pearson ( $r$ ); según Cohen los rangos establecidos para este estadístico son:  $0.10 \leq r < 0.30$  indica una relación débil,  $0.30 \leq r \leq 0.49$  una relación media y para  $r \geq 0.50$  una relación fuerte. El nivel de significancia con que se trabajó esta prueba fue de 0.05 (Cohen, 1988). Todos los análisis de datos se realizaron por medio del software estadístico SPSS versión 24.0.

Con los resultados obtenidos de los test de IM y EA y la correlación entre IM, se diseñó una unidad didáctica y una aplicación virtual encaminadas a fortalecer el pensamiento aleatorio y mejorar el desempeño de los estudiantes en las pruebas Saber 5°.

La unidad didáctica juega un papel muy importante porque le permite al estudiante adquirir los conceptos estadísticos de una forma experimental, lúdica y práctica. Se diseñó pensando en el desarrollo de las habilidades de aprendizaje llevándolo paso a paso hacia la construcción del conocimiento.

Se dividió en tres temáticas centrales: Tablas de Frecuencia, Representación Gráfica de datos y Medidas de Tendencia Central, cada temática consta de al menos 4 momentos:

- Descubrimiento: tiempo para explorar, investigar e indagar, se busca crear interés en el estudiante a través situaciones cotidianas o situaciones problema (uso de material concreto).
- Explicación: el docente aclara los conceptos que en la anterior fase los estudiantes lograron identificar.
- Asimilación: el estudiante entiende, como se utiliza, para que sirve y como lo puede usar, busca consolidar a través de la práctica y la ejercitación los conceptos adquiridos e integra la teoría y la práctica; se comprueba si el estudiante posee un nuevo aprendizaje.
- Representación: se plantean ejercicios de repaso y pruebas de control, es importante el proceso de corrección y de verificación guiado por el docente para corroborar que ha quedado claro lo explicado.

Cada fase busca tener como protagonista al estudiante; se desea que él descubra los conceptos a través de la manipulación de material concreto, experimentado con diferentes elementos que le permitan discernir la mejor solución entre varias opciones, y finalmente que llegue a una conclusión a través de un aprendizaje significativo. Se utilizaron gráficas y vídeos de noticias de interés general para mostrar al estudiante la importancia de la interpretación de datos en la actualidad para cualquier contexto. Cada imagen o vídeo estaba seguida de una serie de preguntas que conllevan a el estudiante a relacionar conceptos y buscar posibles soluciones. El trabajo en equipo es fundamental en los ejercicios y actividades propuestas ya que fomenta valores como el respeto, saber escuchar; pero además permite ampliar la visión de las cosas y la toma de decisiones en un contexto grupal.

La unidad didáctica se diseñó para un total de 8 sesiones de 110 minutos cada una y tendrá lugar al final del último trimestre del año escolar.

Como segunda estrategia se creó una aplicación virtual denominada “Aprendamos Estadística” en donde el estudiante a través del juego logra reforzar los conceptos vistos en clase, está dividida en 3 fases: la fase I consta de 4 niveles, inicialmente el jugador realiza un conteo de artículos, luego tiene que llenar una tabla de frecuencias y finalmente construir un gráfico de barras y un diagrama circular. La fase II también consta de 4 niveles. El primer nivel consiste en realizar un conteo, pero en esta ocasión tendrá que categorizar a un grupo de estudiantes según el número de hermanos que tengan, posteriormente deberá encontrar la

moda, la media y la mediana del grupo de datos. Finalmente para la fase III, se evaluará el desempeño del estudiante a través de una prueba que consta de 9 preguntas basadas en las pruebas Saber 5° que realiza el Icfes; se presentará en la pantalla los resultados obtenidos por el estudiante en cada fase. Ver Figura 1.

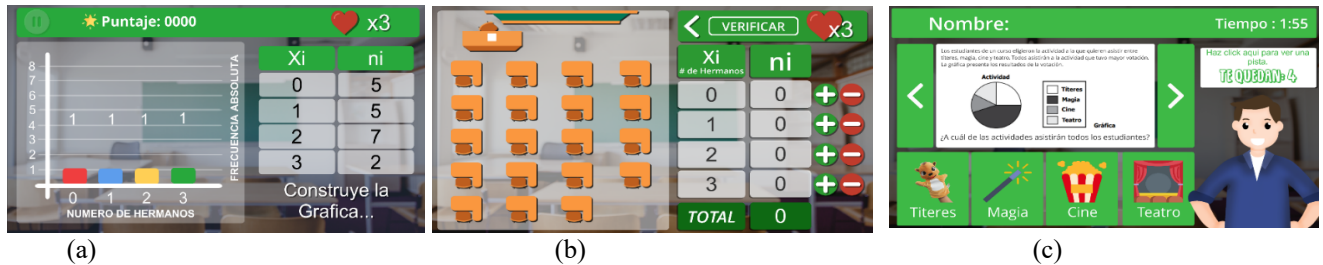


Figura 1. Objetos virtuales. (a) Fase I (construcción Tablas y gráficas). (b) Fase II Medidas de Tendencia Central. (c) Fase III Evaluación

**Resultados:**

**2.1. Estadísticos descriptivos de la variable Estilos de Aprendizaje (EA)**

Los resultados del Test de Estilos de Aprendizaje PNL (VAK) se muestran en la Tabla 1. La primera columna corresponde a los estilos de aprendizaje, la siguiente a la frecuencia y el porcentaje en el grupo experimental.

**Tabla 1.** Descriptivos de la variable Estilos de Aprendizaje

Estilos de aprendizaje	ni	%fi
Visual	9	34,62
Auditivo	2	7,69
Cinestésico	7	26,92
Visual-Auditivo-Cinestésico	7	26,92
Visual-Auditivo	1	3,85
Total	26	100

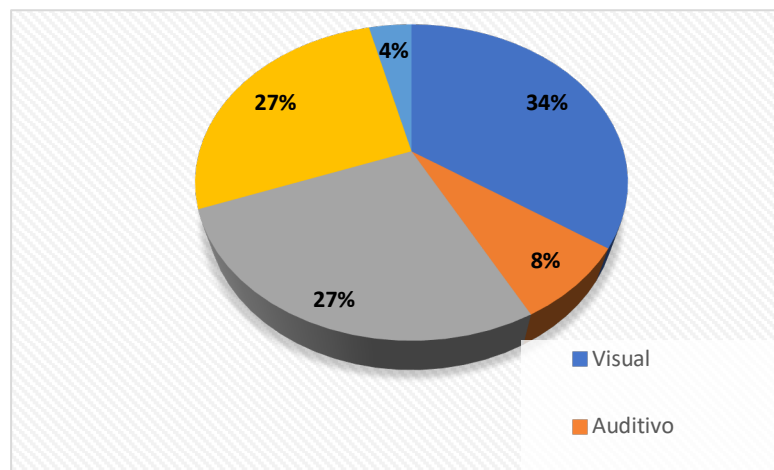


Figura 2. Resultados estilos de aprendizaje grupo experimental

El test de VAK permite visualizar las preferencias de las personas para aprender nueva información y experiencias, es decir, la manera como el individuo procesa, captura y entrega ideas. Se pueden encontrar las percepciones de lo visual (gráficos y símbolos), de lo auditivo (escuchar información) y de lo cinestésico (uso de la experiencia y la práctica, real o virtual) (Bedregal, 2018). Como se puede observar el estilo de aprendizaje que predomina en el grupo experimental fue el visual con un 34,62%, seguidamente está el estilo cinestésico con un 26,92% y es de resaltar que en un 26,92% los estudiantes no tienen un estilo de aprendizaje predominante. Ver Figura 2.

## 2.2. Estadísticos descriptivos de la variable Inteligencias Múltiples (IM)

En la Tabla 2 se presenta el resumen del Test de Inteligencias Múltiples, tales como el puntaje promedio, el porcentaje y el coeficiente de variación.

**Tabla 2.** Estadísticos de las Inteligencias Múltiples

Tipo de Inteligencia	Puntaje promedio	Porcentaje	Desviación	(%) CV
I. lingüística	3,92	78,46	0,98	24,89
I. lógico/matemática	3,08	61,54	0,98	31,74
I. visual/espacial	3,54	70,77	1,24	35,05
I. Corporal/Cinestésica	4,19	83,85	0,94	22,40
I. Musical	2,77	55,38	1,21	43,70
I. Interpersonal	3,50	70,00	1,03	29,42
I. Intrapersonal	3,15	63,08	0,92	29,33
I. Naturalista	4,65	93,08	0,69	14,82

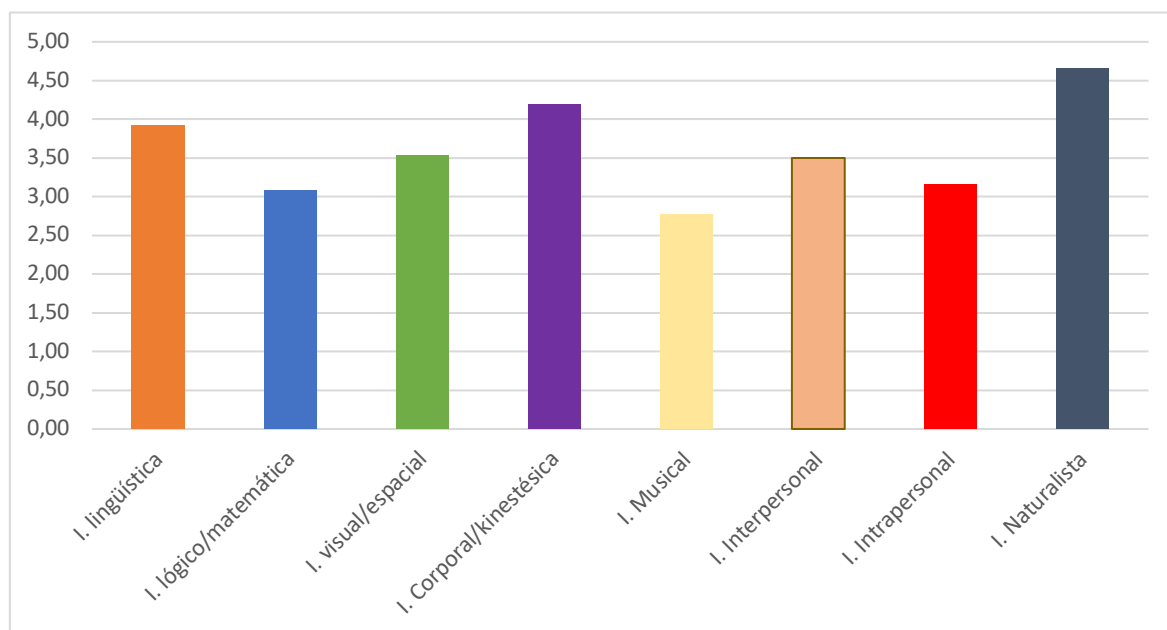


Figura 3. Resultados Test Inteligencias Múltiples grupo experimental

El tipo de inteligencia que impera en el grupo experimental es la Inteligencia Naturalista con un 93% aproximadamente; estas personas están interesadas por el mundo natural, la investigación y la exploración del entorno. Seguida de la Inteligencia Corporal/Cinestésica con un 84% aproximadamente, en donde la persona tiene la capacidad de manifestarse a través de un lenguaje no verbal, haciendo un tratamiento adecuado del manejo de objetos, expresado en destrezas y habilidades manuales. La Inteligencia que presenta un menor nivel es la Inteligencia Musical con un 55,38%, esta se manifiesta por la facilidad para identificar sonidos y características como intensidad y tono. Ver Figura 3.

### 2.3. Correlación Inteligencias Múltiples

En la Tabla 3 se observa la correlación entre las Inteligencias Múltiples realizada a través de la prueba de Pearson.

**Tabla 3. Correlación Lineal de Pearson entre Inteligencias Múltiples**

Correlaciones									
Inteligencias Múltiples	Correlación	Inteligencia Lingüística	Inteligencia Matemática	Inteligencia Visual Espacial	Inteligencia Cinestésica	Inteligencia Musical	Inteligencia Interpersonal	Inteligencia Intrapersonal	Inteligencia Naturalista
Inteligencia Lingüística	Correlación de Pearson	1	0,342	0,333	0,104	0,695*	0,199	0,058	0,018
	Sig. (bilateral)		0,087	0,097	0,613	0,000	0,330	0,779	0,929
Inteligencia Matemática	Correlación de Pearson	0,342	1	0,361	0,332	0,354	0,318	0,119	0,041
	Sig. (bilateral)	0,087		0,070	0,097	0,076	0,113	0,562	0,842
Inteligencia Visual Espacial	Correlación de Pearson	0,333	0,361	1	0,045	0,166	0,000	-0,145	0,086
	Sig. (bilateral)	0,097	0,070		0,828	0,418	1,000	0,480	0,675
Inteligencia Cinestésica	Correlación de Pearson	0,104	0,332	0,045	1	0,111	0,352	0,287	-0,017
	Sig. (bilateral)	0,613	0,097	0,828		0,589	0,078	0,155	0,936
Inteligencia Musical	Correlación de Pearson	0,695*	0,354	0,166	0,111	1	0,449*	-0,110	0,140
	Sig. (bilateral)	0,000	0,076	0,418	0,589		0,021	0,593	0,495
Inteligencia Interpersonal	Correlación de Pearson	0,199	0,318	0,000	0,352	0,449*	1	0,168	-0,197
	Sig. (bilateral)	0,330	0,113	1,000	0,078	0,021		0,412	0,334
Inteligencia Intrapersonal	Correlación de Pearson	0,058	0,119	-0,145	0,287	-0,110	0,168	1	0,024
	Sig. (bilateral)	0,779	0,562	0,480	0,155	0,593	0,412		0,907
Inteligencia Natural	Correlación de Pearson	0,018	0,041	0,086	-0,017	0,140	-0,197	0,024	1

	Sig. (bilateral)	0,929	0,842	0,675	0,936	0,495	0,334	0,907	
**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).									
*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).									

En la Tabla 3 se observa una correlación lineal positiva entre la inteligencia interpersonal y la inteligencia musical ( $r=0.449$ ), con una intensidad media, lo que significa que a mayor inteligencia interpersonal mayor inteligencia musical observándose un valor  $p=0.021$  a un nivel de significancia de 0.05. Además, se ha encontrado una relación significativa entre la Inteligencia Lingüística y la Inteligencia Musical con un coeficiente de correlación de  $r=0.695$  con valor  $p=0$  a un nivel de significancia de 0.01, lo que significa que es una relación positiva, cuanto más alta es la Inteligencia Lingüística más alta es la Inteligencia Musical. En las demás variables no se encontraron relaciones significativas.

Con los resultados mencionados anteriormente se diseñó una unidad didáctica y una aplicación virtual encaminadas a fortalecer el pensamiento aleatorio y mejorar el desempeño de los estudiantes en las pruebas Saber 5°.

### Discusión de resultados:

El objetivo principal del anterior estudio fue caracterizar el grupo de experimental de estudiantes del grado 5° de la IE Carlos M Simmonds a través de los constructos de Estilos de Aprendizaje e Inteligencias Múltiples y sus correlaciones.

Un aspecto de gran importancia en el proceso de aprendizaje de los seres humanos y en particular de los niños está en la forma en que ingresa la información a el cerebro y cómo la presentación de dicha información influye en el rendimiento académico de los estudiantes. Todos tenemos tres grandes sistemas para percibir la información: visual, auditivo y cinestésico (VAK), de los cuales generalmente predomina alguno de ellos; por lo tanto, desde este enfoque es claro que no todos los estudiantes toman y procesan la información del mismo modo, y el realizar un diagnóstico es relevante para identificar las tendencias y las formas cómo estos perciben la información, la procesan, forman y utilizan conceptos y responden a sus necesidades de aprendizajes (Tocci, 2015).

Esta investigación muestra que la mayoría de los estudiantes tienen una inclinación visual, es decir el grupo aprende a través de imágenes, lo que le permite apropiarse con mayor facilidad de la información en menos tiempo, por ende, las actividades a desarrollar van encaminadas a la utilización de material educativo basado en imágenes, mapas conceptuales y videos que les ayuda a desarrollar una mayor capacidad de abstracción y a establecer relaciones entre distintas ideas y conceptos (Dunn, R; Dunn, K, 1985). Es de indicar que el grupo también es cinestésico, el estudiante de esta institución adquiere conocimiento a través de sensaciones corporales; necesita manipular e interactuar físicamente con el material educativo y la mejor manera para almacenar información es a través de lo práctico y lo experimental (Gamboa, M; Briceño, Jhon; Camacho, Johana, 2015). Es importante mencionar que esta forma de aprendizaje es muy lenta, pero eso no implica que el estudiante no logre su objetivo; en el diseño de la unidad didáctica varias de las actividades estuvieron enfocadas en que el estudiante manipulara material como botellas, dados, legos y figuras, etc., con el fin de que logre aprender a organizar, graficar e interpretar datos.



Los resultados obtenidos están en consonancia con números estudios que han identificado el estilo de aprendizaje de los estudiantes y sugieren algunas estrategias de enseñanza para mejorar el rendimiento académico. Es como (Avendaño, W; Rueda, G; Rolón, T., 2019) concluyen que al hacer uso de estrategias visuales y Cinestésicas promueven el desarrollo de la capacidad de interpretación y la capacidad crítica. Por ende, los estudiantes al visualizar videos, participar de puestas en escenas, discutir los textos, entre otras acciones propias del aprendizaje significativo y el aprendizaje colaborativo logran una mejora significativa en las habilidades comunicativas. Del mismo modo (Bedregal, 2018) en su trabajo con estudiantes de grado 5° y 6° de la IE Perené caracteriza los estilos de aprendizaje a través del Test de Lynn O'Brien lográndose identificar como sobresaliente el estilo visual-auditivo y cinestésico. También Alanís y Gutiérrez (2011), quienes, trabajaron con estudiantes entre los 12 a 15 años de edad de la secundaria en México, evidenciaron preferencia por el canal visual, por encima del auditivo y cinestésico. Sin embargo, Aliaga y Ramírez (2014), en Perú, en su estudio sobre los estilos de aprendizaje y su efecto en el rendimiento académico de los estudiantes del Sexto Grado de Educación Primaria en una institución educativa de Lima, hallan predominancia del estilo cinestésico en el aprendizaje del área de matemática con un 69% de presencia. Sin embargo, para (Diaz, 2017) en su investigación "Estilos de Aprendizaje en estudiantes de Educación primaria en el distrito de Sapallanga", no existe diferencias significativas en el uso de EA según grado de estudios y género, se reporta un equilibrio entre los canales de percepción de información evaluados. Por otro lado, (Borracci, R., Tamini, S., Arribalzaga, E. y Grancelli, H., 2015), analizaron diferencias en los estilos de aprendizaje desde la escuela primaria hasta el posgrado en medicina. Este análisis mostró que los estudiantes de básica primaria preferían el estilo auditivo, estilo que va disminuyendo en tanto se avanza en los estudios hasta visualizarse en la universidad el predominio del cinestésico y bimodal (auditivo-cinestésico).

Por tanto, se puede inferir, que, aunque existe preferencia por un estilo de aprendizaje visual, son los estilos cinestésico y auditivo o una combinación de estos tres quienes tienden, a evidenciarse en los diversos estudios. Estos hallazgos permiten comprender mejor que cualquier estudiante puede percibir y procesar la información con un estilo de aprendizaje propio o la combinación de estos. El poder reconocer o identificar el estilo de un estudiante es fundamental para garantizar el éxito del proceso enseñanza-aprendizaje, así mismo el docente debe crear estrategias metodológicas siguiendo los estilos predominantes dentro de su grupo que le permitan mejorar el rendimiento académico.

En muchas ocasiones se ha considerado que el rendimiento académico de los estudiantes tiene una relación directa con su inteligencia. Sin embargo, es muy común encontrar estudiantes que incluso teniendo una buena capacidad intelectual y aptitudes adecuadas para el estudio no obtienen un buen rendimiento, o puede ocurrir que presentan un mejor desempeño en un tipo de asignaturas que en otro. Esto se logra explicar fácilmente a través de la Teoría de Gardner sobre Inteligencias Múltiples; el autor plantea a la inteligencia como una variedad de destrezas y habilidades presentes en los seres humanos que permiten enfrentar y resolver problemas de distintas naturalezas (Gardner, 1983). Estas destrezas y habilidades son inteligencias diferenciadas y relativamente independientes, por lo que un individuo puede desarrollar algunas más que otras. Esto evidencia la importancia de estudiar el tipo de inteligencia predominante en un grupo de estudiantes ya que permite idear y poner en práctica estrategias pedagógicas que mejoren el desempeño en el aula. Como segundo objetivo de nuestra investigación se buscó caracterizar al grupo experimental a través de un test de IM adaptado para niños y se obtuvo como resultado que poseen inteligencias

múltiples, esto implica que en ellos aparece más de una inteligencia al mismo tiempo y casi en la misma intensidad; específicamente se evidenció que predomina la Inteligencia Naturalista y la Inteligencia Corporal Cinestésica. Estas inteligencias son de gran importancia en los niños porque permite que ellos exploren su atracción por descubrir el mundo natural pero además la capacidad de utilizar todo su cuerpo como herramienta para resolver problemas, crear productos o presentar ideas. Los estudiantes de grado 5° de la IE cuentan con una gran capacidad de hacer distinciones en el mundo de la naturaleza y usar ese conocimiento de manera productiva. Gardner (2007) afirma que, en la cultura consumista, los jóvenes aplican esta inteligencia para discriminar tipos de automóviles, estilos de peinados, celulares o zapatillas. Son personas que saben observar, clasificar elementos del medio ambiente y utilizar estos conocimientos productivamente. (Brunal, 2014). Es de resaltar que estos niños presentan una inteligencia Corporal-cinestésica que desarrolla la capacidad de manifestarse a través de un lenguaje no verbal, su cuerpo le permite expresar ideas y sentimientos, pueden realizar actividades detalladas y de pequeñas dimensiones, en donde el control y la expresión corporal son esenciales. (Arguello, 2008)

Estos resultados refuerzan lo encontrado por otros investigadores como (Oliveros, 2017) que identificó el perfil cognitivo de los estudiantes de básica primaria de la Ciudad de Valledupar y obtuvo que las inteligencias que mayor potencial tienen en el grupo son: Matemáticas 3.8, Lógico-matemática en 3.8, y ciencias naturales en 3.8; siendo las más baja lingüística con 3.4. Por otro lado, (Brunal, 2014) concluye que en los estudiantes del Colegio Windsor Royal School predomina la inteligencia lingüística con un 34,9%, seguida de la lógico-matemática con 24,4% y encontrándose por último la intrapersonal (2,3%). Para (Garay, 2015) en su trabajo con estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Comunicación obtiene que 26.1% de la muestra tuvieron preferencia por la inteligencia musical, el 21.4% por la inteligencia interpersonal y el 15.0% por la inteligencia intrapersonal. Los resultados expresan que los estudiantes participantes de esta investigación poseen el manejo de dos inteligencias de manera significativa: la musical y la interpersonal, de manera complementaria la intrapersonal. Así mismo, (Paredes, C; Verney, C; Tolsa, L, 2018) encontró en un grupo de estudiantes de psicología de la UNAD que la inteligencia predominante fue la intrapersonal con una media de 79.21, la cual se encuentra asociada al autoconocimiento, la imagen realista de sí mismo y el manejo de los propios sentimientos.

De acuerdo con (Ballén, 2017) quien realizó un estudio en las instituciones educativas del área metropolitana de Barranquilla en relación a las IM y el rendimiento académico en las asignaturas, con una población total es de 202 personas, determinó que predomina la inteligencia Lingüística y la interpersonal, y por último la corporal y la intrapersonal. La Intrapersonal e Interpersonal junto con las asignaturas de Educación Física y Valores Éticos obtienen las puntuaciones más altas, en cuando a las Inteligencias y asignaturas con medias más bajas han sido la Inteligencia Lógico-Matemática (5,60), la Inteligencia Lingüística (5,40), Lengua Castellana y Literatura (5,03) y Matemáticas (5,43), consideradas puntuaciones medias. Sin embargo, (Prada, R; Rincón, G; Hernández, C., 2018) en su artículo obtuvieron valores medios más elevados correspondientes a las inteligencias naturalista, lógico-matemática e intrapersonal, con 7.8 puntos y la puntuación más baja recae sobre la inteligencia musical, con un valor de 7.6; lo cual indica que estos estudiantes poseen un importante potencial de competencias para el cuidado del medio ambiente, el razonamiento matemático, sensibilidad para relacionarse tanto con otras personas como consigo mismos y ubicación espacial y finalmente (Perez, 2015) encontró en un grupo de niños de 4° de primaria en Murcia que la inteligencia más desarrollada en los estudiantes es la naturalista

(7,65) mientras que las más débiles son las inteligencias lógico matemática (5,68) y lingüística (5,57).

Son muchos los trabajos investigativos que centran sus objetivos en encontrar un perfil del grupo de estudiantes al cuál se le desea aplicar alguna estrategia pedagógica, por ende, se puede decir que los ocho tipos de inteligencias trabajan en conjunto e interactúan entre sí, y aunque en algunas personas predominen unas más que otras, cuando se enfrenta a un problema lo afronta utilizando las diversas habilidades propias de cada una y por ende no se pueden desarrollar en forma aislada.

Se hizo también relevante el estudio de las relaciones entre inteligencias, los resultados en la institución de estudio revelaron correlaciones positivas y estadísticamente significativas entre las Inteligencias Musical e Interpersonal y las Inteligencias Musical y Lingüística. Estos estudiantes pueden establecer distinciones entre otras personas y entre sus estados de ánimo, tienen la capacidad de leer las intenciones de las personas que los rodean y actuar dependiendo de lo observado, disfrutan trabajando en grupo, respetan a sus compañeros y logran ser convincentes para la toma de decisiones. Con base en los resultados obtenidos por (Pachón, 2016) se establece que entre más alta es la inteligencia interpersonal más bajo es el rendimiento académico, entonces es de importancia tener en cuenta circunstancias que rodean al estudiante y que pueden afectar su proceso de aprendizaje. Así mismo, estos estudiantes poseen la habilidad de percibir, discriminar melodías musicales, lo que los hace más sensibles y abrirse al mundo, utilizan palabras, técnicas de fonética y discursos para socializar y se sienten atraídos por los sonidos de la naturaleza y por todo tipo de melodías, son estudiantes que les gusta leer, jugar con rimas y usar la palabra de manera efectiva. (De Salvador, 1998)

Teniendo en cuenta todo lo descrito anteriormente, se proponen estrategias didácticas que conecten al estudiante con el contexto, actividades que favorezcan todos los tipos de inteligencias y estilos de aprendizaje, de esta forma, el aprendizaje puede ser integral. Estas estrategias educativas buscan incentivar a los estudiantes a que realicen experimentos sencillos en el aula para que estimulen el desarrollo de los distintos canales de aprendizaje e inteligencias y así logren fijar mejor los conocimientos. Se crearon situaciones de aprendizaje que favorezcan la comunicación y el trabajo en equipo, estimulando la innovación y el emprendimiento. Otra forma de incentivarlos es a través de la incorporación de situaciones reales al aula y la simulación; este tipo de experiencias además de ser divertidas estimulan a los estudiantes a pensar y a hacer más ameno el proceso de aprendizaje.

No se puede olvidar que un buen diagnóstico del grupo de estudiantes es fundamental porque nos permite reconocer y trabajar las variables implicadas en el proceso de aprendizaje, tales como: el estudiante, docente, la pedagogía y didáctica y el entorno, de esta manera se podría hablar de un aprendizaje personalizado, centrado en el estudiante y de la mano del docente para explorar las alternativas no solo de ambientes presenciales sino virtuales de aprendizaje.

## Conclusiones

Los resultados reflejados en esta investigación evidencian que los estilos de aprendizaje que prevalecen en los estudiantes de la IE Carlos M. Simmonds son el visual y cinestésico, esto ayuda a conocer cómo aprende cada estudiante y qué estrategias se adaptan mejor para su proceso de aprendizaje; es así como el docente puede diseñar recursos o métodos que

privilegien estos canales y que logre que el estudiante se apropie de la información y el conocimiento de una forma más rápida y profunda. En cuanto a el constructo de Inteligencias Múltiples, se observó que en el grupo experimental la Inteligencia Naturalista predomina (93%), seguida de la Inteligencia Corporal/Cinestésica con un 84% aproximadamente, por tanto, estas personas están interesadas por el mundo natural, la investigación y la exploración del entorno, a través del manejo de objetos, expresado en destrezas y habilidades manuales; de esta manera se propone integrar nuevas habilidades en el proceso de aprendizaje que implica apoyarse en las inteligencias que posee cada individuo para que pueda afrontar la cotidianidad y su complejidad en forma creativa y logre desarrollar otras habilidades.

Las correlaciones encontradas en el contexto del estudio indican una relación entre la Inteligencia Interpersonal y la Musical con un valor  $p=0.021$  al nivel de significancia de 0.05; otra relación importante encontrada fue entre la Inteligencia Lingüística y la Musical con un valor  $p=0$  a un nivel de significancia de 0.01. Por este motivo, se puede afirmar que al estimular la Inteligencia Interpersonal en los estudiantes de esta institución se incrementa la habilidad para establecer relaciones sociales y de liderazgo que se basan en entender al otro y en promover el trabajo en equipo, y así mismo se incrementa la capacidad de percibir, discriminar y transformar melodías musicales lo que lo hace más sensible a lo que lo rodea, para ello utiliza el lenguaje tanto oral como corporal buscando soluciones a problemas cotidianos. Estas habilidades son propias de la Inteligencia Lingüística y Musical.

A través de este estudio se evidencia la importancia en la educación de crear estrategias didácticas incluyentes que promuevan los diversos estilos de aprendizaje y el desarrollo de las inteligencias múltiples. Se sugiere que el docente al iniciar el año escolar haga un diagnóstico de sus estudiantes con el fin de reconocer su perfil de aprendizaje y generar propuestas afines a el grupo que conlleven a mejorar los procesos formativos en sus estudiantes, lo anterior debe estar ligado con las tecnologías de punta, crenado no solo espacios de aprendizaje de tipo presencial sino virtual.

Según los resultados obtenidos hasta el momento en esta investigación sería conveniente para próximos estudios realizar pruebas diagnósticas que cuenten con variables cuantitativas y/o ordinales con el fin de realizar un estudio estadístico más adecuado a software existentes, además es relevante tener en cuenta el número de preguntas de cada test de tal forma que queden equilibradas en las diferentes categorías de estudio.

## Agradecimientos

Se agradece a la Corporación Universitaria Comfacauca y a la Institución Educativa Carlos M. Simmonds ubicadas en la ciudad de Popayán, quienes a través de su apoyo financiero y logístico hicieron posible esta investigación.

## Referencias:

- Arguello. (2008). *Las Inteligencias Múltiples en el aula de clase*. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1402/1/370152A265.pdf>
- Avendaño, W; Rueda, G; Rolón, T. (2019). Desarrollo de habilidades comunicativas y estilos de aprendizaje VAK. Una experiencia con estudiantes de grado segundo de básica primaria. *Logos, Ciencia y Tecnología*, 11(1).

- Ballén, P. (2017). *Relación entre las inteligencias múltiples y las competencias ciudadanas entre los estudiantes de instituciones educativas del área metropolitana de Barranquilla*. Barranquilla: FUNDACION UNIVERSIDAD DEL NORTE .
- Bedregal, S. (2018). *ESTILOS DE APRENDIZAJE EN ESTUDIANTES DEL QUINTO Y SEXTO GRADO DE EDUCACIÓN PRIMARIA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA “PERENÉ”, DISTRITO PERENÉ - CHANCHAMAYO*. Chimbote-Perú: Universidad Católica Los Ángeles Chimbote.
- Borracci, R., Tamini, S., Arribalzaga, E. y Grancelli, H. (2015). Diferencias en los estilos de aprendizaje desde la escuela primaria hasta el posgrado en medicina. *FEM 2015*, 2(18), 123-129.
- Brunal, B. (2014). *Evaluación de las Inteligencias Múltiples y estilos de aprendizaje en primaria*. Montería: Universidad Internacional de La Rioja.
- Buchelli, E. (2008). INTELIGENCIAS MÚLTIPLES Y ESTILOS DE APRENDIZAJE EN LOS ESTUDIANTES DE PRIMER SEMESTRE DE CONTADURÍA PÚBLICA DE LA UNIVERSIDAD DE LA SALLE. *Psicogente*, 11(20), 152-163.
- Cazau, P. (junio de 2019). *Estilos de Aprendizaje: El Modelo de la Programación Neurolingüística*. . Obtenido de [http://www.rmm.cl/biblio/ ... 20APRENDIZAJE.doc](http://www.rmm.cl/biblio/...20APRENDIZAJE.doc)
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. ( Second Edition ed.). Hillsdate.
- De la Parra Paz, E. (2004). *Herencia de la vida para tus hijos. Crecimiento integral con técnicas PNL*. Mexico: Grijalbo.
- De Salvador, N. (1998). *Cuadro de Inteligencias Múltiples* . Obtenido de [www.galeon.com/aprenderaaprender/intmultiples/caractmi.htm](http://www.galeon.com/aprenderaaprender/intmultiples/caractmi.htm)
- Diaz, D. (2017). *ESTILOS DE APRENDIZAJE EN ESTUDIANTES DE EDUCACION PRIMARIA EN EL DISTRITO DE SAPALLANGA*. Huancayo-Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Dunn, R; Dunn, K. (1985). *Manual Learning Style Inventory*. New York. (EE.UU): Price System.
- Dunn, R; Dunn, K. (1978). *Teaching students through their individual learning styles: A practical approach*. Reston, Virginia: Prentice Hall.
- Dunn,R; Dunn, K; Perrin,J. (1994). Teaching Young Children Through Their Individual. *Learning Styles*.
- Flores, E; Maureira, F. (2015). Estilos de aprendizaje V.A.K. en estudiantes de Educación Física y otras pedagogías en la Universidad Internacional SEK de Chile. *Revista de Educación Física*, 4(2).
- Gamboa, M; Briceño, Jhon; Camacho, Johana. (2015). Caracterización de estilos de aprendizaje y canales de percepción de estudiantes universitarios. *Redalyc.org*, 509-527.
- Garay, L. (2015). *ESTILOS DE APRENDIZAJE E INTELIGENCIAS MÚLTIPLES EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS. LIMA. 2014* . Lima: Univerisidad de San Martin de Porres.
- Gardner, H. (1983). *Estructuras de la mente. La teoría de las inteligencias múltiples*. México: Fondo de Cultura Económica. .
- Gardner, H. (1999). *Estructuras de la Mente*. México: Fondo de la Cultura Económica.

- Keefe, J. (1988). *Aprendiendo perfiles de aprendizaje: manual de examinador*. Reston, Virginia: Asociación de Principales de Escuelas de Secundaria.
- Navarro, J. (2008). *Cómo diagnosticar y mejorar los estilos de aprendizaje*. Andalucía: Asociación Procompal.
- Oliveros, G. (2017). *INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN: LAS INTELIGENCIAS MÚLTIPLES, PRESENTES EN EL PERFIL COGNITIVO DE ESTUDIANTES DE BÁSICA PRIMARIA DE LA CIUDAD DE VALLEDUPAR*. Valledupar: Universidad del Norte.
- Pachón, Y. (2016). *Relación entre estrategias de aprendizaje, inteligencias múltiples, estilos cognitivos y rendimiento académico*. Armenia: Universidad Internacional de La Rioja.
- Paredes, C; Verney, C; Tolsa, L. (2018). Inteligencias múltiples y estilos de aprendizaje en estudiantes de psicología de un curso en modalidad de educación virtual. *Revista Hamut'ay*, 5(2).
- Perez, B. (2015). *Relación entre Inteligencias múltiples y la creatividad en niños de cuarto de primaria*. Murcia: Universidad Internacional de La Rioja.
- Prada, R; Rincón, G; Hernández, C. (2018). Inteligencias múltiples y rendimiento académico del área de matemáticas en estudiantes de educación básica primaria. *Infancias Imágenes*, 17(2), 163-175.
- Psicoactiva. (14 de Junio de 2019). *Test de Inteligencias Múltiples para niños*. Obtenido de <https://www.psycoactiva.com/test/test-de-inteligencias-multiples-para-ninos.htm>
- Smith, R. (1988). *Learning how to Learn*. Milton Keynes: Open University.
- Tocci, A. (2015). Caracterización de estilos de aprendizaje en alumnos de ingeniería según el modelo de Felder y Silverman. *Revista Estilos de Aprendizaje*, 8(16).

## Tpack Modelo Estratégico para la Educación del Alumno del Siglo XXI

Mario Oleg García González, Jesús Raúl Lugo Martínez, Mónica Mondelo Villaseñor,  
Roberto Javier Gamboa Santiago, Lina Montoya Suárez.  
Universidad de Guanajuato – Universidad Católica Luis Amigó  
México - Colombia

### Sobre los autores

**Mario Oleg García González:** Maestría en Administración, Certificación en Evaluación de Competencias Docentes para la Educación Media Superior (ECODEMS), dominio del idioma Inglés en un 80% (575 TOEFL), experiencia docente en el Nivel Superior de 7 años como profesor de Asignaturas del Área de Matemáticas en la Universidad Politécnica de Pénjamo, 7 años de experiencia docente en el Nivel Medio Superior como profesor de Asignaturas del Área de Matemáticas e Informática en la ENMSP de la Universidad de Guanajuato, Coordinador de Matemáticas y Enlace de Investigación de la ENMSP, miembro del padrón de Investigadores del Nivel Medio de la Universidad de Guanajuato, tallerista, ponente y evaluador en eventos de divulgación y de ciencia a nivel nacional e internacional. Publicaciones de trabajos en revistas de divulgaciones tanto nacionales como internacionales.

**Correspondencia:** [oleg.garcia@ugto.mx](mailto:oleg.garcia@ugto.mx)

**Jesús Raúl Lugo Martínez:** Doctorado en Ciencias en Ingeniería Química, Universidad de Guanajuato. Certificación en Competencias Docentes de la Educación Media Superior (ECODEMS), profesor de matemáticas, química y física en EMS, y matemáticas en el Nivel Superior. Delegado estatal por la Olimpiada de Química. Asesor de alumnos para concursos y olimpiadas de Química y Matemáticas y veranos de investigación científica. Evaluador externo para certificación de competencias docentes (CERTIDEMS). Participación como ponente en congresos nacionales. Integrante de comités, comisiones de órganos colegiados en la UG. Sinodal y lector de tesis en licenciatura. Tutor académico e integrante del padrón de investigadores en el NMS con atención a proyectos de deserción, rezago y transferencia a licenciatura. Publicación de trabajos en revistas nacionales e internacionales.

**Correspondencia:** [lugom@ugto.mx](mailto:lugom@ugto.mx)

**Mónica Mondelo Villaseñor:** Profesor de Tiempo Completo 40 horas, Escuela de Nivel Medio Superior de León, Universidad de Guanajuato, Mtra. En Gestión y Desarrollo, Universidad de la Salle Bajío 2011, Ingeniería Industrial y de Sistemas, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus León 1992, León, Guanajuato, México

**Correspondencia:** [mmondelo@ugto.mx](mailto:mmondelo@ugto.mx)

**Roberto Javier Gamboa Santiago:** Profesor de Tiempo Completo 40 horas, División de Ciencias Económicas y Administrativas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato, Doctorado Ciencias del Desarrollo Humano, Universidad del Valle de Atemajac 2011, Maestría Ingeniería de Calidad Universidad Iberoamericana 2000, Licenciatura Licenciado en Economía Instituto Politécnico Nacional 1991. León, Guanajuato, México

**Correspondencia:** [rgamboa@ugto.mx](mailto:rgamboa@ugto.mx)

**Lina María Montoya Suárez:** Magíster en Ingeniería de Software (U. de M.), Especialista en Ingeniería de Software (U. de M.), Ingeniera de Sistemas (U. de M.). Docente Investigadora de la Universidad Católica Luis Amigó, miembro del grupo de investigación SISCO de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura Medellín-Colombia.

**Correspondencia:** [linamontoyasu@ugto.mx](mailto:linamontoyasu@ugto.mx)

## Resumen

El gran paradigma al que se enfrenta actualmente el país lleva por nombre calidad educativa; es bien sabido que el desarrollo de una nación depende en gran medida del avance en investigación, tecnología y por ende del crecimiento en la educación. La Universidad de Guanajuato desde sus inicios se proyectó como un referente no sólo a nivel estatal, sino nacional e internacional. Es por ello que en la búsqueda de la vanguardia educativa, ha instituido Escuelas de Bachillerato con un plan de estudios escolarizado, cuya estructura se divide en dos núcleos básico y propedéutico, buscando la excelencia académica. El Modelo Educativo que se maneja es innovador, incluyendo en él, competencias genéricas y específicas, incorporando a su vez enfoques de interdisciplinariedad e interculturalidad.

Actualmente la educación exige de docentes preparados a los desafíos que el mundo exige, capaces de implementar estrategias didácticas innovadoras que coadyuven a la generación de conocimiento significativo durante el proceso enseñanza – aprendizaje. Es por ello que a través del uso Tecnologías de la Información y Comunicación (TICS), se busca contar con ese elemento auxiliar en el planteamiento y desarrollo de los contenidos de las asignaturas

**Palabras Claves:** Aprendizaje, Conocimiento, Enseñanza, Estrategia, Tecnología.

## Tpack Strategic Model for Student Education of the 21st Century

### Abstract

*The greatest paradigm which this country currently face is education quality; it is known that any nation's development fairly depends on research advances, technology, and evidently on the growth of education. This University of Guanajuato, in its aim of education, has instituted high schools with a weekly curriculum whose structure is divided into two main parts basic and preparing, seeking for best education. The education model used id quite innovative and includes general and specific competences, as well as different fields and cultural diversity. Currently education demands qualified faculty to face global challenges, able to implement teaching, innovative strategies to help generate significant learning during the teaching-*



*learning process. For this reason, Information Technology (IT) make a way to find the appropriate content of subject matters.*

**Keywords:** *Learning, Knowledge, Teaching, Strategy, Technology*

## Introducción

Sin lugar a dudas el objetivo primordial en el actual sistema de educación basada en competencias es la generación del aprendizaje significativo, pues a través de este es como se pretende la aplicación de conocimientos en la solución de problemas de la vida diaria. Hoy en día los estudiantes aprovechan la tecnología como un canal que les dé la oportunidad de tomar un rol activo, que a su vez les permita elegir, alcanzar y demostrar competencia en sus metas de aprendizaje. Es entonces que surge la opción de aplicar las Tecnologías de la Información y la Comunicación como complemento en la adquisición de conocimientos por parte del alumnado. En este sentido es innegable que la tecnología ofrece a los docentes nuevos enfoques y alternativas para la enseñanza, puesto que el aprendizaje se lleva tanto dentro como fuera del aula (Pierce, Stacey & Barkatsas 2007).

Es importante hacer mención que en la actualidad el uso de TICS enfocadas en la educación en México es limitado por parte de los docentes, esto es debido al desconocimiento de éstas por la falta de capacitación en lo que refiere a la manera de la utilización de éstas. Sin embargo son muchas ventajas a través de la incorporación de la tecnología en la secuencia didáctica, entre las que destacan la motivación generada en los estudiantes. Así mismo para el logro de lo anterior el docente requiere de una formación y actualización pedagógica que le permita realizar su función de la mejor manera, redefiniendo el rol de este.

El aprendizaje es una acción individual, pero normalmente se desarrolla en un determinado entorno social. Según la UNESCO la tecnología puede facilitar el acceso universal a la educación, reducir las diferencias en el aprendizaje, apoyar el desarrollo de los docentes, mejorar la calidad y la pertinencia del aprendizaje, reforzar la integración y perfeccionar la gestión y administración de la educación.

Debido a esto es necesario que los docentes diseñen e implementen nuevas estrategias de enseñanza en el moderno contexto escolar, para incorporar actividades acordes con los objetivos pedagógicos de estimular la creatividad, lograr un aprendizaje cooperativo y un correcto proceso de enseñanza significativo de cada uno de los temas. Así como obtener mejores resultados en las competencias a desarrollar, los aprendizajes esperados y la comprensión de textos.

En lo referente al aprendizaje, las herramientas digitales propician que el trabajo en clase sea más entretenido y provechoso. A partir de ellas se generan materiales de apoyo que enriquecen de forma significativa los contenidos que se abordan. Además, ayudan a que los estudiantes encuentren más información relacionada con su tema de interés y también se utilizan en la investigación de cualquier tema o área, permitiendo a los investigadores compartir y recopilar información. Existen diferentes estudios que dicen que el uso de las TIC en el ámbito educativo depende de varios factores (formación, materiales, actitudes,

etc.), entre los cuales destaca el interés y formación por parte de los miembros del profesorado, tanto a nivel instrumental como pedagógico (Belloch, 2012).

#### Sistema de aprendizaje combinado o Blended-Learning.

Existen dos maneras de llevar a cabo el proceso educativo: en contigüidad y en posiciones remotas o e-learning. En la primera, la práctica educativa se lleva a cabo en un mismo lugar y convergen a la vez el docente y los alumnos. En posiciones remotas aunque el educador y el educando se encuentran a distancia, el punto de convergencia sigue siendo el conocimiento. El e-learning es un sistema de enseñanza – aprendizaje que hace protagonista al sujeto en la construcción de sus propios conocimientos y en el que se aprovechan las potencialidades que ofrece Internet, por lo que es “un poderoso entorno de aprendizaje, que bien utilizado puede dar resultados asombrosos” en los procesos educativos (Ruiz-Velasco, 2004- 2005). Uno de los sistemas más importantes del e-learning es el blended learning o aprendizaje combinado.

El aprendizaje combinado o blended learning (BL) es un sistema educativo en el que las tecnologías en contigüidad y en línea se “combinan” con objeto de optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Las posibilidades y aplicaciones del blended learning son amplias: permite hacer uso de las metodologías de aula en contigüidad y al mismo tiempo potenciar el desarrollo de las temáticas a través de una plataforma virtual; proporciona una oportunidad para alcanzar un auditorio amplio y globalmente disperso en un corto período de tiempo con entrega constante de contenidos; contribuye al aumento en el uso de estrategias de aprendizaje activas, por pares y centradas en el alumno, permite a los estudiantes tener acceso a los materiales del curso en cualquier momento y en cualquier lugar, ofreciendo comodidad y flexibilidad, incentiva en el alumno el desarrollo de habilidades para procesar una cantidad cada vez mayor de información y les provee mayores posibilidades de co-construir su conocimiento, aumentando con esto su motivación (Graham, 2005).

#### Modelo TPACK

El modelo TPACK (por sus siglas en inglés “Technological Pedagogical And Content Knowledge”) o Saber Tecnológico Pedagógico Disciplinar, fue propuesto por Mishra y Koehler (2015). Constituye un enfoque integral para la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos temáticos de las Unidades de Aprendizaje porque conjunta tres áreas del conocimiento: la Pedagogía, Campo Disciplinar y la Tecnología en una propuesta didáctica novedosa y efectiva, dando como resultado un nuevo saber, el “tecnológico-pedagógico - disciplinar”; es decir, el conocimiento complejo, multifacético, dinámico y contextualizado que requiere el docente para poder integrar de manera racional y efectiva la tecnología en la enseñanza de las asignaturas. Resulta valioso mencionar que el modelo TPACK permite la incorporación de cualquier tipo de tecnología en las actividades escolares. Por ejemplo, el uso de las herramientas web 2.0 como Wiki, Blogs, Facebook y videos son utilizadas durante la planeación, organización e implementación de las materias vinculadas con el campo de las matemáticas (Chai et al., 2013).

Por último, el modelo TPACK representa un medio idóneo para mejorar las condiciones de enseñanza – aprendizaje. Las diferentes áreas conformadas por dicho modelo son las que se enlistan a continuación.

1. El Conocimiento de los Contenidos (CK) - Es el conocimiento de los profesores sobre la materia que hay que aprender o enseñar.
2. El Conocimiento Pedagógico (PK) - Es el conocimiento profundo de los profesores sobre los procesos y las prácticas o métodos de enseñanza y aprendizaje.
3. El Conocimiento Tecnológico (TK) - Es el conocimiento sobre ciertos modos de pensar y trabajar con la tecnología, las herramientas y los recursos.
4. Conocimiento Tecnológico Pedagógico (TPK): Saber utilizar las TIC en un tema educativo específico.
5. Conocimiento Tecnológico del Contenido (TCK) - Saber relacionar todos los conocimientos tecnológicos que la persona tiene, para hacer un buen uso de ello.
6. Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK) - Conocimiento similar a la idea del conocimiento pedagógico del contenido. Se trata de conectar ideas, conexiones, estrategias alternativas a la docencia clásica.
7. Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido (TPACK) - Se define como conocimiento con experiencia, al saber utilizar las TIC para apoyar estrategias y métodos pedagógicos en relación a su disciplina.

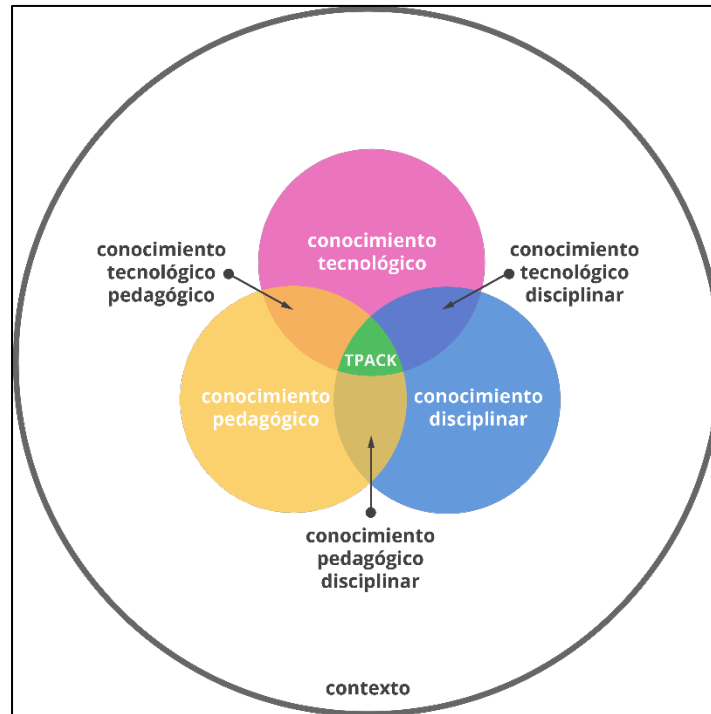


Figura 1. Áreas del modelo TPACK.

### Metodología:

La presente investigación cuantitativa se llevó a cabo en el grupo 2° A de la Escuela de Nivel Medio Superior de Pénjamo, formado por 14 mujeres y 18 hombres, en la UDA “Aplicaciones con Software de Aplicación II”. Durante el semestre Enero – Junio 2019, en donde el instrumento de medición utilizado fue el Examen Institucional de la materia en cuestión. Cabe hacer mención que los resultados finales obtenidos fueron comparados con otros 4 grupos, en los que impartía la asignatura el mismo profesor encargado de aplicar la propuesta. Para conocer el contexto del nivel académico de los alumnos respecto a la asignatura en cuestión, se realizó un examen diagnóstico en donde el número de aprobados era inferior al de Aprobados.

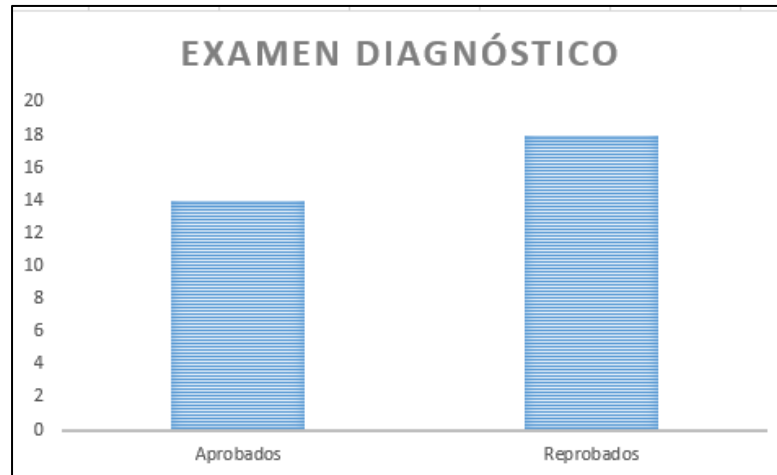


Figura 2. Resultados del examen diagnóstico.

Conocidos los resultados de conocimientos previos, era importante conocer el tipo de aprendizaje de los alumnos por lo que se les aplicó el cuestionario “HONEY-ALONSO”, en donde los resultados fueron contundentes el 45% se mostraba de tipo pragmático, el 30% reflexivo, 15% activo y sólo el 10% era teórico. Los tipos de aprendizaje confirmaron la compatibilidad del grupo en cuestión con el Modelo TPACK.

La ejecución de la propuesta ocurrió durante 15 de las 17 semanas que tuvo de duración el semestre antes mencionado. Durante dicho tiempo se planteó emplear software complementario a la experiencia docente, para la evaluación de conocimientos adquiridos en el aula se hizo uso de una plataforma en línea basada en Moodle que lleva por nombre SUME, en donde los estudiantes resolvían las consignas y actividades propuestas por el docente, derivadas de lo abordado en la sesión de clases. Para la comunicación entre estudiantes y el mismo docente, se utilizaron foros dentro de la plataforma SUME para que los alumnos realizaran una coevaluación entre ellos a través del uso de foros, por otro lado buscado una compartición de conocimientos se solicitaba a los estudiante subieran videos en donde plasmaran sus conocimientos y opiniones, así mismo para poder mantener un portafolio de evidencias los estudiantes hacían uso de la nube a través de la aplicación Drop box, por último se solicitó a los estudiantes la utilización de Youtube para que los estudiantes compartieran y sobre todo mostraran a través de sus opiniones el conocimiento significativo adquirido durante las sesiones de clases.

Las competencias se generarán en los estudiantes se plasman en la siguiente tabla.

Contenido	TICS	Competencias	TPACK
Hoja de Cálculo	Excel	Capacidad de resolver problemas de información, comunicación y conocimiento así como dilemas legales, sociales y éticos en ambiente digit	El estudiante conocerá y posteriormente utilizará las hojas de cálculo como herramientas generadoras de soluciones a problemáticas de su entorno.
	Youtube Plataforma virtual	Acota y redefine una situación-problema o pregunta en términos de una necesidad de información e identifica la naturaleza de la información que necesita en ambiente digital.	
Software de Aplicación	Geogebra	Capacidad de resolver problemas de información, comunicación y conocimiento así como dilemas legales, sociales y éticos en ambiente digit	Representa información o elabora un nuevo producto original a través de transformar y diseñar textos, imágenes y otros elementos utilizando herramientas digitales
	HTML	Utiliza herramientas digitales para la producción colaborativa a distancia de documentos u otros productos de información.	
	Movie Maker	Domina las funciones de las herramientas de productividad para la elaboración de material de estudio.	
	Publisher	Maneja herramientas básicas de creación, publicación y comunicación de trabajos en la red.	
	Youtube		
	Facebook Mindmanager Plataforma virtual		

Figura 3. Competencias esperadas en los estudiantes mediante el modelo TPACK.

Debido a la naturaleza de los estudiantes que son nativos tecnológicos la aplicación de la propuesta llevada a cabo no tuvo resistencia alguna, pues dicha metodología se adaptaba perfectamente a la idiosincrasia de los estudiantes dicho por ellos mismos, por lo que solo restaba evaluar el desempeño de éstos para corroborar a los mismos.

### Análisis de resultados o Desarrollo.

Conforme se avanzó el semestre, abordando los temas con el modelo TPACK, se visualizó un decremento en el número de estudiantes reprobados y por ende un notable crecimiento en el promedio general del grupo tal como se muestra a continuación.

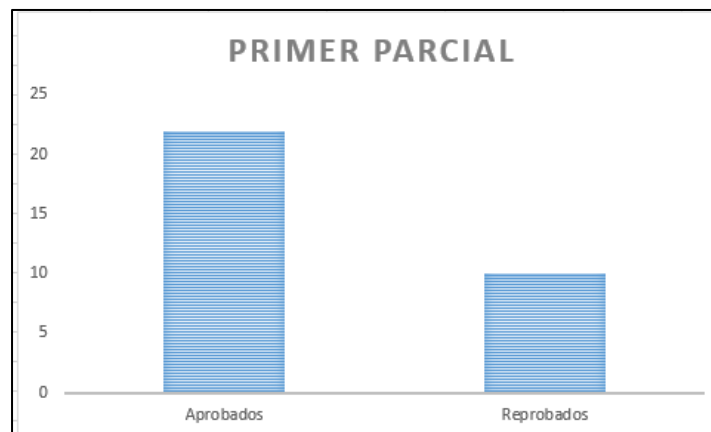


Figura 4. Resultados del primer parcial.

Al concluir el primer parcial se realizaron entrevistas de forma verbal y aleatoria entre los estudiantes, mismos que manifestaron que esta nueva estrategia didáctica les agradaba puesto que tenían la ventaja de visualización y la comprobación en su aprendizaje. Para el segundo parcial, la cantidad de alumnos aprobados disminuyó de forma muy poco significativa, al cuestionar de manera individual a los estudiantes no aprobados, manifestaron que sus problemas se basaban en la falta de conocimientos previos y de alguna manera por irresponsabilidad propia, sin embargo su opinión respecto al modelo TPACK era de amplia recomendación hacia su continuidad en la asignatura.

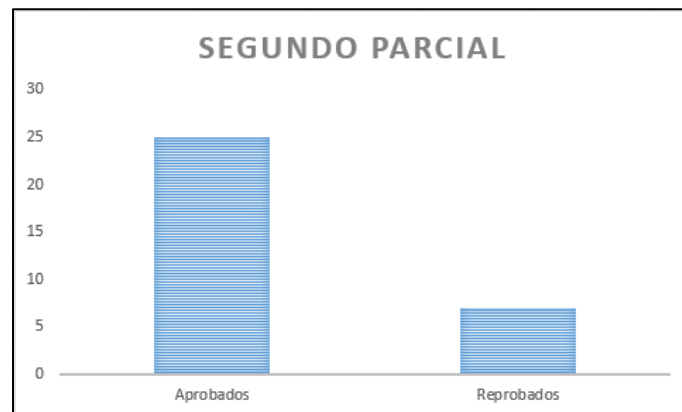


Figura 5. Resultados del segundo parcial.

Toda vez que se aplicó el instrumento el “Examen Institucional” de la asignatura en cuestión se obtuvieron resultados bastante alentadores puesto que existe una considerable mejora del grupo en donde se llevó a cabo la propuesta de aplicación del modelo TPACK.



Figura 6. Resultados examen institucional.

Cabe mencionar que en un inicio el grupo 2°A no era ni por mucho el mejor académicamente hablando, puesto que carecía del nivel necesario para ser considerado el mejor, de hecho ese

factor fue determinante a la hora de la elección del grupo en el que se planteó la aplicación de la propuesta mencionada.

### Resultados:

Ahora bien con el objetivo de evaluar con una mayor profundidad el aprendizaje obtenido por el grupo en donde se ejecutó la propuesta comparado con las agrupaciones en donde no se aplicó el modelo TPACK, se realizó un análisis estadístico utilizando la tabla ANOVA para de esta manera rechazar la hipótesis de un rendimiento equilibrado entre grupos.

Los resultados muestran que con el nivel de significancia de 0.05 se permite afirmar que el uso del modelo TPACK en la UDA, mejora el rendimiento académico de los estudiantes, es decir, la hipótesis nula es rechazada debido a que el valor F (2.43) es mayor que el valor crítico para F (1.54). Así mismo se evaluó al método con un nivel de significancia mayor de 0.10 en donde los resultados afirman que el uso del modelo TPACK en la UDA, mejora el rendimiento académico de los estudiantes, es decir, la hipótesis nula es rechazada debido a que el valor F (1.98) es mayor que el valor crítico para F (1.54). Tal como se muestra en las siguientes figuras.

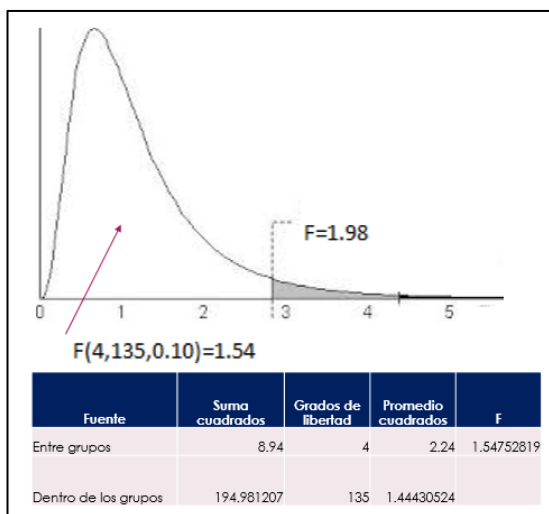


Figura 8. Resultados ANOVA nivel de significancia de 0.05 significancia de 0.10

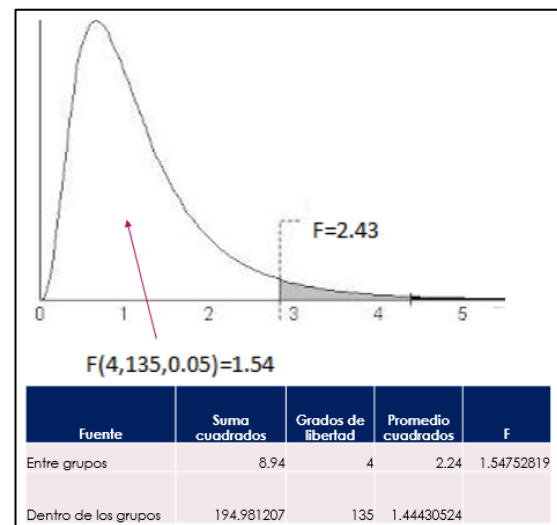


Figura 9. Resultados ANOVA nivel de

Por último se evaluó a cada una de las herramientas tecnológicas utilizadas en los estudiantes con quienes se aplicó el Modelo TPACK y de esta manera poder confirmar la pertinencia de las mismas.

Los resultados obtenidos al evaluar la plataforma virtual se encontró que de acuerdo con los 32 estudiantes de la UDA, el uso de la plataforma virtual mejora la asimilación del conocimiento relacionado con los temas. Es decir, 55% de los participantes se localizan en la categoría “De acuerdo.” Incluso, 30% de los alumnos consideran que esta aplicación mejora totalmente el proceso de enseñanza-aprendizaje.



Criterio	Asimilación del conocimiento (%)	Práctica (%)	Evaluación de conocimientos (%)
Totalmente de acuerdo	30	35	50
De acuerdo	55	55	25
Regular	15	10	20
Poco	0	0	5
Nada	0	0	0

Figura 10. Resultados de evaluación de la plataforma virtual.

	Asimilación del conocimiento	Práctica	Evaluación de conocimientos
Asimilación del conocimiento	1		
Práctica	0.989867019	1	0.694250335
Evaluación de conocimientos	0.6436544670	0.69425034	1

Figura 11. Correlación entre criterios de la evaluación de la plataforma virtual.

Aplicando la correlación entre variables se concluye que la relación más significativa sobre el desarrollo de la competencia se presenta entre las variables Asimilación del conocimiento y Habilidad Práctica (coeficiente de correlación: 0.989).

A su vez los estudiantes consideran que el uso de redes sociales optimiza el acceso a la información relacionado con los temas. Es decir, 65% de los participantes se localizan en la categoría De acuerdo. Incluso, 50% de los alumnos consideran que esta aplicación mejora totalmente el proceso de Debate y Divulgación de ideas.

Criterio	Acceso a la información (%)	Comunicación (%)	Divulgación y Debate (%)
Totalmente de acuerdo	30	45	50
De acuerdo	65	50	45
Regular	5	5	5
Poco	0	0	0
Nada	0	0	0

Figura 12. Resultados de evaluación de las redes sociales.

	Acceso a la información (%)	Comunicación (%)	Divulgación y Debate (%)
Acceso a la información (%)	1		
Comunicación (%)	0.926198217	1	0.990196078
Divulgación y Debate (%)	0.864451669	0.990196078	1

Figura 13. Correlación entre criterios de la evaluación de las redes sociales.

La relación más significativa sobre el desarrollo de la competencia se presenta entre las variables Comunicación y la Divulgación y debate de ideas (coeficiente de correlación: 0.990). Por último el uso de videos optimiza el acceso a la información relacionado con los temas. Es decir, 45% de los participantes se localizan en la categoría De acuerdo. Incluso, 55% de los alumnos consideran que el uso de videos motiva al estudio de los temas en cuestión.

Criterio	Acceso a la información (%)	Motivación (%)	Difusión de la información (%)
Totalmente de acuerdo	20	10	15
De acuerdo	45	55	65
Regular	35	30	20
Poco	0	5	0
Nada	0	0	0

Figura 12. Resultados de evaluación del uso de videos.

	Acceso a la información (%)	Motivación (%)	Difusión de la información (%)
Acceso a la información (%)	1		
Motivación (%)	0.937929503	1	0.961885984
Difusión de la información (%)	0.887700229	0.961885984	1

Figura 13. Correlación entre criterios de la evaluación del uso de videos.

Se observa que la relación más significativa sobre el desarrollo de la competencia se presenta entre las variables Motivación y Difusión de la información (coeficiente de correlación: 0.961).

### **Discusión de resultados:**

El objetivo del presente estudio fue indagar acerca de la transformación docente generada por el uso de la tecnología en el aula. Objetivo que de manera satisfactoria fue logrado toda vez que se identificaron elementos que contribuyen a la transformación derivada del uso de las TIC en su práctica diaria y que son necesarios para el análisis de las tres áreas principales que plantea el estudio: el conocimiento, la pedagogía y la especialización.

Los resultados obtenidos muestran que sí existe una mejora en el quehacer docente, la información resultante permite identificar que la transformación docente en los ámbitos conocimiento y auto-percepción se da de manera progresiva y lineal. Así mismo las evidencias muestran que los estudiantes manifiestan un agrado hacia esta propuesta didáctica como generadora de conocimiento significativo. Así mismo una vez evaluados los criterios de las diversas plataformas y software utilizados muestran una evolución lineal progresiva, que a su vez generan una interrelación entre ellos, en donde definitivamente los alumnos dictan su aprobación de la propuesta.

En lo que refiere al conocimiento, se identificó que los docentes sufren una transformación que pasa por tres etapas fundamentales: del aprendizaje empírico al aprendizaje formal, el conocimiento en construcción y la etapa del conocimiento tecnológico como generador de recursos. Estas etapas del conocimiento docente pueden ser transitorias, es decir el docente transita de una etapa a la otra de manera natural, o pueden ser estacionales ya que el docente puede quedarse en una de las etapas por periodos prolongados de tiempo, dependiendo de sus necesidades tecnológicas. En este punto es importante destacar que, en base a los resultados obtenidos, se puede asumir que todos los docentes eventualmente podrían transitar hacia la tercera etapa; así también, se identificó que los docentes están conscientes del estado de su conocimiento tecnológico y las limitantes del mismo.

Los resultados obtenidos permiten hacer una evaluación parcial con el modelo TPACK de Mishra y Koehler, el cual hace mención del conocimiento tecnológico, del contenido y de la pedagogía interactúan para producir enseñanza efectiva con la tecnología. De acuerdo a este modelo, cualquier cambio en alguno de los tres componentes es compensado por un cambio en los otros dos.

Un elemento que podría contribuir a estrechar el análisis y la relación del estudio con el modelo TPACK es el hecho de que los docentes actualmente cuentan con cierto nivel de conocimiento de los contenidos y las estrategias pedagógicas, a lo cual se podría atribuir el éxito de las experiencias docentes compartidas por los maestros. Sin embargo los docentes dependen de factores como la experiencia, la disposición para aprender y hasta de sus propios procesos cognitivos para generar o alcanzar a este conocimiento.

### **Conclusiones**

Una vez que se ha implementado la propuesta, la respuesta por parte de los estudiantes según sus argumentos y los resultados mismos, es que ha sido beneficiosa. Así mismo, el uso del software ha permitido dotar al alumno de ese complemento necesario en el proceso enseñanza – aprendizaje que logre el objetivo generar conocimiento significativo.

La disminución de reprobados aunado a la mejora del promedio del grupo en donde se llevó a cabo la propuesta, hace creer en la implementación de la propuesta. Así mismo queda de evidencia que el empleo de este Modelo TPACK, confirma la generación de un ambiente de aprendizaje reflexivo, de un amplio análisis que ayuda en la solución de problemas. Además tomando en cuenta que los alumnos en la actualidad son nativos tecnológicos el trabajar en un entorno que para ellos es totalmente simple y muy cómodo. Los resultados obtenidos hasta el momento sugieren el uso del software como herramienta cognitiva, para mejorar la comprensión y el aprendizaje. Por lo tanto el estudio realizado aporta evidencias que proponen utilizar el software bajo una metodología instruccional constructivista. No obstante, sería conveniente realizar otras pruebas puesto que estos resultados son válidos para este grupo en particular.

La innovación y creatividad son elementos fundamentales para mejorar el proceso educativo en el Siglo XXI.

### Referencias:

Alonso, C., Gallego D. J., & Honey, P. (1994). Cuestionario de HoneyAlonso de Estilos de Aprendizaje. Madrid: Instituto de Ciencias de la Educación (ICE).

Belloch, C. (2012) Las Tecnologías de la Información y Comunicación en el aprendizaje. Material docente [on-line]. Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación. Universidad de Valencia.

Cejas-León, R., Navío, A. y Barroso, J. (2016). Las competencias del profesorado universitario desde el modelo TPACK (Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido). Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, 49, 105-119. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2016.i49.07>

Chai, C. S., Koh, J. H. & Tsai, C. C. (2013). A Review of Technological Pedagogical Content Knowledge. Educational Technology & Society, 16(2), 31-51.

Graham, C. (2005). Handbook of blended learning: Global Perspectives, local designs. San Francisco, CA: Pfeiffer Publishing

Hernández, Fernando, y Sancho, Juana. (1993). Para enseñar no basta con saber la Asignatura. Barcelona, España: Paidós Ibérica, S. A.

Koehler, M., Mishra, P. y Cain, W. (2015). ¿Qué son los saberes tecnológicos y pedagógicos del contenido (TPACK)?. Virtualidad, Educación y Ciencia, 10(6), 9 -23.

Pierce, R., K. Stacey y A. Barkatsas (2007), "A scale for monitoring students' attitudes to learning mathematics with technology", en Computers & Education, vol. 48, núm. 2, pp. 285-300.

RUÍZ-VELASCO, E. Ambiente de aprendizaje heurístico. Tecnología y Comunicación Educativas, México, v.18, n.40, p.68-93, jul. 2004-jun. 2005

## Foro 2. Nuevos Escenarios de la Educación y experiencias en Ingeniería

### Foro 2. Nuevos Escenarios de la Educación y experiencias en Ingeniería

8:30 – 10:30

#### AUTORES

**Johan Sebastián Casagua  
Cano**

Edwin Francisco Forero  
García

Dario Alejandro Segura  
Torres

**Martha Lenis Castro  
Castro**

**Alix Cecilia Chinchilla  
Rueda**

**Jesús Armando Delgado  
Meza**

**Ricardo Vicente Jaime  
Vivas**

**Jorge Eliecer Carvajal  
Alcaraz**

Yeimi Xiomara Holguín  
Rengifo

Carlos Aguilar naranjo

**Gladis Helena Vásquez  
Echavarría**

Adriana Xiomara Reyes  
Gamboa

Dario Enrique Soto Durán

**Brayan Alexis Serrato  
Ramírez**

Jorge Andrés Carvajal  
Ahumada

Jesus David Quintana  
Conde

#### PONENCIA – INSTITUCIÓN

**Sistema remoto para prácticas de laboratorio como  
estrategia Educación 4.0 en la formación de Ingenieros  
Electrónicos**

Universidad Santo Tomás  
Bogotá Colombia

**Construcción colaborativa de conocimiento a partir  
del uso de una herramienta sincrónica de representación  
diagramática en ambientes virtuales de aprendizaje.**

**Caso: Programas de Ciencias Sociales y Humanas**  
Corporación Universidad de Investigación y Desarrollo  
UDI

Bucaramanga, Colombia

**Estrategia de implementación de escuelas de  
destreza para la apropiación de tecnologías para el uso  
racional de la energía**

Instituto Tecnológico Metropolitano-ITM  
Medellín, Colombia

**Marco de trabajo de lecciones aprendidas en el  
contexto de los proyectos de tecnología de información  
(TI)**

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid  
Medellín, Colombia

**Uso de subproductos provenientes de la construcción  
de plástico reciclado en la fabricación de paneles no  
estructurales**

SENA-Tecnoparque Nodo Neiva  
Neiva, Colombia

**Erica Andrea Osorio  
Yepes**  
Diego Ancizar García  
Posada

**Prótesis bajo principios de impresión 3D,  
electromiografía, robótica y microprocesamiento**  
Institución Universitaria de Envigado  
Envigado, Colombia

**Construcción colaborativa de conocimiento a partir del uso de una herramienta sincrónica de representación diagramática en ambientes virtuales de aprendizaje.  
Caso: Programas de Ciencias Sociales y Humanas**

Martha Lenis Castro Castro, Alix Cecilia Chinchilla Rueda, Jesús Armando Delgado Meza, Ricardo Vicente Jaime Vivas

Corporación Universidad de Investigación y Desarrollo –UDI-

Colombia

### **Sobre los autores**

**Martha Lenis Castro Castro:** Magíster en Administración, Docente Investigadora del Grupo de Investigación en Desarrollo Empresarial Competitivo – Porter y Vicerrectora Académica en la Universidad de Investigación y Desarrollo -UDI. Investigador Junior (IJ) – Colciencias. Amplio conocimiento del sistema de Educación Superior Colombiano y de las diferentes herramientas de calidad en materia de educación. Líder en creación de programas de pregrado virtuales a nivel tecnológico y universitario. Formadora en el diseño instruccional y evaluación por competencias de cursos virtuales. Docente investigadora con más de 15 años de experiencia en Educación Superior. Creadora de la normativa y procedimientos para el desarrollo de la Función Sustantiva de Extensión en universidades. Experiencia certificada en la coordinación y ejecución de proyectos para Banco de Elegibles del Ministerio de Educación Nacional y el SENA.

**Correspondencia:** [vice.academica@udi.edu.co](mailto:vice.academica@udi.edu.co)

**Alix Cecilia Chinchilla Rueda:** Directora UDI VIRTUAL en la Universidad de Investigación y Desarrollo -UDI. Licenciada en Matemáticas y Física, Ingeniera de Sistemas, Magíster en Educación con acentuación en procesos de la Enseñanza y el aprendizaje a través de herramientas tecnológicas. Actualmente cursa un Doctorado en Socio formación y Gestión del Conocimiento. Amplia experiencia en formación por competencias, coordinación y dirección académica, ambientes virtuales de aprendizaje, desarrollo curricular, y orientación en investigación; manejo de plataformas para educación con nuevas tecnologías. Asesora pedagógica para la estructuración curricular e implementación de educación con TIC y diseño de recursos educativos digitales. Competencias en el ámbito humanístico y profesional para orientar, asesorar y potencializar el aprendizaje en educación superior, la incorporación de las tecnologías de la información, sus posibilidades interactivas y la comunicación. Formación en el campo científico y humanístico con un sentido ético, de responsabilidad y sensibilidad social, brindando atención de gran calidad en el campo de la educación. Formación y desempeño cualificado para orientar, asesorar y coordinar propuestas formativas en modalidad presencial y virtual. Participó en procesos de Investigación asociados a Educación con Tecnología.

**Correspondencia:** [director.udivirtual@udi.edu.co](mailto:director.udivirtual@udi.edu.co)

**Jesús Armando Delgado Meza:** Psicólogo, Especialista en Psicología Clínica, Especialista en Alta Gerencia, Magister en Gestión Integrada de la Calidad, Seguridad y Medio Ambiente. Investigador Asociado Colciencias. Desarrollador y ejecutor de proyectos de investigación en el área de las ciencias sociales y humanas, especialmente en los campos de la psicología social, educativa y organizacional. Creador de cursos virtuales del programa de psicología de la UDI tanto de pregrado como de posgrado. Coordinador de programa de psicología durante 5 años, coordinador de centro de atención psicológica. Actualmente se desempeña como investigador y docente del programa de psicología, con reconocimiento tanto de su labor docente como investigativa, este último evidente por sus resultados científicos (artículos, participaciones en congresos y su contribución en la elaboración de productos de desarrollo tecnológico e innovación).

**Correspondencia:** [jesus.delgado@udi.edu.co](mailto:jesus.delgado@udi.edu.co)

**Ricardo Vicente Jaime Vivas:** Investigador Senior Colciencias. Líder del Grupo de Investigación en Nuevas Tecnologías aplicadas a la Educación GIDSAW de la UDI, en el campo del aprendizaje colaborativo mediado por computador ha participado en los proyectos “Aplicación de un software para la gestión de casos de estudio en el mejoramiento de la competencia para el diseño de bases de datos” y “Trabajo colaborativo soportado en tecnologías de la información para el mejoramiento de las competencias de diseño de bases de datos relacionales de estudiantes de Ingeniería de Sistemas” de financiación interna de la UDI. Asimismo, ha sido coinvestigador en los proyectos financiados por el Ministerio de Educación Nacional “Efecto del ejercicio de la argumentación y del monitoreo de las variables centralidad y cohesión de grupo sobre el desarrollo de competencias matemáticas y de la deserción estudiantil” del 2010 al 2012, y “Red de modelamiento y representación formal en matemáticas” del 2011 al 2013, en colaboración con grupos de investigación de otras instituciones de educación superior como la Universidad Central, la Universidad Pedagógica Nacional y la Universidad Hebrea de Jerusalén. Como producto de los proyectos mencionados ha desarrollado software de apoyo al aprendizaje colaborativo, así como artículos y capítulos de libros resultado de investigación.

**Correspondencia:** [ricardojaime@udi.edu.co](mailto:ricardojaime@udi.edu.co)

## Resumen

*Este proyecto describe el proceso de construcción colaborativa de conocimiento en estudiantes de Psicología virtual, mediante una herramienta sincrónica de representación diagramática. En el estudio cualitativo, basado en casos, los estudiantes realizan argumentación para diagramar la solución. El análisis consistió en identificar las fases para la construcción de conocimiento por equipo: a) organización a partir de la comprensión del caso y acuerdos para participar, b) intercambio de información y argumentación, c) elaboración de constructos y aprobación de significados, y d) diagramación de solución del caso. Los resultados muestran la conveniencia de una herramienta sincrónica colaborativa, ofreciendo a los estudiantes interacción en tiempo real mediante la argumentación, considerando implicaciones de la gestión en un entorno virtual, considerando la intencionalidad formativa y realimentación por el tutor. Los resultados revelaron que los estudiantes mostraron interés por la organización de las actividades, el acuerdo y el acato*

*a las normas establecidas, al intercambio de información, la elaboración de significados para generar conocimiento a través de diagramas desde la argumentación. Concluimos que establecieron patrones de interacción derivados del nivel de implicación y la profundidad del diálogo durante de la tarea. Finalmente, se plantean propuestas para la intervención del docente y la mejora de procesos colaborativos.*

**Palabras Claves:** construcción de conocimiento, educación virtual, herramienta diagramática, interacción sincrónica, trabajo colaborativo.

### **Collaborative construction of knowledge from the use of a synchronous diagrammatic representation tool in virtual learning environments. Case: Social and Human Sciences Programs**

#### **Abstract**

*This project describes the process of collaborative construction of knowledge in virtual psychology students, through a synchronous diagrammatic representation tool. In the qualitative, case-based study, students made argumentation to diagram the solution. The analysis consisted of identifying the phases for the construction of knowledge in teams following the steps below: a) organization based on the understanding of the case and agreements to participate, b) information exchange and argumentation, c) elaboration of constructs and approval of meanings, and d) case solution diagramming. The outcomes show the convenience of a collaborative synchronous tool, which offers students real-time interaction through argumentation, considering the implications of management in a virtual environment, considering training intentionality and feedback from the tutor. The outcomes revealed that the students showed interest in the organization of activities as well as in the agreement and compliance with the established norms, likewise, the exchange of information, the elaboration of meanings to generate knowledge through diagrams from the argument. Summing up, it was evident that students established interaction patterns derived from the level of involvement and the depth of the dialogue during the task. Finally, proposals are given for teacher intervention and the improvement of collaborative processes.*

**Keywords:** knowledge construction, virtual education, diagrammatic tool, synchronous interaction, collaborative work.



## Marco de Trabajo de Lecciones Aprendidas en el Contexto de los Proyectos TI

Gladis Helena Vásquez, Adriana Xiomara Reyes Gamboa, Darío Enrique Soto Duran, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Tecnológico de Antioquia, Colombia

**Gladis Helena Vásquez Echavarría:** Ingeniera de Sistemas, Especialista en Gerencia del y Gerencia de Mercadeo, Executive MBA de la Escuela de Administración de Empresas EAE- Barcelona-España, Magister en Gestión de Tecnologías de la Información (c). Docente Investigador de la Facultad de Ingenierías del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid–Medellín, Colombia. Las áreas de interés de investigación y trabajo son gestión de proyectos, ingeniería de software, gestión del conocimiento, arquitectura de software.

**Correspondencia:** [ghvasquez@elpoli.edu.co](mailto:ghvasquez@elpoli.edu.co)

**Adriana Xiomara Reyes Gamboa:** Ingeniera de Sistemas, Especialista en Teleinformática, Magister en Ciencias Computacionales, Doctor en ingeniería de sistemas e Informática de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Docente Investigador de la Facultad de Ingeniería del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia. Investigadora Asociada de Colciencias, las áreas de interés de investigación y trabajo son la ingeniería de software, arquitecturas de software, agilísimo, desarrollo de contenidos educativos soportados por TIC.

**Correspondencia:** [axreyes@elpoli.edu.co](mailto:axreyes@elpoli.edu.co)

**Darío Enrique Soto Duran:** Ingeniero de Sistemas, Especialista en Teleinformática, Doctor en ingeniería de sistemas e Informática de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Docente Asociado de la Facultad de Ingeniería del Tecnológico de Antioquia, Medellín, Colombia. Investigador Asociado de Colciencias, las áreas de interés de investigación y trabajo son la ingeniería de software, arquitecturas de software, pruebas de software, gestión de conocimiento y proyectos.

**Correspondencia:** [dsoto@tdea.edu.co](mailto:dsoto@tdea.edu.co)

## Resumen

Las tecnologías de la información y las comunicaciones han cambiado notablemente la forma de trabajar y de comunicarse de las personas, y por ende las organizaciones cada día requieren ser más competitivas y globales, es así como el objetivo de esta investigación es diseñar un marco de trabajo de lecciones aprendidas basado en buenas práctica en el contexto de los proyectos TI, que permita aprender de la experiencia de proyectos anteriores. Se muestran los resultados obtenidos a través de una encuesta realizada a expertos, que permitió concluir que las lecciones aprendidas se deben gestionar en los proyectos durante todo su ciclo de vida; haciendo de esta actividad una generación de conocimiento, como dinámica permanente entre los equipos, identificando los aciertos y desaciertos para tener un activo que sirva para la gestión de futuros proyectos TI.

**Palabras Claves:** Proyectos TI, Lecciones Aprendidas, Reúso, Gestión.

## Framework of Lessons Learned in the Context of IT Projects

### Abstract

*Information and communication technologies have notably changed the way people work and communicate, and therefore organizations need to become more competitive and global every day, so the aim of this research is to design a framework of lessons learned based on good practice in the context of IT projects, which allows to learn from the experience of previous projects. The results obtained are shown through a survey conducted with experts, which concluded that lessons learned should be managed in projects throughout their life cycle, making this activity a generation of knowledge, as a permanent dynamic between teams, identifying successes and failures to have an asset that serves for the management of future IT projects.*

**Keywords:** *IT Projects, Lessons Learned, Reuse, Management.*

### Introducción

La gestión de proyectos TI, es una de las áreas que debe abordar las diversas necesidades, inquietudes y expectativas de los interesados para poder plantear soluciones que cumpla con los requisitos de un proyecto (PMI, 2017).

El resultado obtenido una vez ejecutada la solución de un problema, es llamado una lección aprendida (LA) (Sechi et al. 1999), y que a pesar de que es una base de conocimiento, éste no alcanza a cumplir todo el ciclo esperado de una lección aprendida: recolección, verificación, almacenamiento, diseminación, reutilización (Weber, 2001), debido, muchas veces, a que no están completas y correctamente estructuradas, como también a la falta de un vocabulario común entre aquellos que “producen” las lecciones aprendidas y aquellos que las “consumen”.

También en el artículo de Díaz, C., Fraile, D., Rodríguez, D. y Giraldo G. (2015) dice que “El aprendizaje basado en experiencias es una de las actividades humanas más comunes e importantes. Las experiencias, éxitos y fracasos, permiten perfeccionar los trabajos, mejorar la gestión del director del proyecto y su equipo y lograr una mejor interacción con otras partes interesadas en el proyecto”. Sin embargo hace falta que los equipos comprendan que las lecciones aprendidas deben ser una dinámica de generación de conocimiento que se puede aplicar en varios campos, pero que realmente no se aplica en el contexto de los proyectos TI.

Además “hay numerosos indicios de que la importancia del conocimiento y la innovación para el crecimiento está aumentando en forma acelerada. En todo el mundo, los productos y servicios tienen un contenido cada vez mayor de conocimiento. Las economías de hoy se transforman cada vez más en economías basadas en el conocimiento. La capacidad y



## Actividad 3.3: Diseñar el marco de trabajo de lecciones aprendidas

## Desarrollo Marco Teórico

**Proyectos TI:** Según el PMBOK, “un proyecto es “un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” “producto, servicio o resultado único: Los proyectos se llevan a cabo para cumplir objetivos mediante la producción de entregables. Un objetivo se define como una meta hacia la cual debe dirigirse el trabajo, una posición estratégica que se quiere lograr, un fin que se desea alcanzar, un resultado a obtener, un producto a producir o un servicio a prestar.” “un entregable se define como cualquier producto, resultado o capacidad único y verificable para ejecutar un servicio que se produce para completar un proceso, una fase o un proyecto. Los entregables pueden ser tangibles o intangibles.” (PMI, 2017).

Por otra parte, el concepto Tecnologías de Información (TI), hace referencia a la aplicación de destrezas y conocimientos técnicos para satisfacer una necesidad o solucionar un problema.

En consecuencia, la gestión de proyectos incorpora conocimientos y habilidades de gestión que son aplicadas en un dominio de aplicación. En este contexto, los proyectos del sector TI incluyen características particulares como: alta incertidumbre, alta complejidad, ambientes de permanente cambio tales como I + D, biotecnología, nanotecnología y materiales avanzados en industrias como la farmacéutica y la medicina, aeroespacial, defensa y electrónica (Sauer y Horner, 2009).

Los proyectos TI, en la literatura reportan dificultades y algunos de los principales aspectos que influye en ello son: La complejidad (Mieritz, 2012) y los largos periodo de ejecución (Gulla, 2012). El análisis realizado por (Alami, 2016), identifica que los factores de mayor incidencia en el fracaso de los proyectos TI, son:

- Entornos desequilibrados e inestables que no permite alcanzar los objetivos del proyecto.
- Selección de una estrategia inadecuada a las condiciones y variables del proyecto.
- Fallas en las prácticas de gestión.

Acorde con los autores (Murphy&Cormican, 2015), consideran que las prácticas y conocimientos de la gestión de proyectos no son aplicadas durante la ejecución. Una de ellas, es el estudio de viabilidad que no satisface los diferentes aspectos técnicos y económicos requeridos para definir la estrategia de ejecución.

El estudio presentado por (Lezama, 2016), reporta que una de las causas más relevante en los proyectos es la falta de articulación entre las disciplinas e ingenierías que inciden en la construcción del producto o servicio y la carencia de un método para evaluar la viabilidad de los proyectos tecnológicos.

**Marco de Trabajo:** El Marco de Trabajo se define en términos generales como una estructura que proporciona un comportamiento genérico para una familia de abstracciones de software en su contexto, contribuyendo al desarrollo de nuevas aplicaciones en un dominio particular (Pressman, 2010).

Es una estructura de soporte definida en la cual otro proyecto de software puede ser organizado y desarrollado, a partir de una estructura software compuesta de componentes personalizables e intercambiables para el desarrollo de una aplicación (Saavedra, 2009). Los

marcos de trabajo (Guerrero y Suárez, 2010) contienen patrones (Guerrero et al., 2013) y buenas prácticas que apoyan el desarrollo de un producto y un proceso con calidad.

**Gestión de Conocimiento (GC):** La gestión del conocimiento es un proceso que continuamente asegura el desarrollo y aplicación de todo tipo de conocimientos pertinentes en una empresa, con el objeto de mejorar su capacidad de resolución de problemas y así contribuir a la sostenibilidad de sus ventajas competitivas (Hernández, Marulanda y López, 2014)

Los autores (Linares, Piñero, Rodríguez y Pérez, 2014), identifican la GC como nuevo enfoque gerencial que reconoce y utiliza el valor más importante de las organizaciones como lo es el conocimiento que los humanos poseen y aportan a la organización.

La gestión del conocimiento es aplicable de manera interdisciplinaria en diferentes campos. En consecuencia, es importante definir el alcance y propósito de la GC para su aplicación. Según (Davenport, 2016) define la gestión del conocimiento como: “un método que simplifica el proceso de compartir, distribuir, crear, capturar y comprender el conocimiento de una empresa”. En este contexto, el propósito de la implementación de estrategias de GC en una organización, es el aprendizaje organizacional.

Según El PMBOK 6ta edición, el conocimiento generalmente es clasificado como explícito (que se puede expresar con facilidad y claridad) y tácito (que no es fácil de expresar, pero se sobreentiende) y ambos tipos de conocimiento siempre se generan en toda actividad humana.

**Lecciones Aprendidas:** Según (Sechi et al. 1999) “Una lección aprendida es conocimiento o entendimiento ganado con la experiencia. La experiencia puede ser positiva, como pruebas o misiones exitosas, o negativa, como accidentes o fallas. Lo exitoso es también considerado fuente de lecciones aprendidas. Una lección debe ser significativa en el sentido que tiene impacto real o hipotético en las operaciones; válida en el sentido que es objetiva y técnicamente correcta; y aplicable pues identifica específicamente un diseño, un proceso o una decisión que reduce o elimina fallas y accidentes potenciales o que refuerza un resultado positivo”.

Una lección aprendida es el conocimiento específico, que se da como resultado de un proceso de aprendizaje, la lección aprendida es proveniente de algo que se hizo o se dejó de hacer, o de un acierto o desacierto que permite aprender para futuras situaciones, según (Weber, 2008).

Por otro lado en el cuerpo de conocimiento de la gestión de proyectos denominado (PMBOK® guide), se define lecciones aprendidas como “El conocimiento adquirido durante un proyecto el cual muestra cómo se abordaron o deberían abordarse en el futuro los eventos del proyecto, a fin de mejorar el desempeño futuro” (PMBOK, 2013).

### Revisión de Literatura

**Caracterización de las estrategias para gestionar lecciones aprendidas:** En todo el trabajo de revisión de literatura con respecto a lecciones aprendidas, se encontró información importante de varios autores que permiten contextualizar este tema.

(Matturro M, 2010), asocia el concepto LA como experiencia, buena práctica, y percepción de mejora empresarial, considera que debe tener atributos que describen la relevancia del conocimiento obtenido y los caracteriza por medio de los juicios de valor cualitativo como son: significativo, correcto y aplicable. Una lección aprendida debe ser significativa en cuanto a que tiene un impacto real y asumido en las operaciones, válido en cuanto a que es correcta desde un punto de vista técnico y aplicable ya que identifica un

diseño, un proceso y una decisión específica que reduce la posibilidad de un fallo o accidente, o refuerza un resultado positivo.

El autor (Andrade & al, 2013), describe inicialmente LA como una experiencia que puede ser positiva, tal como una prueba o misión exitosa, o negativa, como en un accidente o falla, luego define lección aprendida como una buena práctica de trabajo y enfoque innovador que es capturado y compartido para promover la repetición de su aplicación, o una experiencia o práctica adversa de trabajo que es capturada y compartida para evitar su repetición, finalmente dice que una lección aprendida es cualquier experiencia o percepción positiva o negativa que se puede usar para mejorar el rendimiento de una organización en el futuro.

Y según la conclusión de Tirado, Alejandro Uribe (2013), las lecciones aprendidas son “Los conocimientos tácitos y explícitos que genera un individuo, grupo u organización a partir de una experiencia significativa (positiva o negativa) en el desarrollo de una actividad o proyecto”; y pueden ser recopiladas y distribuidas por diferentes medios de comunicación, que sirven como base para la gestión de conocimiento organizacional y como experiencia para futuros proyectos.

El trabajo de (Rocha y Weber, 2008), condensa lecciones aprendidas en un programa nacional de Brasil, en el cual utiliza el modelo MPS.BR; y agrupa las lecciones en cuatro categorías: gestión del programa, en el cual se agrupan lecciones aprendidas desde la coordinación general del programa, organización de grupos de empresas, que propone el esquema de organización federado para hacer acompañamiento masivo, e implementación y evaluación del modelo; se considera uno de los trabajos significativos en Latinoamérica, orientado a pequeñas y medianas empresas que desean compartir costos y servicios. Con este mismo modelo según (AR Rocha et al, 2007) se describe el proceso de selección y formación de evaluadores MPS en la institución evaluadora (IA COPPE) y un conjunto de lecciones aprendidas y prácticas adoptadas como resultado de la experiencia de dos años realizando evaluaciones según el mismo modelo MPS.BR, que consideran son consistentes y permiten conducir evaluaciones de forma adecuada y segura.

En (Omena, L. et al. 2009) se presentan un conjunto de lecciones aprendidas a partir de una iniciativa de mejora de procesos de software en la perspectiva de los gerentes de proyectos, con el desafío del cambio de cultura en las empresas para la adopción de nuevas prácticas.

Basado en el modelo anterior está el trabajo (Anaya, R., & Gómez, L. 2012) donde se presentan las lecciones aprendidas de este mismo tipo de programas realizado en Colombia, utilizando CMMI-DEV como modelo de referencia. Y el de (Rico, 2016) presenta a través de un caso de estudio las lecciones aprendidas en el proceso de comercialización de la tecnología, en el procedimiento para la producción de jarabe azucarado por degradación.

En (Tapella, E., & Bilella, P. D. R. 2014), reconociendo la existencia de diferentes enfoques metodológicos, presenta un método de base que se ha aplicado en diferentes proyectos, basado tanto en la experiencia de los mismos autores como en el trabajo de otros practicantes, demuestra que el conocimiento generado a través de un proceso de sistematización de experiencias contribuye a mejorar el impacto del trabajo en los proyectos de desarrollo.

Según (Díaz, C., Fraile, D., Rodríguez, D. y Giraldo G. 2015), propone un proceso estándar de lecciones aprendidas dentro del marco de la gerencia moderna de proyectos y la implementación del proceso en organizaciones del subsector de hidrocarburos en Colombia. También está la experiencia de (Llorens Largo, F. 2016), que propone un sistema de

aprendizaje personalizado, automatizado y gamificado que consideran dejan múltiples lecciones aprendidas.

En (Ril Valentin, E. et al. 2013), se presenta una investigación que sustenta que, a partir de la aplicación de técnicas de minería de datos en lecciones aprendidas documentadas en los procesos de cierre de los proyectos, permite aumentar conocimiento respecto a la identificación de buenas prácticas y posibles problemas; así como la asociación en la ejecución de los proyectos.

En cuanto a herramientas se encuentra la propuesta por (Bravo, G., & Puerto, A. N. 2012), llamada ELLES (Enterprise Lessons Learned System), como una herramienta ontológica que facilita la generación y la transferencia de conocimiento generado por la experiencia en proyectos de tecnologías de información y provee facilidades para la conformación de comunidades de conocimiento.

Se encontraron algunas tesis de maestría como la de (Jiménez, 2016), que propone un Framework que consolida las mejores prácticas a nivel de gerencia de proyectos en entornos digitales. Y (Ledesma, 2017) “Framework de arquitectura empresarial” como apoyo en las operaciones de las organizaciones.

Los resultados obtenidos muestran como estos trabajos están basados en enfoques de procesos (P), estándares (E), métodos (M), técnicas(T), herramientas (H), propuestas de aprendizaje (A), o Framework (F), para recoger lecciones aprendidas en el marco de la gerencia moderna y en los proyectos de desarrollo de software, como se presentan en la tabla 1.

AUTOR	P	E	M	T	H	A	F
Weber et al, 2001						X	
Matturro M, 2010		X					
Andrade & al, 2013		X					
Tirado, Alejandro Uribe, 2013						X	
Rocha, R., Weber, K. MPS.BR, 2008	X						
Rocha, A. et al, 2008		X					
Omena, L., et al (2009)	X						
Anaya, R., & Gómez, L. 2012	X						
Rico Balvin, D., & Giraldo Osorio, P. 2016	X						
Tapella, E., & Bilella, P. D. R. (2014)			X				
Díaz, C., et al, 2015		X					
Llorens Largo, F., et al, 2016						X	
Ril Valentin, E., et al, 2013				X			
Bravo, G., & Puerto, A. N. 2012					X		
Jiménez Pulido, J. F. 2016							X
Ledesma Alvear, J. C. 2017							X

Tabla 1. Enfoques de Aplicación de LA

Estos trabajos coinciden en que a través de la condensación de lecciones aprendidas y sistematización de experiencias que generen valor, se pueden mejorar procesos en las pequeñas y medianas empresas. Hasta el momento no se presenta una propuesta de marco de trabajo de lecciones aprendidas que esté basado en buenas prácticas y que permita consolidar nuevo conocimiento para gestionar futuros proyectos TI. Uno de los principales propósitos de la gestión del conocimiento de las LAs en los proyectos TI es propiciar un ambiente para reusar el conocimiento a partir de un proceso de gestión que articule los componentes de una LA y se clasifican en cuatro momentos del ciclo: experiencia problemática, enseñanza aprendida, buena práctica y práctica incorporada al proceso.

En consecuencia, se puede inferir que la LA es un activo fundamental en el proceso de gestión de conocimiento independiente del dominio de aplicación. A continuación, se realiza la caracterización de las LAs según los estudios seleccionados que incorporan este activo dentro de los procesos de gestión del conocimiento.

AUTOR	COMPONENTES
Weber et al, 2001	Humano, Tecnológico, Físico, Proyecto, Proceso
Maturro et al, 2010	Experiencia, Trabajo, Impacto, Proceso, Fisco, Tecnológico, Organización, Rendimiento
Andrade et al, 2013	Tecnológicos, Metodología, Experiencia, Procesos, Productos, Dominios, Técnicas, Métodos, Planes, Estrategias, Objetivos
Murillo y Hernández Castilla, 2014)	Innovación, Organización, Autonomía, Enseñanza, Aprendizaje, Sociedad, Procesos, Equipo, Profesionales, Canales de Comunicación

Tabla 2. Componentes de las lecciones aprendidas aplicados a proyectos TI

**Selección de las estrategias en el marco de buenas prácticas de PMBOK, que permitan la gestión eficiente de los proyectos TI:**

Por ende se recomienda la aplicación de la Guía del PMBOK, que identifica ese subconjunto de fundamentos para la dirección de proyectos generalmente reconocido como buenas prácticas y que se logra mediante la aplicación e integración adecuadas de los 49 procesos de dirección de proyectos, agrupados lógicamente en 10 áreas, categorizados en 5 grupos como se muestra en la siguiente figura.

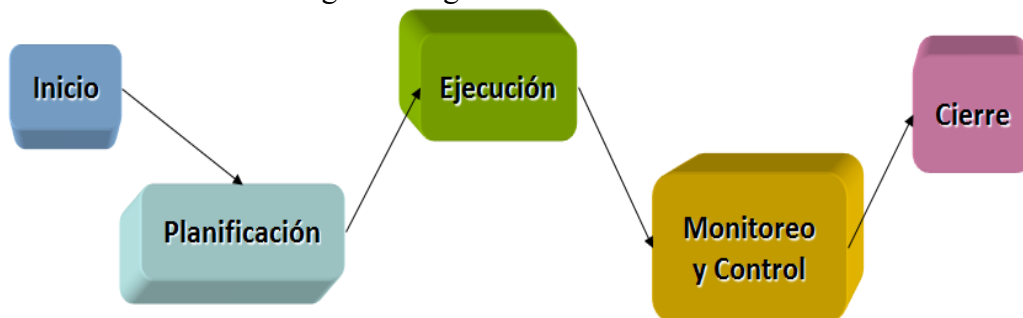


Figura 1. Grupos de Procesos



Y las áreas de conocimiento definidas en el (PMI, 2017).

- **Gestión de la Integración:** se encarga de todo el trabajo para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar las actividades de la dirección de proyectos para cumplir los objetivos y satisfacer las expectativas de los interesados. Desarrolla el acta de inicio, dirige y gestiona: el plan de gestión, la ejecución, el trabajo, los cambios y el cierre.
- **Gestión del Alcance:** se encarga de los procesos necesarios para garantizar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido, y únicamente el trabajo requerido, para completarlo con éxito. Planea, recopila, define, verifica y controla el alcance. Crea la EDT.
- **Gestión del Cronograma:** se encarga de los procesos requeridos para finalizar el proyecto a tiempo, gestiona todos los procesos para el cumplimiento de todo el trabajo del proyecto. Planea, desarrolla y controla el cronograma, define actividades, su duración y secuencia.
- **Gestión del Costo:** se ocupa de los procesos para planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costos, de modo que se complete el proyecto con el presupuesto estimado.
- **Gestión de la Calidad:** esta área se encarga de involucrar las políticas de calidad de la organización en cuanto a la planificación, gestión y control de requisitos de calidad del proyecto y el producto, a fin de satisfacer las expectativas de los interesados.
- **Gestión de los Recursos:** se ocupa de los procesos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión exitosa del proyecto.
- **Gestión de las Comunicaciones:** incluye los procesos requeridos para garantizar que la planificación, recopilación, creación, distribución, almacenamiento, recuperación, gestión, control, monitoreo y dispersión final de la información del proyecto, sean oportunos y adecuados.
- **Gestión del Riesgo:** incluye los procesos para llevar a cabo la planificación de la gestión, identificación, análisis, planificación de respuesta y monitoreo de los riesgos de un proyecto; minimizando el impacto y probabilidad de los eventos negativos y maximizando los positivos.
- **Gestión de las Adquisiciones:** se encarga de incluir los procesos necesarios para la compra o adquisición de productos, servicios o resultados requeridos, fuera del equipo del proyecto.
- **Gestión de los Interesados:** incluye los procesos requeridos para identificar las personas, grupos y organizaciones que afectan o pueden ser afectados por el proyecto. Analizar las expectativas de los interesados y su impacto en el proyecto, para desarrollar estrategias de gestión adecuadas, a fin de lograr la participación efectiva de los interesados en las decisiones y en la ejecución del proyecto.

Las áreas anteriormente descritas permiten definir los procesos, con sus entradas, herramienta y técnicas, así como sus salidas, que proporcionan los lineamientos para la gestión exitosa de los proyectos TI, sin embargo, no existen lineamientos claros para la gestión del conocimiento, ni para la gestión de las lecciones aprendidas que se generan en

cada uno de los proyectos que se desarrollan. Pero el Pmbok, sugiere para la gestión eficiente de los proyectos TI las siguientes estrategias:

- Selección de los procesos adecuados que sean necesarios para cumplir con los objetivos del proyecto
- Usar un enfoque definido que permita adaptar las especificaciones del producto y los planes de manera tal que puedan cumplir con los requisitos del proyecto y del producto.
- Cumplir con los requisitos para satisfacer las necesidades, deseos y expectativas de los interesados.
- Equilibrar las demandas concurrentes de alcance, cronograma, costos, calidad, recursos y riesgos para generar un producto de calidad.

Sin embargo según (Sanchez et al, 2009), las lecciones aprendidas son apenas un nombre para el penúltimo paso que ocurre antes de cerrar una mejora de proceso o un nuevo proyecto de desarrollo. En la gestión de proyectos este tema se contempla en el grupo de procesos de cierre donde incluye los procesos utilizados para finalizar formalmente todas las actividades de un proyecto o de una fase de un proyecto, entregar el producto terminado a terceros o cerrar un proyecto cancelado. En tal sentido, se constituye en una frase de formalización del cierre de las actividades, y de los contratos iniciados en los procesos de ejecución.

Por ende la estrategia que se escoge en este trabajo es la selección de los procesos adecuados que permitan hacer utilización y reúso de las lecciones aprendidas durante todo el ciclo de vida del proyecto (inicio, organización y preparación, ejecución y cierre) y poder hacer transferencia de conocimiento.

### **Resultados:**

#### **Diseño del marco trabajo de lecciones aprendidas en el contexto de los proyectos TI:**

El marco de trabajo permitió gestionar las lecciones aprendidas en el contexto de los proyectos TI basado en el esquema planteado por los autores (Andradre & al, 2013), adaptado al contexto de proyectos TI. Se realizó a partir de cinco fases y cada fase se describe a través de una serie de descriptores que definen los atributos de la LA.

- La primera fase denominada Identificación y hace referencia a las características genéricas propias de la LA.
- La fase dos denominada Contexto, describe los aspectos del entorno en que se da la experiencia.
- La tercera fase denominada Experiencia, describe los aspectos relacionados entre el problema y la solución.
- La cuarta fase denomina Mejora Obtenida, representan las características asociadas a la mejora producida.
- La última fase denominada Criterios de Reúso, se refiere a los aspectos relacionados con la situación en que se aplican las LAs.

Estas fases se aplicaron a cada una de las LAs que se identifican en un proyecto TI. Estos proyectos siguen las áreas de conocimiento definidas en el PMBOK, como lo son Gestión de la Integración, Gestión del Alcance, Gestión del Cronograma, Gestión del Costo, Gestión de la Calidad, Gestión de los Recursos, Gestión de las Comunicaciones, Gestión del Riesgo, Gestión de las Adquisiciones, Gestión de los Interesados. El marco de trabajo propone los descriptores que se presentan en la Fig 3, para cada fase.

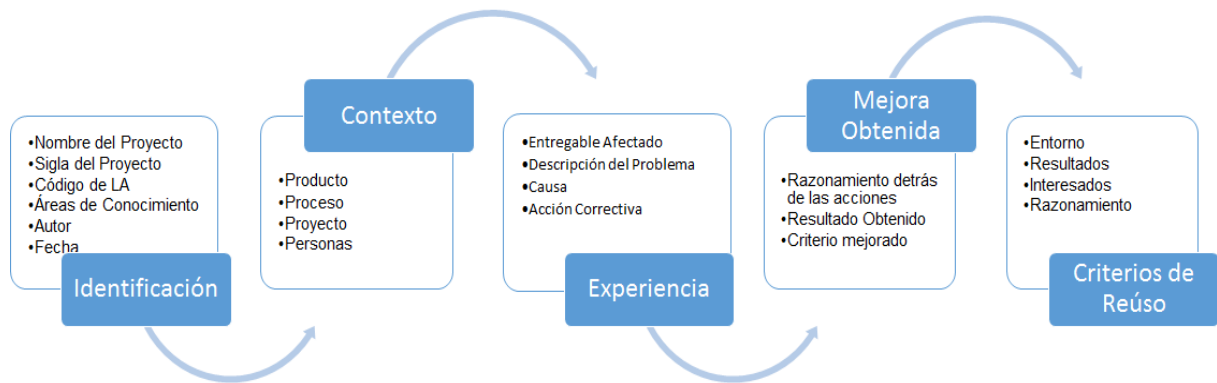


Figura 2. Marco de Trabajo de Lecciones Aprendidas

A continuación se describen cada una de las fases que permiten comprender el marco de trabajo para la gestión de lecciones aprendidas en los proyectos de TI.

**Fase 1. Identificación:** Esta fase corresponde a los descriptores que permiten identificar la LA, para su posterior búsqueda e indexación, los cuales corresponden a:

- Nombre Proyecto: Corresponde al nombre descriptivo en el que se identificó la LA del proyecto.
- Sigla del Proyecto: Identificador dado al proyecto.
- Código de lección aprendida: Consecutivo de la LA para su registro y seguimiento.
- Área de conocimiento: Corresponde a las categorías en que se clasificarán las LA.
- Autor: Persona que identifica la LA.
- Fecha: Día, mes, año en que se presentó la situación descrita por la LA

**Fase 2. Contexto:** Esta fase corresponde a la información de cómo se va desarrollando el proyecto y representa los aspectos del entorno en que se da la lección aprendida, los descriptores de esta fase corresponden a:

- PRODUCTO: es un objeto producido, cuantificable y que puede ser un elemento terminado o un componente, hace referencia a materiales o bienes.
- PROCESO: Serie de actividades sistemática de actividades dirigidas a producir un resultado final de tal manera que se actuará sobre una o más entradas para crear una o más salidas.
- PROYECTO: Corresponda a un conjunto de actividades relacionadas lógicamente que culmina con la finalización de uno o más entregables.
- PERSONAS: Todos los involucrados e interesados del proyecto, que pueden afectar, verse afectados o percibirse a sí mismos como afectado por una decisión, actividad o resultado de un proyecto.

**Fase 3. Experiencia:** Esta fase corresponde a la experiencia que involucra el problema y la solución que se plantea.

- Entregable afectado: corresponde a cualquier producto, resultado o capacidad único y verificable para ejecutar un servicio que se debe producir para completar un proceso, una fase o un proyecto
- Descripción del problema: Describe los antecedentes y circunstancias que ocasionaron el asunto sujeto de la lección aprendida.
- Causa: permite identificar las causas raíz que ocasionaron la situación.

- Acción correctiva: permite enumerar las acciones correctivas implementadas para Identificar las características de la mejora.

**Fase 4. Mejora Obtenida:** Esta fase corresponde a las características asociadas a la mejora producida, como son:

- Razonamiento detrás de las acciones: permite a través de vivencias en proyectos anteriores generar alternativas de solución en cada fase, área de conocimiento y proceso.
- Resultado Obtenido: Efecto que la situación planteada tuvo sobre los objetivos del proyecto
- Criterio mejorado: Corresponde a los indicadores de desempeño que permiten mejorar el proceso

**Fase 5. Criterios de Reúso:** En esta fase se realiza el registro del uso de la lección aprendida y las condiciones del contexto en el cual fue reutilizada y los resultados de este reúso, los descriptores para esto corresponden a:

- Entorno: Corresponde a las circunstancias o eventos en los que se reutilizó la LA.
- Resultados: Positivo, negativo, neutral y explicación.
- Interesado: Persona que realiza el reúso.
- Razonamiento: Comentarios o sugerencias para la reutilización de la LA

El proceso de gestión de una LA puede ser documentado por cualquier interesado que hace parte del proyecto TI.

Este proceso de identificación, empieza con la notificación por parte de un interesado de un evento o suceso ocasionado por una situación problema. Esta notificación se caracteriza por medio de los siguientes elementos:

ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN
Nombre Proyecto	Descripción del proyecto
Sigla del Proyecto	Identificador del proyecto
Código de lección aprendida	Consecutivo de la LA
Área de conocimiento	Integración, alcance, cronograma, costos, calidad, recursos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones e interesados
Autor	Persona que identifica y notifica el evento
Fecha	Día, mes, año en que se presentó la situación descrita por la LA

Tabla 3. Notificación del Evento Problema

El líder del proyecto una vez recibe la notificación del evento o suceso que generó la situación problema procede a remitirla al experto o rol respectivo con el propósito que a partir de su experiencia pueda evaluar el problema y darle solución, y proceder a registrar la LA que se convierte en un activo fundamental dentro del proyecto.

La LA es diligenciada por el experto con los elementos que integran el marco de trabajo planteado: (Identificación, Contexto, Experiencia, Mejora Obtenida y Criterios de Reúso), en el repositorio de conocimiento donde se almacena y se recupera información histórica y las lecciones aprendidas como lo son los registros y documentos de todo el proyecto, así como también toda la información y documentación de cierre del mismo; adicionalmente información relacionada con los resultados de las decisiones de selección y desempeño de proyectos anteriores, e información de actividades de gestión de riesgos.

El proceso continúa con la fase 2 para definir el contexto donde se describen los aspectos del entorno en que se da la LA, y que hacen referencia a los eventos que se producen alrededor de un hecho. En la figura 3 se muestran los elementos del contexto.

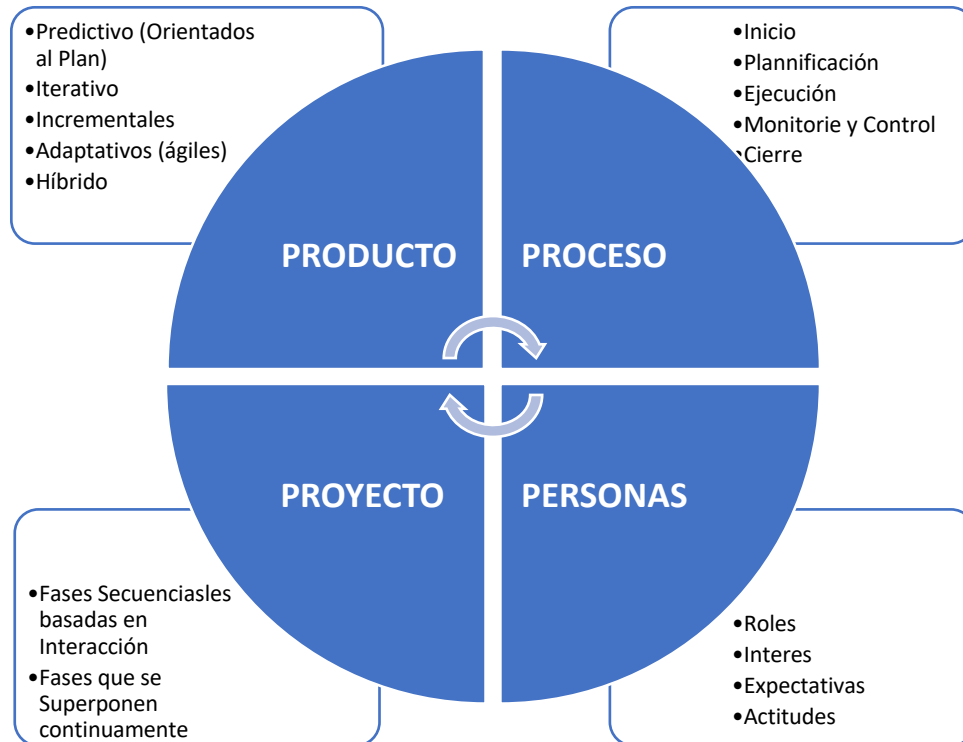


Figura 3. Elementos del Contexto

El contexto de los proyectos de TI está dado en las empresas que tienen una práctica estratégica llamada arquitectura empresarial (AE) que permite analizarlas integralmente desde diferentes perspectivas, con el fin de obtener, evaluar y diagnosticar su estado actual y poder establecer la transformación que se requiera, con el objetivo de generar valor a través de las tecnologías de la información, permitiendo la materialización de la visión de la entidad.

Esta AE se descompone en varias dimensiones como son: Misional o de negocio y la definición de la arquitectura de TI; esta última comprende seis dominios así: Estrategia de TI, Gobierno de TI, Información, Sistemas de Información, Servicios Tecnológicos y uso u apropiación. Dentro de la dimensión de los sistemas de información, encontramos la arquitectura de software que es donde el marco de trabajo propuesto busca intervenir y generar valor con la transferencia de conocimiento. A continuación se detallan los elementos empleados en el contexto, como se puede ver en la tabla 4.

ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN	VALORES
-----------	-------------	---------

Producto	Software	Requisitos, Análisis, Diseño, Implementación, Pruebas
Proceso	Grupos	Inicio, Planificación, Ejecución, Monitoreo y Control, Cierre
Proyecto	Fases	Nombre, Número, Duración, Requisitos de Recursos, Criterios de Entrada, Criterios de Salida
Personas	Tipos de Rol	PMP, Sponsor, Analista/Arquitecto, Programador, Diseñador, Tester

Tabla 4. Descripción de los Elementos del Contexto

En la fase 3, a partir de la experiencia que es adquirida por las circunstancias, acontecimientos o situaciones vividas, y que adicionalmente puede ser proporcionada por cualquier grupo o persona con educación, conocimiento, habilidad, o capacitación especializada, permitirá a cualquier actor asumir la responsabilidad de realizar un trabajo y a través del razonamiento generar valor a la solución planteada.

Esta etapa debe ser registrada y bien documentada de tal forma que las LA obtenidas puedan ser socializadas y utilizadas en otros proyectos; y esto es posible a través de un proceso de comunicación constante de tal manera que los involucrados puedan compartir sus experiencias, frente a los problemas presentados y como abordaron las soluciones así mismo las recomendaciones dadas como nuevo conocimiento para incorporar en el proyecto, como se puede detallar en la tabla 5.

TIPO	DESCRIPCIÓN
Problema	Nombre del Proyecto Entregable afectado Descripción del problema Causa
Solución	Acción Correctiva

Tabla 5. Descripción de la experiencia

En la fase 4, la mejora obtenida, será descrita a partir del análisis de la experiencia que generó la solución y que permite identificar en el ciclo de vida del proyecto en cual fase, grupo, área de conocimiento, los criterios generaron un efecto de mejora, como se describen en la tabla 6.

TIPO	DESCRIPCIÓN
Razonamiento detrás de las acciones	Fase, Grupo, Área de conocimiento, Proceso
Resultado Obtenido	Razonamiento Positivo, Negativo, Neutral, Explicación
Criterio Mejorado	Entrada, Proceso, Salida, Resultado

Tabla 6. Descripción de la Mejora Obtenida

En la fase 5, los Criterios de Reúso permitirán obtener un activo muy valioso para que otros usuarios o interesados escojan la óptima solución, convirtiéndose en una buena práctica en la gestión de las lecciones aprendidas. Después de especificar los elementos y estar almacenados, cualquier interesado puede acceder a las respectivas búsquedas y proceder a

determinar con el equipo cuales son las LA con mayor reúso que permita analizar la posibilidad de incorporarlas y convertirlas como práctica permanente en el proceso, la descripción de los criterios se observan en la tabla 7.

CRITERIOS	CONDICIONES
Entorno	Oficinas de Gestión de Proyectos
Resultado	Positivo, Negativo, Neutral, Explicación
Interesado	PMP, Experto
Razonamiento	Conocimiento reutilizable que se pueda aprovechar para manejar el desempeño en futuros proyectos

Tabla 7. Descripción de los Criterios de Reúso

Al final de un proyecto o fase, la información se debe documentar y publicar el aprendizaje del proyecto, haciendo transferencia de conocimiento de tal manera que se incorporen las mejoras obtenidas y sea una buena práctica de gestión en todo el ciclo de vida del proyecto, a la vez que se convierte en un activo de los procesos, almacenado en un repositorio de lecciones aprendidas puesto a disposición de cualquier interesado.

### Discusión de resultados:

El marco de trabajo de lecciones aprendidas incide social, cultural y económicamente en la industria del sector TI, ya que se convierte en una buena práctica para todos los interesados en un proyecto, contribuye al crecimiento de las empresas, generando valor por medio de la reutilización y reúso que se hacen de las LA, haciendo transferencia de conocimiento para proyectos futuros.

Este marco de trabajo se incorpora fácilmente en el proceso de enseñanza y aprendizaje con los proyectos de aula, permitiendo a los estudiantes fortalecer y desarrollar sus competencias para gestionar proyectos.

Permite disminuir la repetición de errores en los proyectos y se convierte en una buena práctica que da mejores soluciones frente a problemas que se presentan en las empresas del sector de TI, contribuyendo a la competitividad y al crecimiento de la economía de un país.

Con la validación del marco de trabajo en los proyectos de aula se puede establecer que es necesario la gestión de lecciones aprendidas durante todo el ciclo de vida de un proyecto como un proceso constante y permanente que cree espacios de reflexión para analizar y aprender de la experiencia, como también documentarlas constantemente para el reúso de ellas en otros proyectos.

### Conclusiones

Caracterizar y seleccionar la estrategia adecuada en el marco de las buenas prácticas de PMBOK para gestionar lecciones aprendidas, e incorporarla en todo el ciclo de vida de un proyecto TI, permite obtener mejores resultados.

El Marco de Trabajo de lecciones aprendidas diseñado permite recolectar, almacenar, verificar y diseminar experiencias que pueden ser tanto positivas como negativas que se tuvieron en proyectos pasados y que se convierten en conocimiento que se puede reusar y se vuelven fuente de consulta o referencias para después ser reutilizadas en situaciones

parecidas o similares e integrándolas a los procesos de los actuales proyectos de una organización.

Las Lecciones aprendidas son un activo intangible y como tal constituyen un tipo de conocimiento valioso, ya que representan lo que se debe y no debe hacer en un proyecto y que el conocimiento generado pueda ser utilizado por otros.

Este marco de trabajo constituye una forma genérica y buena práctica para gestionar las lecciones aprendidas en los proyectos de TI, generando conocimiento reutilizable que se puede aprovechar para manejar el desempeño futuro de otros proyectos.

También se recomienda validar el marco de trabajo en las empresas del sector del software que incorporan buenas prácticas de gestión de proyectos para determinar el nivel de reúso de las lecciones aprendidas y se puede ampliar en otros escenarios como implementar el marco de trabajo en arquitecturas de infraestructura y de servicios, para verificar su funcionalidad, así como integrar otras técnicas como la inteligencia artificial para procesos de búsqueda y reúso de experiencias significativas.

## Agradecimientos

Agradezco a mi directora Adriana Xiomara Reyes Gamboa por todo su conocimiento, acompañamiento y orientación en este trabajo, quien ha logrado con su personalidad y con sus habilidades de persuasión, ejerce a través de su lenguaje un liderazgo positivo que permite transformar e impactar en la sociedad. Así como a Darío E. Soto Duran, por su confianza y apoyo incondicional que me dieron la fuerza y la motivación para culminar este proyecto.

## Citas

- Anaya, R., & Gómez, L. (2012). Lecciones Aprendidas en el Acompañamiento Masivo para Mejora de Procesos en Empresas de Software: Un Caso Colombiano. In CIbSE (pp. 98-111).
- Andradre, S., & al, e. (2013). An architectural model for software testing lesson learned systems. Contents lists available at SciVerse ScienceDirect, 17.
- Bravo, G., & Puerto, A. N. (2012, October). ELLES-Enterprise lessons learned system. In Computing Congress (CCC), 2012 7th Colombian (pp. 1-6). IEEE.
- Davenport, Thomas; Prusk, Laurence (1998). Working Knowledge. Boston: Harvard Business School Press. ISBN: 9781578513017
- Díaz, C., Fraile, D., Rodríguez, D. y Giraldo G. (2015). Hacia la excelencia en la gerencia de proyectos a través del proceso de lecciones aprendidas. Revista Científica, 23, 82-97
- Guerrero, A., y Suárez, J., Patrones de diseño para el desarrollo de aplicaciones web. Desarrollando Software con Buenas Prácticas, 20-65, (Sic) Editorial Ltda., Bucaramanga, Colombia. (2010)



- Guerrero, C. A., Suárez, J. M., y Gutiérrez, L. E., Patrones de Diseño GOF (The Gang of Four) en el contexto de Procesos de Desarrollo de Aplicaciones Orientadas a la Web. *Inf. Tecnol.*, ISSN: 0718-0764 (en línea), 24(3), 103-114, (2013)
- Hernández, Marulanda y López (2104). Análisis De Capacidades De Gestión Del Conocimiento Para La Competitividad De Pymes En Colombia. Recuperado de: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642014000200013&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642014000200013&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Jiménez Pulido, J. F. (2016). Framework para consolidar las mejores prácticas al nivel de gerencia de proyectos en entornos digitales (Master's thesis, Universidad EAFIT).
- Ledesma Alvear, J. C. (2017). Frameworks de arquitectura empresarial (Doctoral dissertation, Facultad de Informática).
- Linares, Piñero, Rodríguez y Pérez (2014). Diseño De Un Modelo De Gestión Del Conocimiento Para Mejorar El Desarrollo De Equipos De Proyectos Informáticos. Recuperado de: <http://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/view/847/1107>
- Llorens Largo, F., Gallego-Durán, F. J., Villagrà-Arnedo, C. J., Compañ, P., Satorre Cuerda, R., & Molina-Carmona, R. (2016). Gamificación del Proceso de Aprendizaje: Lecciones Aprendidas.
- OCDE. 2013. Estudios Territoriales de la OCDE: Antofagasta, Chile 2013, OECD Publishing, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264203914-en>.
- Omena, L., Matias, K., Silva, M., Marinho, J., & Cabral, R. (2009). Lições Aprendidas em uma Iniciativa de Melhoria de Processos de Software na Perspectiva dos Gerentes de Projetos de um Grupo de Empresas Alagoanas. In V Workshop Anual do MPS, WAMPS (pp. 110-119)
- PMI. (2017). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMBOK) project management body of knowledge (I. Project Manager Institute Ed. 6). USA.
- Pressman Roger S. Ingeniería de Software. Un enfoque Práctico, 7ma ed. México: McGraw-Hill, 2010
- Project Management for Results (PM4R) (2013). Guía para capturar lecciones aprendidas. Disponible en: <http://www.pm4r.org/gestionproyectos-documentos/gu%C3%ADa-paracapturar-lecciones-aprendidas>

- Rico Balvin, D., & Giraldo Osorio, P. (2016). Lecciones aprendidas en el proceso de comercialización tecnológica en Antioquia: Un caso de estudio. REVISTA POLITÉCNICA, 12(23), 65-71. Recuperado de <http://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/900>
- Ril Valentin, E., & Rodríguez Puente, R., & Piñero Pérez, P., & Martínez Noriegas, H. (2013). Descubrimiento de conocimiento en lecciones aprendidas documentadas en los procesos de cierre de proyectos informáticos. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 7 (3), 45-57.
- Rocha, A. R., dos Santos Souza, G., Montoni, M., Barreto, A., Natali, A. C., Murta, L.z. & Conte, T. (2007, November). IA COPPE/UFRJ: Lições Aprendidas e Melhores Práticas. In II Workshop de Avaliadores MPS. BR, Belo Horizonte, MG.
- Rocha, R., Weber, K. MPS.BR. Lecciones Aprendidas, 2008.52 p. Traducción: Maria Teresa Villalobos, 2008. ISBN 978-85-99334-10-2. Disponible en [www.softex.br/mpsbr/\\_livros/licoes/mpsbr\\_es.pdf](http://www.softex.br/mpsbr/_livros/licoes/mpsbr_es.pdf). Fecha consulta Nov. 1/2011
- Saavedra, E., Grails: Framework para el desarrollo de aplicaciones Web. Revista de Software Libre ATIX, 32-41, (2009)
- Sánchez-Arias Luis Felipe \* S-PL., (2009). El cuerpo de conocimientos del Project Management Institute-PMBOK® Guide, y las especificidades de la gestión de proyectos. Una revisión crítica. Open Journal Systems [Internet]. 2009 octubre 12, 2014]. Available from: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/innovar/article/view/29236/34828>
- Secchi, P., Ciaschi, R., & Spence, D. (1999). A Concept for an ESA lessons learned system. In P.Secchi (Eds.), Proceedings of Alerts and LL: An Effective way to prevent failures and problems (Tech. Rep. WPP-167) (pp. 57-61). Noordwijk, The Netherlands: ESTEC.
- Tapella, E., & Bilella, P. D. R. (2014). Evaluación y aprendizaje desde la práctica: la sistematización de experiencias. Knowledge Management for Development Journal, 10(1), 52-65.
- Tirado, U., Alejandro Lecciones aprendidas en programas de Alfabetización Informacional en universidades de Iberoamérica. Propuesta de buenas prácticas (2013).

Weber, R., Aha, D.W., & Becerra-Fernandez, I. (2001). 'Intelligent lessons learned systems'  
Expert Systems with Applications, Vol. 20, No. 1, 17-34.

## Uso de subproductos provenientes de la construcción de plástico reciclado en la fabricación de paneles no estructurales.

Jesús David Quintana Conde, Brayan Alexis Serrato Ramírez, Jorge Andrés Carvajal Ahumada  
Tecnoparque SENA  
Colombia

**Jesús David Quintana Conde:** Aprendiz del programa de formación, tecnólogo en automatización industrial de la entidad SENA regional Huila, graduado del colegio Jesús María Aguirre Charry del municipio de Aipe, con gran habilidad para las áreas de programación, electrónica, instrumentación, con manejo básico en el área del diseño haciendo uso del programa SolidWorks®. Conocimiento y experiencia sobre la recolección, disposición y recuperación de los diferentes tipos de materiales plásticos, esto gracias a la experiencia obtenida a partir de las personas que se han dedicado a estas labores. Mis líneas de interés son: la electrónica, la automatización, la economía circular, la investigación y el diseño.

**Correspondencia:** [jdquintana29@misena.edu.co](mailto:jdquintana29@misena.edu.co)

**Brayan Alexis Serrato Ramírez:** Culmine mi etapa lectiva el 30 de marzo actualmente realizo etapa productiva del programa de formación, tecnólogo en Diseño de productos industriales de la entidad SENA regional Huila, técnico agrícola graduado de la Institución Educativa Joaquín García Borrero de Baraya –Huila, con gran habilidad para el diseño de productos en lo cual manejo herramientas de diseño como lo son el manejo del programa SolidWorks®, Adobe Illustrator, 3DMAX, conocimiento en dibujo técnico, habilidad para el manejo de cortadora laser, impresora 3D, a lo largo del tecnólogo he podido aplicar los conocimientos en desarrollo de proyectos. Mis líneas de interés son: diseño de productos, la economía circular, investigación

**Correspondencia:** [baserrato1@misena.edu.co](mailto:baserrato1@misena.edu.co)

**Jorge Andrés Carvajal Ahumada:** Ingeniero Mecánico graduado en la Universidad Nacional de Colombia, con maestría en Ingeniería en Diseño Industrial en la Universidad Politécnica de Madrid (España), con diplomados y cursos cortos en gestión de proyectos y diseño de productos industriales. Con experiencia en el desarrollo de productos en la industria de 4 años y 2 años en el campo de la investigación y formulación de proyectos. Gran habilidad en el manejo de programas de diseño asistido por computador CAD y simulaciones por elementos finitos FEM. Como líneas de interés se encuentran: Ciencias de los materiales, biomecánica y diseño mecánico.

**Correspondencia:** [jacarvajala@sena.edu.co](mailto:jacarvajala@sena.edu.co)

## Resumen

El proyecto se enfocó en la búsqueda del material apropiado para reemplazar tabletas para piso usando plástico reciclado; para ello se usó la siguiente metodología: 1. Investigación: por medio de una vigilancia tecnológica orientada al plástico reciclado y sus propiedades, apoyándose en la experiencia de familias recicladoras 2. Diseño 3D: Haciendo uso del software SolidWorks® se diseñó el molde para probetas acorde al ensayo de tracción para plásticos 3. Fabricación de probetas: Mediante el uso de piezas en aluminio, se generó un molde para la producción de probetas para tracción, se replicaron 2 probetas de madera plástica convencional, 1 probeta de polipropileno, 1 probeta de PET y 1 probeta mezcla de PET y polipropileno. 4. Ensayos de laboratorio: Se procedió a realizar los ensayos de laboratorio de tracción y toma de imágenes por estereomicroscopio de 100x sobre las probetas con el fin de determinar su cohesión. 5. Análisis de resultados: con base en los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio se concluye que la cohesión evidenciada en el PET es mayor que en las demás probetas adicionalmente mediante la probeta de PET se ha logrado obtener un aspecto semejante a las baldosas cerámica convencionales 6. Fabricación de tabletas y conclusiones.

**Palabras Claves:** *materias plásticas, comportamiento mecánico, Plásticos, plástico reciclable, comportamiento térmico.*

## Use of by-products from recycled plastic construction in the manufacture of non-structural panels.

### Abstract

The project focused on finding the appropriate material to replace floor tablets using recycled plastic; For this, the following methodology was used: 1. Research: through a technological surveillance aimed at recycled plastic and its properties, based on the experience of recycling families 2. 3D Design: Using the SolidWorks® software, the test mold was designed according to the tensile test for plastics 3. Manufacture of specimens: Through the use of aluminum parts, a mold for the production of tensile specimens was generated, 2 conventional plastic wood specimens, 1 polypropylene specimen, 1 specimen of PET and 1 test tube mixture of PET and polypropylene. 4. Laboratory tests: The traction and imaging laboratory tests were carried out using a 100x microscope on the specimens in order to determine their cohesion. 5. Analysis of results: based on the results obtained from the laboratory tests, it is concluded that the cohesion evidenced in PET is greater than in the other specimens additionally by means of the PET specimen, it has been possible to obtain an appearance similar to ceramic tiles Conventional 6. Tablet manufacturing and conclusions.

**Keywords:** *commodity plastics, mechanical, mechanical behavior, Plastics, recyclable plastic, thermal behavior.*

## Introducción

*Los plásticos contribuyen al crecimiento de la economía mundial, pero su actual producción y su modelo lineal de utilización (Tomar, hacer, usar y disponer) es el principal motivo de daño medioambiental, generación de desperdicios, cambio climático y afectaciones a la salud humana; se estima que solo el 9% de los 6300 Millones de Toneladas de plástico desechado generado entre 1950 al 2015 ha sido reciclado. India tiene probablemente el más alto índice de reciclaje con un 47 a 60%. La Unión Europea solamente el 30%, China el 22%, Estados Unidos el 9,5% y Latino América y el Caribe tienen muy bajos índices de reciclaje. (STAP Scientific and Technical Advisory Panel Ricardo Barra, 2018)*

La importancia económica de la industria del plástico en Colombia es alta y comparable con otras como agroindustria, construcción, alimentos, entre otros; *por ejemplo, para el año 2013 la industria del plástico vendió alrededor de 3.538 millones de dólares y la producción había superado el millón de toneladas por año. Los productos más representativos de estas ventas fueron por envases y empaque (55%), construcción (21%), institucional (8%) y agricultura (8%).* Según Acoplásticos (Asociación Colombiana sin ánimo de lucro que reúne las empresas del sector químico y la industria del plástico, caucho, pinturas, fibras, petroquímicas y relacionadas. Cuyo objetivo es ser vocero de estas industrias ante el Gobierno Colombiano.) El informe de la Cámara de Comercio expone que anualmente por colombiano se consumen 25 kg al año en productos a base de plástico. *En el país en cuanto a las botellas de PET, cerca del 74% de los envases de plástico terminan en los rellenos sanitarios y el 26% se recicla. (Zarta, 2016)* Por lo tanto en cuanto a reciclaje de botellas PET el país se encuentra debajo de la media mundial que está establecida en 41%, según un estudio de ENKA (Empresa productora y comercializadora en Colombia, de polímeros y fibras químicas de Poliéster y Nylon, materias primas para la industria en forma de gránulos, fibras, filamentos textiles e industriales.) (Zarta, 2016). Colombia genera 1.500 millones de botellas PET, las cuales contaminan fuentes hídricas, campos y en menor medida en rellenos sanitarios.

Debido al incremento del consumo de plásticos de un solo uso, tales como: (Polietileno de baja densidad LDPE, Polietileno de alta densidad HDPE, Polipropileno PP, Polietileno Tereftalato (PET) Cloruro de polivinilo PVC, y Poliestireno PS, en sectores productivos como el sector alimenticio, transporte, construcción, medicinas, electrónica y agricultura; *más de 8 millones de toneladas de plástico alcanzan los mares cada año en el mundo; en promedio una persona que consume comida de mar también consumirá 11.000 piezas microscópicas de plástico cada año (Joystu Dutta, 2018). Aproximadamente 600 billones de botellas son desechadas cada año alrededor del mundo, de las cuales solo el 47% de ellas son colectadas. De este porcentaje colectado la gran mayoría terminan en incineradores (Sushovan Dutta, 2016) . La contaminación por plástico – botellas, es una de las más significativas en la actualidad, ya que una botella plástica tarda alrededor de 700 a 1000 años en degradarse; (SERRATO, 2016) (ENKA, 2019).* El plástico al no ser reciclado comienza a descomponerse y emitir gases altamente tóxicos lo cual significa un problema de salubridad según, Silvia Gómez (directora de la ONG ambientalista Greenpeace)

Lo anterior en conjunto con una incipiente normatividad colombiana en el manejo de los desechos plásticos, actualmente basada en la incineración y mínimamente en el reciclaje, siendo este aprovechado en su mayoría por proyectos y emprendimientos privados sin apoyo estatal; genera gran acumulación de residuos plásticos sin tratar y la no asimilación en la conciencia colectiva de la sociedad sobre el riesgo que implica el no cambiar los hábitos que tenemos sobre el uso del plástico en la vida diaria y en el consumo. En estos momentos está en trámite un proyecto de Ley en el SENADO de la República impulsado por los senadores Angélica Lozano y Cesar Ortiz acerca de la reducción del uso, producción y consumo de los plásticos de un solo uso en el territorio nacional, entre otras disposiciones. (Ortíz, 2019) Recién es el primer paso que desde la rama legislativa se intenta dar hacia la transición del no uso de plásticos de corta vida útil. Es por esto que resulta pertinente plantear proyectos basados en la economía circular y en la re inserción del material plástico en nuevas cadenas de producción.

Actualmente se pueden encontrar algunos ejemplos que se han implementado para la inclusión de estas materias primas recuperadas en el desarrollo de nuevos productos.

*En el sector de la ingeniería civil, se realizaron ensayos de tracción sobre secciones cortadas y perforadas de las botellas de PET de diferentes diámetros; seleccionando las que obtuvieron mayores capacidades, para luego preparar celdas de material plástico recuperado PET, reforzadas a modo de columnas con material agregado. Ensayando finalmente por medio de un ensayo de compresión las capacidades de dichas columnas. (Sushovan Dutta, 2016)*

*No solo el PET sino el PE comúnmente utilizado para el desarrollo de bolsas plásticas está siendo recuperado para reutilizarse como agregado para el concreto sustituyendo cierta proporción utilizada de arena (10, 20, 30 y 40%). (Youcef Ghernouti, 2014)*

Terraplast es un proyecto en el cual busca dar uso al plástico reciclado en la fabricación de tabletas para piso residencial, reemplazando el material original de la baldosa (Cerámica).

## **Metodología:**

El presente trabajo se basó en el uso de una metodología dividida en 5 etapas. Comenzando por investigación, lo que dio insumos para la etapa de diseño, lo que a su vez permitió avanzar a la fabricación con el fin de caracterizar el material gracias a los ensayos de laboratorio y finalmente se validó el trabajo por medio de un prototipo funcional.

### **1. Investigación (VT)**

Por medio del desarrollo de una vigilancia tecnológica orientada a la búsqueda de materiales plásticos cuyas propiedades y comportamientos permitan ser reutilizados a través de procesos de recuperación, clasificación y transformación. Ese tipo de materiales plásticos se denominan Termoplásticos los cuales se caracterizan por tener un rango de temperatura en el cual “fluyen” y adoptan un comportamiento viscoso, esos límites de temperatura están más allá de la temperatura de transición vítrea propia de cada material perteneciente a esta familia de plásticos.

Según la experiencia que han tenido familias recicladoras en la región Huilense la mayoría de plásticos encontrados y recolectados son: PET, HDPE, PVC, LDPE, PP, PS; en menor medida otros.

El PET, material termoplástico resistente a aceites, bases, grasas, ácidos. De comportamiento duro y rígido, no es fácilmente deformable ante el calor, resistente a pliegues y esfuerzos. No absorben la humedad y tienen características dieléctricas y eléctricas favorables.

Utilizado para la producción de botellas para aceite y bebidas gaseosas, té entre otros, en la fabricación de cintas de audio y video, radiografías etc.

El HDPE Se obtiene del etileno, utilizado a temperaturas inferiores a los 70°C y a bajas presiones a comparación con el PET, es más duro y rígido y tiene la ventaja de no ser tóxico.

Utilizado en la producción de bolsas, cascos, tuberías, juguetes entre otros.

El PVC, producido a partir de sal y gas. En conjunto con otros agregados añadidos de los cuales dependerá su comportamiento el cuál podría ser de mayor flexibilidad o mayor rigidez, de opacidad o transparencia, ajustándose a la necesidad.

Utilizado comercialmente para la producción de juguetes, envases, envoltorios, películas, electrodomésticos, entre otros.

El LDPE es producido a partir del etileno puro a elevada temperatura y presión. Se caracteriza por su transparencia, elasticidad y falta de rigidez.

Utilizado para desarrollar aislante en cables eléctricos y para hacer bolsas flexibles y embalajes.

El PP Se obtiene del propileno. Se caracteriza por su flexibilidad, resistencia mecánica, por no contaminar y poder ser utilizado en contacto con el agua potable.

Utilizado en el desarrollo de cuerdas, pañales desechables, envases, baldes y como resisten elevadas temperaturas, se los usa para tuberías en las que fluyen líquidos calientes.

El PS Se produce a partir del benceno y etileno. Se caracterizan por ser fáciles de taladrar, cortar y manipular. Además, son de bajo costo e higiénicos.

Utilizado en el desarrollo de envases, cubiertos desechables, heladeras portátiles y para la producción de aislante tanto acústicos como térmicos.

Teniendo en cuenta la información obtenida de las familias recolectoras las cuales aseguran que los productos plásticos desechados mayormente encontrados en la región Huilense son las bolsas plásticas y en segunda medida las botellas plásticas con sus respectivas tapas. En los casos en los que ha sido posible identificar el código de reciclaje, para el caso de las botellas en su mayoría corresponden al 1 PET y sus tapas al 5 PP. En el caso de las bolsas plásticas en su mayoría están desarrolladas en LDPE.

El LDPE y el HDPE se están utilizando ampliamente por proyectos de reutilización de material reciclado como agregados para obras civiles, en los pavimentos, concretos entre otros.


El PET recuperado suele utilizarse para el desarrollo de nuevas botellas, pero estas ya no pueden ser destinadas para bebidas o productos alimenticios. Este proyecto se enfocó en utilizar el PET para un nuevo propósito luego de su vida útil inicial, dado el alto impacto medio ambiental ocasionado por la gran acumulación y el frecuente consumo de productos (bebidas gaseosas) en la región lo que genera un gran desperdicio de PET. Para el desarrollo de tabletas tipo azulejo podría utilizarse el PET como material dado que, al ser productos no alimenticios, podría reutilizarse la materia prima durante varios ciclos de vida.


Las tapas de las botellas son otro producto que ha sido encontrado con frecuencia por parte de los recolectores. Por lo tanto, se planteará el utilizarlo como refuerzo en la



generación de tabletas en conjunto con el PET, ya que podría proporcionar mayor resistencia y minimizar la fragilidad del PET.

En la tabla 1 se evidencian propiedades físicas y mecánicas básicas del PET

Physical Properties	Metric	English
Density	0.0700 - 1.45 g/cc	0.00253 - 0.0524 lb/in <sup>3</sup>
	1.10 - 1.20 g/cc @Temperature 285 - 285 °C	0.0397 - 0.0434 lb/in <sup>3</sup> @Temperature 545 - 545 °F
Water Absorption	0.050 - 0.80 %	0.050 - 0.80 %
Moisture Absorption at Equilibrium	0.20 - 0.50 %	0.20 - 0.50 %
Water Absorption at Saturation	0.40 - 0.70 %	0.40 - 0.70 %
Particle Size	2500 - 3500 µm	2500 - 3500 µm
Water Vapor Transmission	0.490 - 6.00 g/m <sup>2</sup> /day	0.0316 - 0.386 g/100 in <sup>2</sup> /day
Oxygen Transmission	5.10 - 23.0 cc-mm/m <sup>2</sup> -24hr-atm	13.0 - 58.4 cc-mil/100 in <sup>2</sup> -24hr-atm
Oxygen Transmission Rate	2.00 - 20.0 cc/m <sup>2</sup> /day	0.129 - 1.29 cc/100 in <sup>2</sup> /day
Viscosity Test	62 - 86 cm <sup>3</sup> /g	0.62 - 0.86 dl/g
Maximum Moisture Content	0.35 - 0.40	0.35 - 0.40
Thickness	100 - 1200 microns	3.94 - 47.2 mil
Linear Mold Shrinkage	0.0010 - 0.020 cm/cm	0.0010 - 0.020 in/in
Linear Mold Shrinkage, Transverse	0.0010 - 0.011 cm/cm	0.0010 - 0.011 in/in
Chemical Properties	Metric	English
Acetaldehyde	0.100 - 3.00 ppm	0.100 - 3.00 ppm
Mechanical Properties	Metric	English
Hardness, Rockwell M	80 - 96	80 - 96
Hardness, Rockwell R	105 - 125	105 - 125
Hardness, Shore D	79 - 87	79 - 87
Ball Indentation Hardness	117 - 170 MPa	17000 - 24700 psi
Tensile Strength, Ultimate	2.10 - 90.0 MPa	305 - 13100 psi
Film Tensile Strength at Yield, MD	55.0 - 260 MPa	7980 - 37700 psi
Film Tensile Strength at Yield, TD	53.0 - 265 MPa	7690 - 38400 psi
Tensile Strength, Yield	47.0 - 90.0 MPa	6820 - 13100 psi
Film Elongation at Break, MD	40 - 600 %	40 - 600 %
Film Elongation at Break, TD	30 - 600 %	30 - 600 %
Film Elongation at Yield, MD	4.0 - 6.0 %	4.0 - 6.0 %
Film Elongation at Yield, TD	4.0 - 6.0 %	4.0 - 6.0 %
Elongation at Break	4.0 - 600 %	4.0 - 600 %
Elongation at Yield	3.5 - 8.0 %	3.5 - 8.0 %
Modulus of Elasticity	0.107 - 5.20 GPa	15.5 - 754 ksi
Flexural Yield Strength	60.0 - 121 MPa	8700 - 17600 psi


Thermal Properties	Metric	English
CTE, linear	59.4 - 92.0 $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$	33.0 - 51.1 $\mu\text{in}/\text{in}\cdot^\circ\text{F}$
CTE, linear, Transverse to Flow	48.0 - 80.0 $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$	26.7 - 44.4 $\mu\text{in}/\text{in}\cdot^\circ\text{F}$
Specific Heat Capacity	1.00 - 1.50 $\text{J}/\text{g}\cdot^\circ\text{C}$	0.240 - 0.359 $\text{BTU}/\text{lb}\cdot^\circ\text{F}$
	1.21336 - 2.30 $\text{J}/\text{g}\cdot^\circ\text{C}$ @Temperature 60.0 - 280 $^\circ\text{C}$	0.290000 - 0.550 $\text{BTU}/\text{lb}\cdot^\circ\text{F}$ @Temperature 140 - 536 $^\circ\text{F}$
Thermal Conductivity	0.0150 - 0.290 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$	0.104 - 2.01 $\text{BTU}\cdot\text{in}/\text{hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}$
Melting Point	200 - 260 $^\circ\text{C}$	392 - 500 $^\circ\text{F}$
Maximum Service Temperature, Air	60.0 - 225 $^\circ\text{C}$	140 - 437 $^\circ\text{F}$
Deflection Temperature at 0.46 MPa (66 psi)	66.0 - 170 $^\circ\text{C}$	151 - 338 $^\circ\text{F}$
Deflection Temperature at 1.8 MPa (264 psi)	23.9 - 116 $^\circ\text{C}$	75.0 - 240 $^\circ\text{F}$
Vicat Softening Point	74.0 - 85.0 $^\circ\text{C}$	165 - 185 $^\circ\text{F}$
Minimum Service Temperature, Air	-50.0 - -20.0 $^\circ\text{C}$	-58.0 - -4.00 $^\circ\text{F}$
Glass Transition Temp, Tg	70.0 - 78.0 $^\circ\text{C}$	158 - 172 $^\circ\text{F}$
Flammability, UL94	HB - V-0	HB - V-0
Oxygen Index	22 - 25 %	22 - 25 %

Optical Properties	Metric	English
Haze	0.30 - 40 %	0.30 - 40 %
Gloss	108 - 166 %	108 - 166 %
Transmission, Visible	67 - 99 %	67 - 99 %

Processing Properties	Metric	English
Processing Temperature	90.0 - 293 $^\circ\text{C}$	194 - 560 $^\circ\text{F}$
Melt Temperature	120 - 295 $^\circ\text{C}$	248 - 563 $^\circ\text{F}$
Mold Temperature	10.0 - 163 $^\circ\text{C}$	50.0 - 325 $^\circ\text{F}$
Drying Temperature	70.0 - 160 $^\circ\text{C}$	158 - 320 $^\circ\text{F}$
Moisture Content	0.10 - 0.40 %	0.10 - 0.40 %

Ilustración 1 Propiedades Mecánicas y Térmicas PET  
Fuente: [www.matweb.com](http://www.matweb.com)

Physical Properties	Metric	English
Density	0.880 - 2.40 $\text{g}/\text{cc}$	0.0318 - 0.0867 $\text{lb}/\text{in}^3$
Water Absorption	0.00 - 1.0 %	0.00 - 1.0 %
Moisture Absorption at Equilibrium	0.10 %	0.10 %
Water Absorption at Saturation	0.010 %	0.010 %
Particle Size	300 - 1000 $\mu\text{m}$	300 - 1000 $\mu\text{m}$
Thickness	25.4 - 102 microns	1.00 - 4.00 mil
Linear Mold Shrinkage	0.00050 - 0.025 $\text{cm}/\text{cm}$	0.00050 - 0.025 $\text{in}/\text{in}$
Linear Mold Shrinkage, Transverse	0.0105 - 0.0185 $\text{cm}/\text{cm}$	0.0105 - 0.0185 $\text{in}/\text{in}$
Melt Flow	0.20 - 1200 $\text{g}/10 \text{ min}$	0.20 - 1200 $\text{g}/10 \text{ min}$
Base Resin Melt Index	0.50 - 50 $\text{g}/10 \text{ min}$ @Temperature 230 - 230 $^\circ\text{C}$	0.50 - 50 $\text{g}/10 \text{ min}$ @Temperature 446 - 446 $^\circ\text{F}$
Ash	0.00 - 26 %	0.00 - 26 %

Mechanical Properties	Metric	English
Hardness, Rockwell R	20 - 118	20 - 118
Hardness, Shore D	30 - 83	30 - 83
Ball Indentation Hardness	45.0 - 106 MPa	6530 - 15400 psi
Tensile Strength, Ultimate	9.00 - 80.0 MPa	1310 - 11600 psi
Tensile Strength, Yield	4.00 - 369 MPa	580 - 53500 psi
Film Elongation at Break, MD	93 - 530 %	93 - 530 %
Elongation at Break	3.0 - 900 %	3.0 - 900 %
Elongation at Yield	2.0 - 100 %	2.0 - 100 %
Modulus of Elasticity	0.00800 - 8.25 GPa	1.16 - 1200 ksi
Tenacity	0.203 - 0.441 $\text{N}/\text{tex}$	2.30 - 5.00 $\text{g}/\text{denier}$
Flexural Yield Strength	20.0 - 180 MPa	2900 - 26100 psi
Flexural Modulus	0.0260 - 6.89 GPa	3.77 - 999 ksi
	0.410 - 0.410 GPa @Temperature 90.0 - 90.0 $^\circ\text{C}$	59.5 - 59.5 ksi @Temperature 194 - 194 $^\circ\text{F}$

Thermal Properties	Metric	English
CTE, linear	18.0 - 185 $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$	10.0 - 103 $\mu\text{in}/\text{in}\cdot^{\circ}\text{F}$
Melting Point	61.0 - 220 $^{\circ}\text{C}$	142 - 428 $^{\circ}\text{F}$
Crystallization Temperature	110 - 115 $^{\circ}\text{C}$	230 - 239 $^{\circ}\text{F}$
Maximum Service Temperature, Air	65.0 - 125 $^{\circ}\text{C}$	149 - 257 $^{\circ}\text{F}$
Deflection Temperature at 0.46 MPa (66 psi)	40.0 - 160 $^{\circ}\text{C}$	104 - 320 $^{\circ}\text{F}$
Deflection Temperature at 1.8 MPa (264 psi)	37.0 - 172 $^{\circ}\text{C}$	98.6 - 341 $^{\circ}\text{F}$
Vicat Softening Point	35.0 - 160 $^{\circ}\text{C}$	95.0 - 320 $^{\circ}\text{F}$
Heat Distortion Temperature	85.0 - 115 $^{\circ}\text{C}$	185 - 239 $^{\circ}\text{F}$
Minimum Service Temperature, Air	-30.0 $^{\circ}\text{C}$	-22.0 $^{\circ}\text{F}$
Brittleness Temperature	-20.0 $^{\circ}\text{C}$	-4.00 $^{\circ}\text{F}$
UL RTI, Electrical	65.0 - 221 $^{\circ}\text{C}$	149 - 430 $^{\circ}\text{F}$
UL RTI, Mechanical with Impact	65.0 - 221 $^{\circ}\text{C}$	149 - 430 $^{\circ}\text{F}$
UL RTI, Mechanical without Impact	65.0 - 221 $^{\circ}\text{C}$	149 - 430 $^{\circ}\text{F}$
Flammability, UL94	HB - V-0	HB - V-0
Oxygen Index	25 - 27 %	25 - 27 %
DSC Induction Temperature	142 - 165 $^{\circ}\text{C}$	288 - 329 $^{\circ}\text{F}$

Ilustración 2 Propiedades Mecánicas y Térmicas del PP

Fuente: [www.matweb.com](http://www.matweb.com)

Realizando ciertas comparaciones, se puede evidenciar algunos inconvenientes que podrían presentarse al momento de fundir los dos materiales.

Existe una diferencia sustancial entre la temperatura de punto de fusión del PET y del PP, siendo estas, 200 a 260 $^{\circ}\text{C}$  y 95 – 115 $^{\circ}\text{C}$  respectivamente.

En cuanto a la absorción de agua, es de interés que ambos materiales tengan bajos índices de absorción lo cual ayudará al momento de limpiar las tabletas a salvaguardar su integridad. Estando en niveles menores al 0,1% para ambos materiales.

En cuanto a propiedades mecánicas ambos materiales tienen rangos muy amplios, debido a que tanto el PET como el PP son familias de materiales y su comportamiento mecánico dependerá de las diferentes combinaciones químicas con las cuales hayan sido creados.

Estando la resistencia a tensión del PET y PP representada en los siguientes rangos. 2,1 – 90 MPa y 2,8 – 56,5 MPa respectivamente.

Estando definidos los materiales con los que se procedió a desarrollar el prototipo de baldosa (PET-PP) se dio continuidad al diseño de los moldes.

## 2. Diseño 3D de moldes

Mediante el programa de CAD SolidWorks® se diseñó el prototipo de la baldosa teniendo en cuenta que sus dimensiones establecidas sean manejables haciendo uso de materiales y equipos de fácil acceso. En la Ilustración 3 puede observarse el diseño propuesto para el molde para la tableta

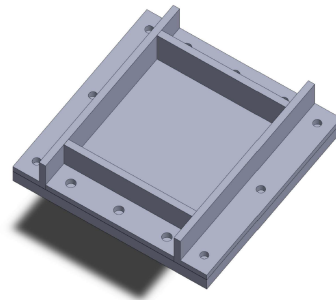


Ilustración 3 diseño del molde para tableta para piso

Fuente: Elaboración propia en solidWorks®

Así pues, el molde de la baldosa fue desarrollado con ángulos en aluminio de 1 pulgada como marco y con una platina de 3/16in de espesor también en aluminio como base; el anclaje es por medio de uniones atornilladas con el fin de poder desensamblar fácilmente al momento de extraer la pieza. Con el propósito de efectuar algunos ensayos mecánicos sobre piezas de plástico recuperado, se decidió diseñar también moldes que sirvan al propósito de generar piezas tipo probeta guardando las dimensiones solicitadas por el laboratorio encargado de los ensayos. Tal como se muestra en la ilustración 4.

### 3. Fabricación de Probetas

Acorde a las dimensiones solicitadas por el laboratorio de servicios tecnológicos del SENA Nodo Neiva, se han desarrollado los moldes que replicaran probetas para el ensayo de tracción sobre plásticos. Como se muestra en la ilustración 4

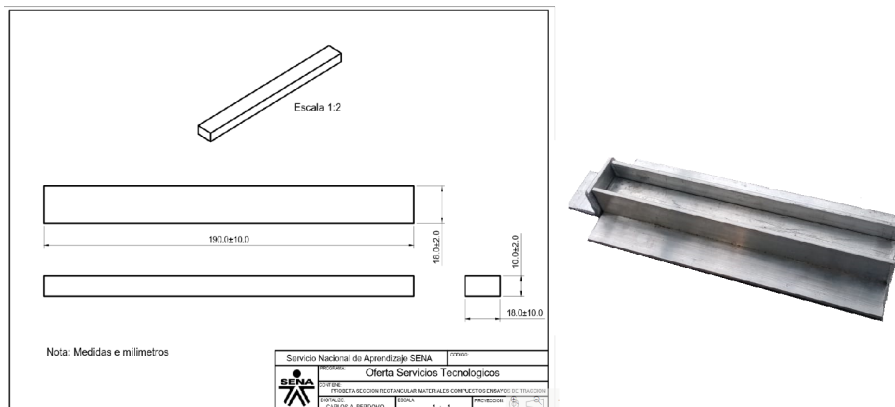


Ilustración 4 Dimensiones de probetas, fabricación del molde para tracción de plásticos

Fuente: Elaboración propia. Servicios Tecnológicos SENA

El desarrollo de los moldes fue a partir de la generación de un marco haciendo uso de ángulos en aluminio y una platina de 3/16in de espesor la cual serviría como base del molde.

El diseño del molde contempló un ensamble manual haciendo uso de uniones atornilladas entre piezas de aluminio lo cual facilitará la labor de desmolde de la pieza tipo probeta.

Para la fabricación de las probetas se contemplo el desarrollo de 3 proporciones en porcentaje de peso de acuerdo a las siguientes distribuciones.

- 100% PET Y 0% PP
- 0% PET Y 100% PP
- 50% PET Y 50% PP

Con el propósito de observar el comportamiento y en especial la cohesión que se puede generar entre el PP y el PET y que dificultades pueden presentarse al utilizar equipos convencionales para el desarrollo de estas piezas.

Los materiales y equipos utilizados para el desarrollo de las probetas fueron los siguientes:

- Material picado proveniente de botellas de PET, preferiblemente sin tonalidad.
- Material picado proveniente de tapas de botellas hechas en PP de varias tonalidades.
- Bascula de precisión para garantizar el conocimiento de porcentaje en peso de los materiales que componen la probeta.
- Horno de resistencias eléctricas.



*Ilustración 5 Materiales y Equipos y Probetas Generadas*

*Fuente: Elaboración propia*

El proceso de fundición de las probetas en los moldes se desarrolló a partir el gramaje de las cantidades necesarias para cada probeta, para luego distribuir ese material dentro del molde y finalmente disponer este dentro del horno el cual se calentará pasando hasta el punto de fusión del material a fundir.

Las probetas obtenidas se caracterizaron por:

- 1) 100% PET Y 0% PP

Tener una textura superficial suave, al no tener coloración los trozos de PET seleccionados el material resultante obtuvo una textura blanquecina color hueso. La probeta resultante es frágil similar a las cerámicas.

El horno se calentó hasta los 450°F lo cual representa aproximadamente 232°C, temperatura que se encuentra dentro del rango de fundición del PET (120 – 295)°C

- 2) 0% PET Y 100% PP

La probeta de 100 % PP tiene una presentación multicolor debido a las múltiples tapas utilizadas en su fabricación, tiene algunas zonas porosas que dan una sensación aspera al tacto.

El horno se calentó hasta los 450°F lo cual representa aproximadamente 232°C, temperatura que se encuentra dentro del rango de fundición del PET (120 – 295)°C

3) 50% PET Y 50% PP

La probeta que contiene la mezcla en iguales proporciones del material presenta al examen visual una presentación igualmente multicolor, debido al uso de tapas de diferentes tonalidades y secciones porosas, sin embargo en algunas secciones se presentan grumos de PET sin fundir.

#### 4. Ensayos de laboratorio

Luego del examen visual sobre las probetas, se procedió a marcar las probetas acorde a su composición ya designada anteriormente, como puede observarse en la ilustración 6.



Ilustración 6 Probetas marcadas PP-PET y PP

Los ensayos de tracción se desarrollaron en las instalaciones de laboratorio de servicios tecnológicos del SENA en la ciudad de Neiva, sobre las mismas haciendo uso de un equipo de ensayo Universal el cual tomó los datos de esfuerzo y deformación con el fin de expresar su comportamiento a través de una gráfica. Ver ilustración 7

Así mismo también se hizo un estudio de microscopía sobre la sección de la falla en dichas probetas con el fin de analizar entre otras cosas defectos y el comportamiento de cohesión. Para este estudio se utilizó el siguiente equipo de microscopía, Ver ilustración 7.



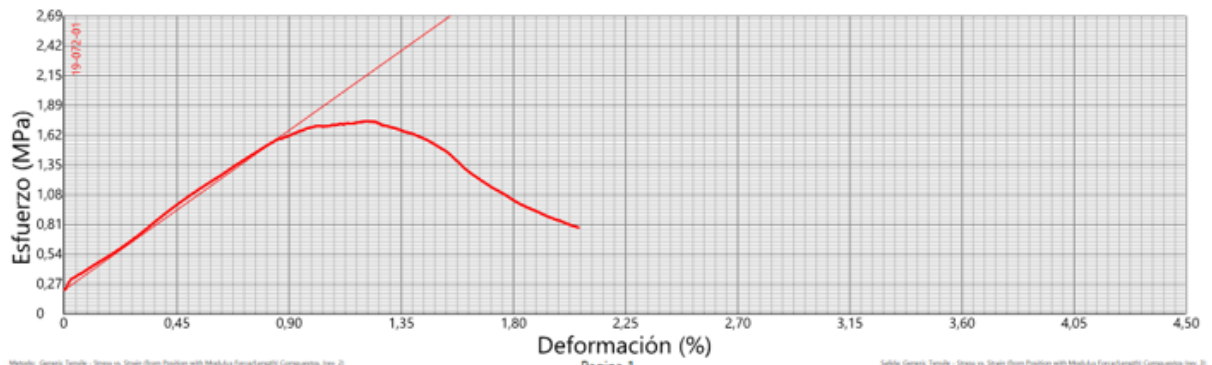
*Ilustración 7 Equipos de laboratorio: Máquina Universal de Ensayos y Estereomicroscopio*

*Fuente: Elaboración propia. Laboratorio Servicios Tecnológicos SENA-Neiva.*

### **Resultados:**

Como resultados se pueden observar el comportamiento de los ensayos de tracción sobre las probetas compuestas de PET 50% PP 50% y PP 100% de forma que puedan compararse sus resultados. En cuanto a la probeta PET 100% fue imposible realizar un ensayo de tracción dado que está se rompió debido a su alta fragilidad. En la ilustración 8 puede observarse los resultados obtenidos de las pruebas de tracción para las probetas PP-PET y PP

PET-PP



PP

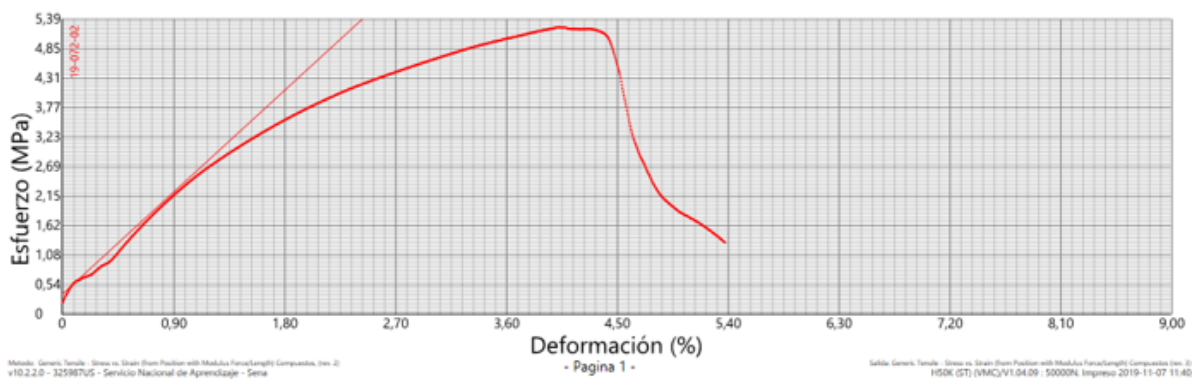


Ilustración 8 Gráficos Esfuerzo-Deformación Ensayo de Tracción.

Se puede observar la transición de un comportamiento con tendencia lineal elástica hacia un comportamiento plástico hasta la rotura. En las secciones de falla se realizaron algunas capturas fotográficas por medio de un estereomicroscopio el cual genera acercamientos de gran capacidad y de gran definición sobre dichas superficies. Ver ilustración 9.

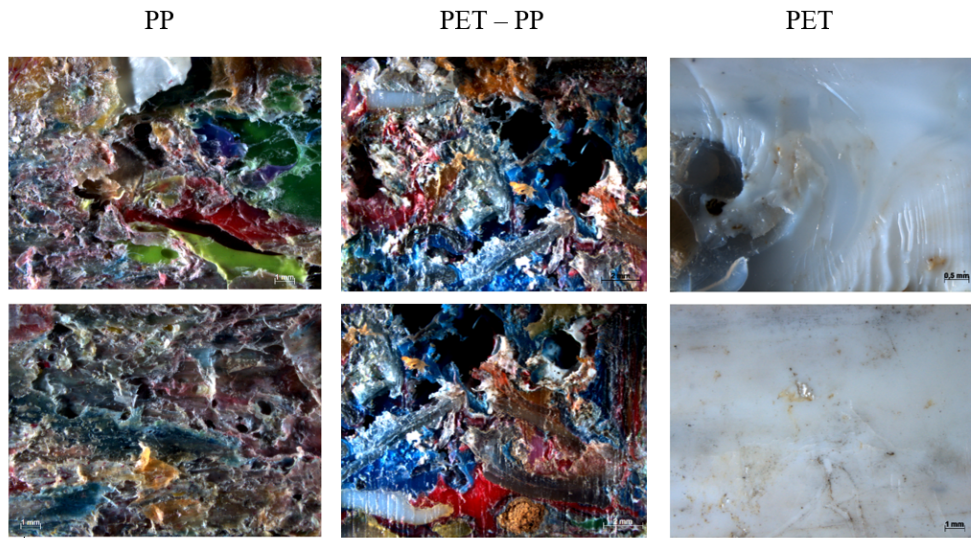


Ilustración 9 Análisis por Estereomicroscopio de las probetas



## Análisis de resultados o Desarrollo

Los resultados iniciales del examen visual y táctil entre las probetas fueron los siguientes:

Para la probeta PP. Su superficie contenía poros, habían algunas secciones lisas y otras un tanto rugosas, la tonalidad presentaba múltiples colores debido al uso de distintos tipos de tapas en su fabricación. Tenía cierto grado de flexibilidad al tratar de flexionarla.

Para la probeta PET-PP. Su superficie también contenía algunos poros, habían algunas secciones lisas y otras rugosas, en algunos lugares se podía apreciar partes de PET que no habían fundido de forma adecuada.

Para la probeta PET. Su superficie era completamente lisa al tacto, su tonalidad era blanco hueso, con algunas pigmentaciones amarillentas. Debido a la suciedad que presenta la materia prima.

Respecto al ensayo de tracción.

Para la probeta PP, falló a los 5,35 MPa de esfuerzo aplicado desde la mordaza tirando hacia arriba en un efecto de tensión sobre la probeta. Su deformación máxima fue de 5,4% Ver ilustración 10

En cuanto a la probeta PET-PP, se observa según la gráfica arrojada por el ensayo de tracción que su resistencia última a la tensión fue de 1,75MPa. Si se compara con el rango de esfuerzos últimos a tensión para los materiales PP y PET virgen, está incluso por debajo del mínimo el cual es de 2,8MPa y 2,1MPa respectivamente. En cuanto a la deformación sufrida por el ensayo, su deformación máxima fue de 2,1%.

Para la probeta de PET fue imposible desarrollar el ensayo dado que esta no llegó íntegra al mismo, debido a su alta fragilidad.

De acuerdo a las imágenes arrojadas por el estereomicroscopio, la probeta desarrollada en PP se pueden observar múltiples imperfecciones, tales como poros, microgrietas debidas a la no correcta cohesión entre los diferentes tipos de PP derivados de los fragmentos de tapa de botella.

Para la probeta de PET-PP se observa que existen aún más poros y estos son más pronunciados que en la probeta PP, lo cual en combinación con algunos fragmentos de PET que no han fundido correctamente han ocasionado un declive en la cohesión esperada de estos materiales y por lo tanto ha repercutido en la capacidad del material resultante de resistir ante una fuerza externa de tensión en el ensayo de tracción desarrollado y es por esta razón que su capacidad ha sido inferior a la probeta de PP.

Finalmente la probeta de PET muestra en las imágenes secciones lisas, en una de estas se ubica un gran poro, este puede deberse a impurezas de la materia prima, sin embargo es de destacar que se ha obtenido una mejor cohesión que en las otras probetas, sin embargo este material ha demostrado tener una gran fragilidad.

Con base en los ensayos realizados y teniendo en cuenta el aspecto, las propiedades de los materiales, se ha seleccionado el PET como material para desarrollar el prototipo de baldosa que en el futuro se espera sea una propuesta viable para el reemplazo de materiales cerámicos convencionales.

Se ha utilizado el molde anteriormente nombrado para el desarrollo de la tableta. Ver ilustración 10.



Ilustración 10 Molde y resultado final, baldosa en PET

Fuente. Elaboración propia

### Discusión de resultados:

Del desarrollo del proyecto se han podido identificar los siguientes errores o puntos a mejorar:

De preferencia debe haber una etapa de limpieza de impurezas antes de fundir los materiales, dado que las impurezas representan un alto riesgo de generar poros o son motivo de falta de cohesión adecuada entre los materiales plásticos.

Sería recomendable la no utilización de tapas de diversas procedencias y colores para el desarrollo de probetas o productos, sería ideal que se clasificaran por color y por tipo de tapa, ya que aumentaría la probabilidad de cohesión y la temperatura de manejo del polipropileno sería la misma.

No se ha evidenciado en la literatura proyectos que hayan buscado generar tabletas y azulejos desarrollados 100% en PET reciclado.

Las imágenes arrojadas por el estereomicroscopio sobre la probeta de PET dejan entrever que efectivamente a pesar de que el proceso de fabricación tanto de las probetas como de la tableta fue precario, la diferencia de cohesión entre los materiales analizados y el PET es importante.

Teniendo en cuenta que este proyecto desde su comienzo ha buscado una alternativa de cara al futuro viable comercialmente, el aspecto que pueda tener un producto futuro es importante, resulta recomendable no alejarse demasiado de la textura, forma y color de las baldosas cerámicas actuales, para que el usuario final del producto incluso pueda confundirlas, ese será el éxito de proyectos que busquen el reúso de materiales que son perjudiciales para el medioambiente en productos que tengan una larga vida útil, a diferencia de los productos de un solo uso para el cual el PET fue inicialmente utilizado.

Este proyecto representa un primer paso para nosotros en la investigación sobre usos viables para materiales plásticos reciclados, se debe apoyar con un estudio de mercado y con acceso a infraestructura para la generación de probetas y productos de mayor calidad y con mayor control sobre la temperatura que se está utilizando, con el fin de poder comparar de forma efectiva el producto actual con el producto propuesto.

Para una futura investigación resulta necesario hacer ensayos de dureza e impacto sobre las tabletas comerciales cerámicas, así como sobre las tabletas propuestas en plástico PET.

## Conclusiones

En la región Huilense como problema fundamental del manejo de residuos plásticos se encuentran las bolsas desarrolladas en PE, las botellas de PET y las tapas de las mismas desarrolladas en PP.

Existen múltiples publicaciones del uso del material plástico reciclado como agregados para el desarrollo de vías, mezcla para concretos entre otros. Son buenos avances, sin embargo, resultará complejo volver a rescatar estas piezas plásticas del concreto una vez finalizado este nuevo ciclo de vida.

Resulta necesario para ahondar en la investigación sobre el reuso de materiales plásticos, el tener acceso a una infraestructura que permita aglomerar el material picado y controlar la temperatura acorde a cada material de forma adecuada, para garantizar que efectivamente se funda y esto conlleva a una mejor cohesión.

Al momento de querer desarrollar materiales compuestos entre plásticos, es importante determinar que sus temperaturas de fusión sean similares, dado que esto puede representar un impedimento al momento de fundirlos, podría uno de los plásticos fundirse y el otro no, o podría uno de los plásticos fundirse y degradarse, por exceso de temperatura.

La investigación en este aspecto debe continuar dado que han hecho falta ensayos de caracterización de dureza e impacto sobre la tableta resultante, estos dos fenómenos son a los que efectivamente una tableta como producto esta sujeta.

## Agradecimientos

Como agradecimiento especial, se reconoce en el SENA una entidad promotora de la investigación y el emprendimiento. Nos han facilitado las instalaciones de servicios tecnológicos para el desarrollo de los ensayos realizados.

## Referencias

- Azeem, A. (s.f.). NTU. En *Textile Chemical Processing*.
- ceramica, I. d. (s.f.). *Instituto de promoción ceramica*. Obtenido de Instituto de promoción ceramica:  
[http://www.ipc.org.es/guia\\_colocacion/info\\_tec\\_colocacion/los\\_materiales/baldosas/clas\\_com\\_tec.html](http://www.ipc.org.es/guia_colocacion/info_tec_colocacion/los_materiales/baldosas/clas_com_tec.html)
- Corporation, T. E. (s.f.). *Styrenics Resin Properties and Applications*. Obtenido de Styrenics Resin Properties and Applications: [https://www.toyo-eng.com/jp/en/products/chemical/ps/pdf/feature\\_en.pdf](https://www.toyo-eng.com/jp/en/products/chemical/ps/pdf/feature_en.pdf)
- EFE. (11 de 11 de 2018). *EL ESPECTADOR*. Obtenido de EL ESPECTADOR:  
<https://www.elespectador.com/noticias/actualidad/cuantos-kilos-de-plastico-se-consumen-en-colombia-articulo-823132>
- ENKA. (2019). *eko*. Obtenido de <http://www.eko.com.co/reciclaje.html>
- Ibeh, C. C. (2011). *Thermoplastic Materials (Properties, Manufacturing Methods and Applications)*. New York: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Ibeh, C. C. (2011). *Thermoplastic Materials (Properties, Manufacturing Methods and Applications)*. New York: CRC Press Taylor & Francis Group.

- Joystu Dutta, M. C. (2018). Plastic Pollution: A Global Problem from a Local Perspective. *Journal of Waste Mangement & Xenobiotics*.
- Omnexus. (19 de 06 de 2019). *Omnexus The material selection platform*. Obtenido de Omnexus The material selection platform.
- Ortíz, A. L.-C. (Julio de 2019). Proyecto de Ley No de 2019. *Por medio de la cual se establecen medidas tendientes a la reduccion de la producción y el consumo de los plásticos de un solo uso en el territorio nacional*. Bogotá, Colombia: Congreso de la Republica de Colombia.
- SERRATO, J. G. (2016). *DIAGNOSTICO DEL IMPACTO DEL PLASTICO - BOTELLAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE: UN ESTADO DEL ARTE*. FACATATIVA: UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS.
- STAP Scientific and Technical Advisory Panel Ricardo Barra, S. A. (2018). *Plastics and the circular economy*. GEF - UN Environment.
- Sushovan Dutta, M. B. (2016). An Overview on the Use of Waste Plastic Bottles and Fly Ash in Civil Engineering Applications. *International Conference on Solid Waste Management*, 681 - 691.
- Valencia, U. P. (10 de 06 de 2019). *Curso de Fundamentos de Ciencia de los Materiales*. Obtenido de Universidad Politécnica de Valencia (UPV): [https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm15/fcm15\\_3.html](https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm15/fcm15_3.html)
- Waters, E. E. (2013). *The Facts about PET*. Brussels: EFBW.
- Youcef Ghernouti, B. R. (2014). Use of Recycled plastic bag waste in the concrete. *Journal of International Scientific Publications: Materials, Methods and Technologies*, 480 - 487.
- Zarta, D. S. (2016). Solo 26% de las botellas plásticas se recicla. *Diario La República*, págs. <http://www.larepublica.co/solo-26-de-las-botellas-pl%C3%A1stiasse-reicla-357536>.

## Foro 3. Inteligencia artificial, robótica y automatización

AUTORES	PONENCIA -INSTITUCIÓN
<p><b>Rogelio González Quiros</b>  <b>Danier Cubillo Mora</b>                      Felipe Boza Salas                      Julio Montano Hernández  <b>Fredy Marcelo Rivera Calle</b>                      Marco Fernando Bravo Guaman</p>	<p><b>Realidad virtual, una alternativa para el entrenamiento de personal en construcción de dispositivos médicos</b>                      Instituto Tecnológico De Costa Rica                      Alajuela, Costa Rica  <b>Industria 4.0 en las carreras de ingeniería de la Universidad Politécnica Salesiana: materias optativas</b>                      Universidad Politécnica Salesiana                      Cuenca - Ecuador</p>
<p><b>Celso Vargas Elizondo</b></p>	<p><b>Ethical dimension of Technology in the context of the Fourth Industrial Revolution</b>                      Instituto Tecnológico De Costa Rica                      Cartago, Costa Rica</p>
<p><b>Lourdes Magdalena Peña Cheng</b>                      Luis Rodrigo Valencia Pérez</p>	<p><b>Competencias de egresados universitarios para la industria 4.0</b>                      Universidad Tecnológica de Querétaro y Universidad Autónoma de Querétaro Querétaro, México</p>
<p><b>Juan Pablo Diago Rodríguez</b>                      Jeison Sneider Ruíz Zemanate                      Pablo Alexander Vidal Ararat                      Julio Andrés Mosquera</p>	<p><b>Sistema de gestión de energía eléctrica para el sector residencial a través de una aplicación móvil</b>                      Corporación Universitaria Autónoma del Cauca                      Popayán, Colombia</p>
<p><b>Omar Alexander León García</b></p>	<p><b>Efecto del uso de TIC y de las tecnologías de la industria 4.0 en la internacionalización y rendimiento de las PYMES</b>                      Compensar Unipanamericana Fundación Universitaria                      Bogotá, Colombia</p>

## Realidad virtual, una alternativa para el entrenamiento de personal en construcción de dispositivos médicos

Rogelio González Quirós, Felipe Boza Salas, Julio Montano Hernández, Danier Cubillo Mora  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Costa Rica

**Rogelio González Quirós:** Nació en Costa Rica y cuenta con 21 años de experiencia profesional de ellos 12 como profesor universitario de la carrera de Ingeniería en Computación del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Su experiencia laboral se suscribe a la universidad pública Instituto Tecnológico de Costa Rica como único empleador. Sus campos de interés son las redes de computadores, los gráficos por computadora y la administración de proyectos de software.

González tiene un grado como Ingeniero en Computación por el Instituto Tecnológico de Costa Rica y su maestría en Administración de Proyectos por parte de la Universidad para la Cooperación Internacional. Se desempeña como profesor e investigador permanente para la carrera de computación, supervisor de práctica profesional de estudiantes de bachillerato e imparte normalmente tres cursos por semestre en áreas de su interés.

**Correspondencia:** [rojo@tec.ac.cr](mailto:rojo@tec.ac.cr)

**Felipe Boza Salas:** nació en Costa Rica el 6a de diciembre de 1995. Actualmente se encuentra realizando su práctica profesional para optar por el título de Bachiller en Ingeniería en Computación en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Durante su carrera Boza ha participado en la comunidad de desarrollo de aplicaciones móviles, donde trabajó en el desarrollo para sistemas Android. Entre sus intereses destacan el desarrollo de videojuegos y aplicaciones de realidad mixta (virtual y aumentada), y asimismo el desarrollo de proyectos con Arduino.

**Correspondencia:** [sboza95@gmail.com](mailto:sboza95@gmail.com)

**Julio Montano Hernández:** nació en Rivas, Nicaragua el 06 de diciembre de 1997. Actualmente se encuentra realizando su trabajo final de graduación para optar por el título de bachiller en Ingeniería en Computación en el Tecnológico de Costa Rica. Durante sus estudios contribuyó como desarrollador en la Comunidad de aplicaciones móviles del Tecnológico de Costa Rica. También participó en un proyecto de investigación llamado Geotorotur enfocado al estudio de datos geográficos. Las áreas de interés son la realidad virtual, el diseño 3D y el internet de las cosas.

**Correspondencia:** [juliomontanohernandez@gmail.com](mailto:juliomontanohernandez@gmail.com)

**Danier Cubillo Morales:** nació el 1 de febrero de 1983 en Costa Rica, estudiante de la licenciatura en Producción Industrial en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Su experiencia laboral se extiende al sector educativo e industrial laborando para el MEP, Aprender Haciendo y en Proyectos Hidroeléctricos respectivamente. Sus campos de interés Educación bajo la modalidad STEAM, robótica, diseño gráfico, manufactura y automatización industrial, además ha participado como expositor internacional en talleres de robótica educativa y modelado en 3D.

Correspondencia: [danier83@gmail.com](mailto:danier83@gmail.com)

## Resumen

El presente trabajo consta del proceso de desarrollo de una aplicación de realidad virtual que permite el entrenamiento de personal de la industria médica. Este trabajo se centra en ofrecer una alternativa al entrenamiento con equipo real, esto con el fin de mejorar los métodos de entrenamiento de las personas. En este trabajo se desarrolla una investigación de tipo bibliográfica que permite conocer el estado del arte y los distintos dispositivos que son usados para controlar las interacciones de los usuarios con el ambiente virtual. Este trabajo ofrece como resultado, en primer lugar, una gran aceptación por parte de los usuarios finales debido a la excelente relación que tiene el sistema virtual con el entorno de entrenamiento real y, en segundo lugar, una prueba de que es posible utilizar las manos para interactuar en el mundo virtual con objetos tridimensionales.

**Palabras Claves:** Reconocimiento, Gestos-Naturales, Realidad-Virtual, Simulación, Entrenamiento, Manufactura.

## Virtual reality, an approach for training employees in the process of medical device manufacture

### Abstract

*This work consists of the process of developing a virtual reality application that allows the training of workers in the medical device design industry. This work focuses on offering an alternative to real team training to improve people's training methods. This work represents a bibliographic investigation developed to allow knowing the state of the art and the different devices that are used to control the interactions of the users with the virtual environment. This work offers as results first a high acceptance by the end-users due to the excellent relationship that the virtual system has with the real training environment and second proof of it is possible to use hands to interact in a virtual world with three-dimensional objects.*

**Keywords:** Recognition, Natural Gesture, Virtual Reality, Simulation, Training, Manufacture.

## Introducción

La realidad virtual ofrece la posibilidad de interactuar en mundos creados mediante una computadora que pueden asemejar fuertemente el mundo real. Gracias a la posibilidad que ahora nos da esta temática hemos desarrollado un software que simula muy fielmente, un proceso de manufactura de dispositivos médicos que requiere entre otros detalles, interactuar con elementos de diferentes tamaños durante el proceso de simulación. Esto representa el reto más grande ya que el usuario debe interactuar utilizando sus manos de manera natural, sin tener que utilizar los controles que acompañan a los visores de realidad virtual.

El ámbito en el que se desarrolló el trabajo se encuentra relacionado a la industria 4.0 y los cambios que se deben realizar para poder incluirse en esta nueva era. Como lo indican (Büttner et al., 2017) la manufactura digital está proporcionando mejoras en la producción de bienes. Estos autores también mencionan que la realidad aumentada y la realidad virtual proporcionarían beneficios destacados dada la complejidad de los escenarios de la industria 4.0.

En nuestro caso de estudio se pretende aportar en la reducción del tiempo de entrenamiento de personal nuevo en el proceso de manufactura, para pasar de alrededor de un mes entrenando en el ambiente real a un par de semanas en el ambiente virtualizado.

En el documento de (Büttner et al., 2017) se muestra la figura 1 donde se respalda el poco avance que se detectó en el tema de entrenamiento, por lo que representa un problema abierto para la investigación y creación de nuevas soluciones. En el apartado de clasificación propuesta en la investigación para el tema de entrenamiento, es claro que la mayor cantidad de soluciones están asociadas a dispositivos móviles y no la utilización de lentes para realidad virtual. Además, se menciona que las soluciones de realidad aumentada son más representativas dejando en segundo lugar la que hemos trabajado como solución.

Nosotros nos hemos enfocado en el uso de realidad virtual combinada con el uso de las manos para interactuar con los objetos virtuales, como lo demuestra (Borba, Cabral, Montes, Belloc, & Zuffo, 2016) con un solución que permite entrenar personal dando mantenimiento a líneas de alta tensión con resultados relevantes en el proceso de entrenamiento, otro ejemplo que requiere alta precisión y que se relaciona mucho con nuestro trabajo lo presenta (Pulijala, Ma, & Ayoub, 2017) donde se propone el uso de la realidad virtual para entrenamiento de personas, específicamente en tratamientos orales y cirugías maxilofaciales. El sistema combina los lentes con el sensor de detección de movimiento LEAP Motion (cámara infrarroja para reconocimiento de gestos), mismo enfoque que utilizamos en nuestro proyecto. Se destaca por los usuarios finales la interacción con los objetos 3D mediante el uso del LEAP Motion, equipo que permite utilizar las manos para tomar objetos dentro del mundo virtual.

Nuestro problema es como ofrecer una interfaz natural a los elementos del mundo virtual, esto es indispensable ya que los objetos que se manipulan en el proceso de construcción de dispositivos médicos tienen dimensiones en algunos casos hasta de milímetros. La cámara de censado LEAP Motion según el fabricante tiene un rastreo de las manos de hasta 120 marcos por segundo, esto mediante su cámara infrarroja lo que permite además un ángulo de vista de 135 grados llegando a unos 8 pies cúbicos de espacio de interacción con objetos tridimensionales ((Leap Motion Company, 2017). En el artículo de (Shao, 2016) se concluye que los gestos con el sensor son efectivos en al menos tres gestos diferentes mismos que permiten interactuar de manera correcta en sistemas de realidad virtual, el seguimiento se puede realizar tanto en mano derecha como izquierda para movimientos adelante y atrás, giro



derecha o izquierda y giro siguiendo más manecillas del reloj. Es importante también mencionar que para atacar la auto oclusión proponen la utilización de un segundo sensor, a una distancia importante y con un ángulo ortogonal que facilite la captura de datos y la mezcla de los mismos para obtener una única posición a renderizar. Lo anterior está referenciado a la versión 3.1.2 del conjunto de herramientas de desarrollo, no se encontró actualización del estudio al actual conjunto de herramientas de desarrollo.

La revisión literaria realizada por (Bachmann, Weichert, & Rinckenauer, 2018) representa el panorama completo de dispositivos que permiten el reconocimiento de gestos utilizando las manos, para ello se evaluaron múltiples sensores para diferentes campos y la tabla resumen aporta datos relevantes en temas como: entrenamiento en cirugía tanto mediante sistemas de realidad virtual como aplicaciones de escritorio, reconocimiento de señas, sistemas de simulación para rehabilitación de pacientes con problemas en sus manos y por último diseño de componentes. Entre los resultados relevantes se nota precisión menor a 2.5 milímetros de manera estática y entre 2 y 15 milímetros para objetos dinámicos. Mejoras considerables al combinar aprendizaje máquina al esquema reconocimiento mediante redes convolucionales, factor que mejora la precisión aún en oclusión mayor a un 77% de identificación del gesto. El estudio en su discusión indica que el sistema de LEAP Motion en aplicaciones de realidad virtual demuestra un desempeño alto con respecto a sus competidores en términos globales y al igual que (Sharp et al., 2015) recomendación para mitigar la oclusión se dirige a la utilización de dos sensores de manera simultánea.

Se detectó un creciente uso del aprendizaje máquina como herramienta que apoya el reconocimiento de gestos mediante las manos. Por ejemplo, el trabajo realizado por (Chong & Lee, 2018) red neural profunda incrementando la precisión al reconocer señas y dígitos con una certeza cercana al 89%. Se concluye que, aunque la precisión es buena existen estudios con mejor precisión que el desarrollado por este grupo.

Las simulaciones generadas por computadora que incluyen imágenes de objetos en tres dimensiones aislados o que forman parte de un ambiente, mismo que a su vez permite interactuar con este desde de manera física o real, todo visualizado desde una pantalla empotrada y el uso de controles o mandos e incluso guantes, elementos que facilitan la interacción con el mundo simulado. Lo anterior puede resumirse como una definición de realidad virtual descrita por (Freina & Ott, 2015). Artículo que actualiza el estado del arte en el tema realidad virtual en temas de educación. Datos relevantes para el trabajo presentado se relacionan con el hecho de que la revisión indica que 60% de los artículos son del área de ciencias de la computación, cerca de un 27% en temas de ingeniería y la tercera área que aporta mayoría de artículos es ciencias sociales. Nuestro trabajo relaciona temas de ciencias de la computación e ingeniería, por lo que podríamos pensar en que la realidad virtual es un enfoque apropiado para una simulación en temas de manufactura de dispositivos. Esta revisión provee información evidente sobre las áreas en las que se desarrolla este trabajo como lo son: seguimiento de los dedos, colaboración inmersiva, entrenamiento en hospitales virtuales, simulación de ambientes reales e incluso ambientes que en la realidad no podrían ser factibles pero que una computadora sí podría simular. La autora concluye que los sistemas inmersivos como lo son los sistemas de realidad virtual, presentan grandes beneficios para un gran número de aplicaciones, en el caso específico de la educación y los aprendizajes los resultados son notables para diferentes sujetos con diferentes edades.

El caso de estudio que elaboramos para este trabajo conlleva el entrenamiento de personal adulto con una escolaridad baja, por lo que esta tecnología promete ser una gran solución para una población con poco contacto con la tecnología.

En el tema de entrenamiento se revisaron algunos ejemplos orientados al tema de medicina, esto porque es un área que requiere presión en las simulaciones y las interacciones, ejemplos como (Rajeswarari, Varqhese, Kesavadas, Kumar, & Vozenilek, 2019) el tema de intubación de traqueas. La colaboración durante la simulación también se facilita con la realidad virtual es el caso presentado por (Schild et al., 2018) el que múltiples usuarios interactúan, permitiendo al doctor participar del entrenamiento y acciones dentro de la simulación. Se logró demostrar que en entornos virtuales aprovechan mucho mejor el equipo disponible en la actualidad para generar realismos impresionantes para entrenadores y usuarios de estos sistemas.

Pruebas con juegos diseñados para trabajar en el proceso de rehabilitación mediante la generación de logros, como lo presentan (Alimanova et al., 2017) extraer a las personas de su realidad dolorosa permitiéndoles realizar tareas que ejercitan los músculos contraídos por las lesiones. Este caso es importante para nuestro trabajo porque combina sistemas de realidad virtual con la integración del sensor de reconocimiento de gestos LEAP Motion, mismo que implementamos dentro de nuestro trabajo. Los resultados comprobaron que, con elementos de bajo costo como el sensor indicado, se pueden obtener desempeños altos en el tema de reconocimiento de gestos y movimientos que el paciente realiza. De igual manera indican que la interacción abre una oportunidad para diseñar un sensor que permita también incluir las sensaciones mediante el tacto.

Sistemas lúdicos como lo son las conducciones de vehículos no tripulados principalmente drones han generado mucha confianza en este tipo de sistemas de realidad virtual, casos como los presentados por (O'Keeffe, Campbell, Swords, F Laefer, & Mangina, 2017) en el que pilotan un drone dentro de un salón utilizando los lentes de realidad virtual, demuestra que es posible aunque latencia pueda ocasionar problemas de respuesta si se navega con algo de velocidad. Una forma seguro de entrenar personal en el uso de drones de manera seguro y con control en variables externas que afectan este proceso es validado por (H. Liu, Z. Bi, J. Dai, Y. Yu, & Y. Shi, 2018).

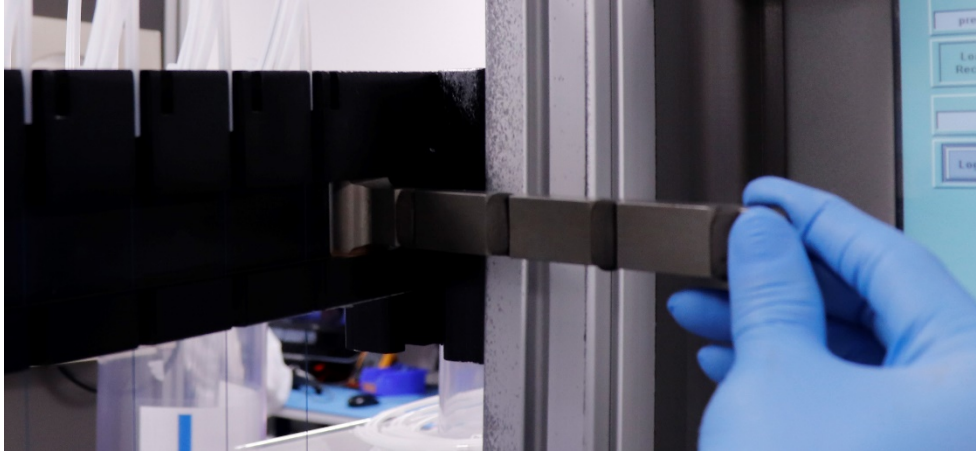
Los seres humanos quieren interactuar de manera más natural con los objetos que se encuentran en el mundo virtual, por lo que los mandos inicialmente permiten esta interacción mas no tan natural como se esperaría. La utilización de los lentes de realidad virtual combinados con la cámara infrarroja ofrece una sensación más natural como lo presentan (H. Ling & L. Rui, 2016) en su trabajo. Se destaca como la combinación de Oculus Rift y el Leap Motion incrementan la capacidad de aprendizaje y retención de los estudiantes, permite explorar las diferentes temáticas de manera más inmersa con lo que los educandos mejoran su adopción de nuevo conocimiento. Valoran también el poder aprender de manera menos estructura y ven como un juego algunas de las enseñanzas, lo que les genera confianza sobre el tema disfrutando más la experiencia educativa.

Se logró determinar que en los últimos 5 años se ha incrementado el número de trabajos en temas de simulación de realidad virtual, que los sensores son importantes actores en la interacción del humano con la máquina y que estos aún deben ser siendo mejorados.

## Metodología

### Identificación de acciones

En los procesos de entrenamiento existen protocolos o guías que permiten que el usuario realice determinadas acciones en un orden cronológico. Una acción puede ser definida como la interacción del operario con los diversos objetos en su área de trabajo. Para crear un sistema de entrenamiento virtual se debe tener claro las distintas acciones que se deben realizar para



*Figura 1 Interacción de manos con objeto pequeño requerido en el proceso*

completar una determinada tarea en el proceso. Las acciones que se deben tomar en consideración son aquellas en las cuales el usuario interactúa con los elementos en su entorno. Acciones que son primordiales de identificar para su fiel reproducción en un ambiente de realidad virtual. Como se puede apreciar en la figura 1 la acción de colocar un seguro en uno de los elementos del proceso, requiere precisión en la acción dado que es de mucha importancia para el proceso que se simula, adicionalmente se logra apreciar la complejidad que esto ofrece para su simulación.

Para la identificación de las acciones que un usuario hace para realizar una determinada tarea. Se puede usar material audio visual el cual puede ser recolectado ya sea del proceso de entrenamiento o de producción como tal. El material audiovisual a utilizar, debe permitir la observación del paso a paso de cómo el proceso es hecho en la vida real.

### Revisión de funcionalidades del LEAP Motion

Teniendo las acciones identificadas y clasificadas, se procede a realizar una investigación bibliográfica. La cual se centra en la evaluación de las funcionalidades del sensor LEAP Motion para el tratamiento de las distintas acciones. La búsqueda de información se realiza en revistas indexadas. Dicha búsqueda contempla como palabras clave “LEAP Motion” y “hand tracking”. En el artículo de (Wozniak, Vauderwange, Mandal, Javahiry, & Curticapean, 2016) se consideran muchos de los aspectos que se detectaron durante la ejecución del proyecto. Como se debe realizar el seguimiento de las manos, que elementos si se pueden y cuales no, como detecta la cámara esos elementos que se deben considerar por ejemplo robustez, cero latencia y el apoyo para crear mundos virtuales donde es común que la oclusión de las manos o la sobreposición de las mismas ocasionen problemas en el reconocimiento.

### Diseño y desarrollo de las interacciones

Para el diseño de la aplicación se toma como base los requerimientos, es decir la serie de pasos necesarios o acciones que el usuario realiza. En la fase de diseño se contempla el cómo el usuario va a realizar una determinada acción del mundo real estando dentro del ambiente virtual. Para esto se usan los resultados de la investigación bibliográfica, es decir se usa la información obtenida acerca de la correcta implementación del reconocimiento de gestos. Además, se identifica cuáles son los componentes de interacción, es decir los objetos con los cuales el usuario debe interactuar. Lo anterior para su debida implementación dentro del ambiente virtual.

En el desarrollo del sistema y para comprobar la viabilidad del uso de LEAP Motion de forma práctica fue necesario usar las siguientes herramientas de hardware:

- Oculus Rift S
- Sensor LEAP Motion (SLM) con montaje para lentes de realidad virtual
- Computadora con las siguientes características
  - Procesador AMD Razer 3200
  - Memoria RAM 16 GB
  - Disco Duro estado sólido rápido
  - Tarjeta gráfica NVIDIA GTX 1050Ti con display port requerido por Oculus
  - Dos puertos USB 3.0

El Oculus Rift S es un visor para realidad virtual. Este visor posee distintas características que proporcionan comodidad al usuario. Para la utilización de los componentes anteriores se debe hacer uso de una computadora con soporte para Oculus Rift S.

Para el desarrollo del trabajo son necesarias las siguientes herramientas de software:

- Unity en su versión 2019.1.10: este se usará como plataforma de desarrollo.
- Visual Studio 2017: usado para edición de código.
- Oculus: necesaria para la activación del visor de RV.
- LEAP Motion Orion 4.0.0: Permite el uso del controlador LEAP Motion.
- Blender 2.8: Permite el diseño de modelos 3D que pueden ser usados en Unity.
- SolidWorks 2019: Usado como herramienta de modelado 3D.

Unity es un entorno de integración utilizado principalmente para la creación de juegos. Esta herramienta facilita la creación de aplicaciones de realidad virtual ya que provee soporte para Oculus y LEAP Motion. Para el desarrollo de aplicaciones de software es necesario tener un editor de código, para este trabajo se utilizó Visual Studio debido al gran soporte que tiene para el lenguaje C#. Las aplicaciones Oculus y LEAP Motion Orion son importantes para que se instalen los servicios y componentes de software necesarios para que los dispositivos de hardware puedan ser usados.

Blender y SolidWorks permiten el desarrollo de modelos 3D. En este trabajo se usa Blender para modelar aquellos elementos que no requieren precisión o definición. SolidWorks es usado para elementos que requieren un alto grado de acabado es decir una mayor fidelidad con respecto a los objetos reales. La selección de estos programas de modelado se realizó tomando en cuenta que el equipo de desarrollo ya contaba con cierta

pericia en el manejo de los mismos. La figura 2 muestra el entorno de desarrollo de SolidWorks herramienta comúnmente utilizada para diseño de piezas industriales principalmente, la misma es utilizada por personal que se desenvuelve en temas de diseño de partes para la Industria. Su integración sencilla a nivel de modelos con las demás herramientas y el conocimiento previo de la misma la convirtió en la mejor opción para el modelado de los elementos requeridos para la simulación desarrollada en Unity.

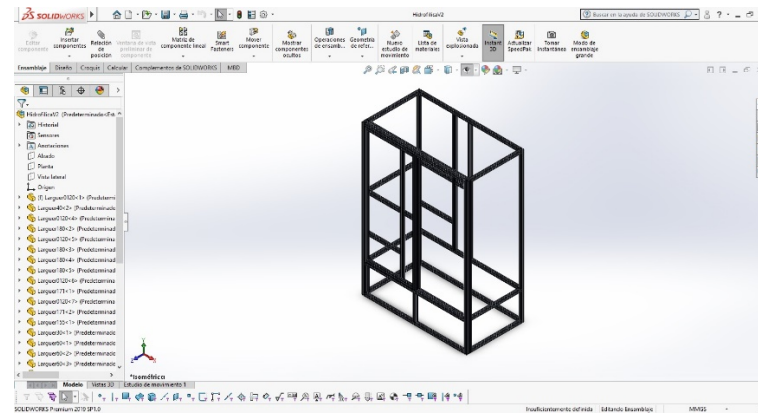


Figura 2 Herramienta SolidWorks para diseños 3D utilizado en manufactura

## Resultados

El propósito de este trabajo fue la implementación de realidad virtual como herramienta para el entrenamiento de personal, dedicado a la fabricación de dispositivos médicos. La implementación es apoyada con el uso del visor Oculus Rift S en combinación con el LEAP Motion, con la intención de permitir al usuario además de una inmersión en el entorno, el manejo e interacción de los elementos usando los movimientos o acciones relacionadas con las tareas que realizan normalmente con sus manos. Acciones como sujetar, levantar, empujar o presionar, son realizadas naturalmente por el usuario en el ambiente de realidad virtual. Por lo que el objetivo que se busca con este manuscrito, que es la implementación de un sistema de entrenamiento, es ampliamente respaldado por dicho componente dado que las personas interactúan en el ambiente virtual de una manera más inherente. Como resultados se obtuvo una aplicación de realidad virtual que permite emular un proceso de entrenamiento. Para la interacción del usuario con los elementos virtuales involucrados en la simulación no se usan los mandos que Oculus Rift S trae por defecto, en su lugar es usado el sensor LEAP Motion.

El sistema provee aceptación por los usuarios. Debido al uso del SLM la curva de aprendizaje es mínima al usuario solo se le informa o se le instruye en el funcionamiento del sensor. Ya que el sensor puede detectar distintos gestos es posible interactuar de manera natural. Sin embargo, se encontraron desventajas con respecto a los controles. Una de las características que limita al LEAP Motion es nula retroalimentación. Desde ese sentido los controles tienen ventaja ya que poseen elementos de vibración que alertan al usuario cada vez que este realiza una determinada acción. Otra limitante es el rango de cobertura que posee el SLM, el usuario para interactuar con objetos 3D necesita que sus manos estén al

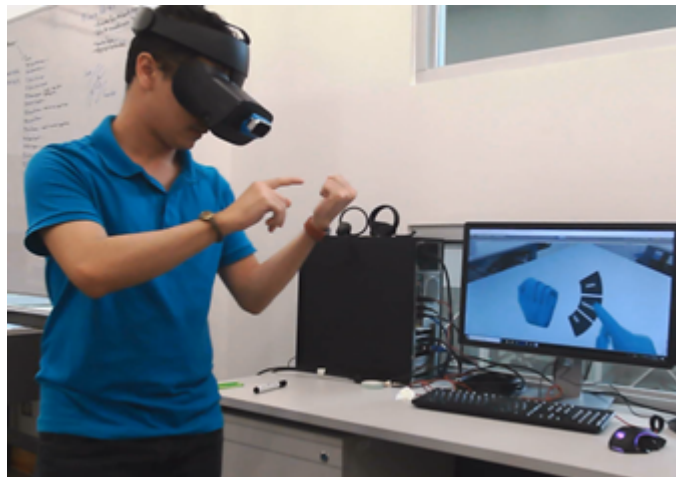


Figura 3 Interacción del usuario con la simulación mediante el SLM

alcance del SLM. Como se logra observar en la figura 3 el usuario puede utilizar sus manos en la interacción con la simulación y el mundo virtual, pero las mismas deben mantener en el rango de visión del sensor aproximadamente unos 80cm desde el punto central del sensor, y con un ángulo de apertura de unos 150° en horizontal.

## Discusión

La utilización de un solo sensor no logra atenuar la oclusión que se puede causar al cruzar las manos o sobreponerlas. Como se indica en la literatura revisada se recomienda utilizar al menos dos sensores para contribuir con el tema de oclusión que se genera con el movimiento natural de las manos tema analizado por (Qingchao & Jiangang, 2017). Se analiza posturas de las manos y sus implicaciones sobre la oclusión.

En las ejecuciones que se realizaron con el caso de prueba no se pudo determinar con exactitud si los usuarios sentían algún tipo de mareo al utilizar el sistema. Reportes en trabajos como el de (Ihemedu-Steinke et al., 2017) en un total de 31 pacientes, indican requerir de mejoras en los recursos visuales para combatir los mareos al utilizar sistemas virtuales. Otros estudios como los de (Treleaven et al., 2015) apuntan también a este problema que podría presentarse en la ejecución del simulador por tiempos prolongados de uso por parte de los usuarios.

La inclusión de guantes para mejorar la sensación de tacto con los elementos sigue siendo un tema abierto a ser estudiado, el diseño de dispositivos para este fin aún no está tan robustos para ser utilizados en aplicaciones reales. Algunos sistemas con marcadores y utilizando leap Motion empiezan a ser evaluados, así como guantes específicamente para sistemas virtuales

como lo presentan (C. Mizera et al., 2019) los tres sistemas evaluados no reúnen por separado suficientes resultados positivos como para que puedan ser tomados en cuenta para soluciones de uso diario.

Por último, los cables generan una dependencia del lugar fuerte por parte del usuario, aunque algunas marcas han trabajado el tema todavía falta mucho trabajo, en el caso presentado por (Zhong et al., 2017) que tiene como objetivo generar un sistema Wireless para alta definición en realidad virtual, no se logra realmente obtener resultados que puedan escapar de la necesidad de utilizar cables.

### Trabajos futuros

Desarrollar trabajos para incluir las sensaciones por tacto al sistema de prueba ya que permitirían una mejor aceptación por parte del usuario. Desarrollar aplicaciones de bajo consume de red para poder utilizar sistemas inalámbricos que permitan no depender de cables. Por últimos nos interesa trabajar el tema de uso de aprendizaje máquina combinado con mejores sensores para el reconocimiento más preciso del movimiento de las manos.

### Referencias

- Alimanova, M., Borambayeva, S., Kozhamzharova, D., Kurmangaiyeva, N., Ospanova, D., Tyulepberdinova, G., . . . Kassenkhan, A. (2017). Gamification of hand rehabilitation process using virtual reality tools: Using leap motion for hand rehabilitation. Paper presented at the *2017 First IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC)*, 336-339.
- Bachmann, D., Weichert, F., & Rinkeauer, G. (2018). Review of three-dimensional human-computer interaction with focus on the leap motion controller. *Sensors*, *18*(7), 2194.
- Borba, E. Z., Cabral, M., Montes, A., Belloc, O., & Zuffo, M. (2016). Immersive and interactive procedure training simulator for high risk power line maintenance. Paper presented at the *ACM SIGGRAPH 2016 VR Village*, 7.
- Büttner, S., Mucha, H., Funk, M., Kosch, T., Aehnelt, M., Robert, S., & Röcker, C. (2017). The design space of augmented and virtual reality applications for assistive environments in manufacturing: A visual approach. Paper presented at the *Proceedings of the 10th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*, 433-440.
- C. Mizera, T. Delrieu, V. Weistroffer, C. Andriot, A. Decatoire, & J. P. Gazeau. (2019). *Evaluation of hand-tracking systems in teleoperation and virtual dexterous manipulation* doi:10.1109/JSEN.2019.2947612
- Chong, T., & Lee, B. (2018). American sign language recognition using leap motion controller with machine learning approach. *Sensors*, *18*(10), 3554.

Freina, L., & Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. Paper presented at the *The International Scientific Conference eLearning and Software for Education*, , 1 133.

H. Ling, & L. Rui. (2016). *VR glasses and leap motion trends in education*  
doi:10.1109/ICCSE.2016.7581705

H. Liu, Z. Bi, J. Dai, Y. Yu, & Y. Shi. (2018). *UAV simulation flight training system*  
doi:10.1109/ICVRV.2018.00052

Ihemedu-Steinke, Q. C., Rangelova, S., Weber, M., Erbach, R., Meixner, G., & Marsden, N. (2017). Simulation sickness related to virtual reality driving simulation. Paper presented at the *International Conference on Virtual, Augmented and Mixed Reality*, 521-532.

Leap Motion Company. (2017). Leap motion's unity SDK. Retrieved from  
<https://leapmotion.github.io/UnityModules/index.html>

O'Keeffe, E., Campbell, A., Swords, D., F Laefer, D., & Mangina, E. (2017). Oculus rift application for training drone pilots. Paper presented at the *Proceedings of the 10th EAI International Conference on Simulation Tools and Techniques*, 77-80.

Pulijala, Y., Ma, M., & Ayoub, A. (2017). VR surgery: Interactive virtual reality application for training oral and maxillofacial surgeons using oculus rift and leap motion. *Serious games and edutainment applications* (pp. 187-202) Springer.

Qingchao, X., & Jiangang, C. (2017). The application of leap motion in astronaut virtual training. Paper presented at the *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, , 187(1) 012015.

Rajeswarari, P., Varqhese, J., Kesavadas, T., Kumar, P., & Vozenilek, J. (2019). AirwayVR: Virtual reality trainer for endotracheal intubation. Paper presented at the *2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 1345-1346.

Schild, J., Misztal, S., Roth, B., Flock, L., Luiz, T., Lerner, D., . . . Franke, A. (2018). Applying multi-user virtual reality to collaborative medical training. Paper presented at the *2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 775-776.

Shao, L. (2016). Hand movement and gesture recognition using leap motion controller. *Virtual Reality, Course Report*,

Sharp, T., Keskin, C., Robertson, D., Taylor, J., Shotton, J., Kim, D., . . . Wei, Y. (2015). Accurate, robust, and flexible real-time hand tracking. Paper presented at the *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, 3633-3642.



Treleaven, J., Battershill, J., Cole, D., Fadelli, C., Freestone, S., Lang, K., & Sarig-Bahat, H. (2015). Simulator sickness incidence and susceptibility during neck motion-controlled virtual reality tasks. *Virtual Reality*, 19(3), 267-275. doi:10.1007/s10055-015-0266-4

Wozniak, P., Vauderwange, O., Mandal, A., Javahiraly, N., & Curticapean, D. (2016). Possible applications of the LEAP motion controller for more interactive simulated experiments in augmented or virtual reality. Paper presented at the *Optics Education and Outreach IV*, , 9946 99460P.

Zhong, R., Wang, M., Chen, Z., Liu, L., Liu, Y., Zhang, J., . . . Moscibroda, T. (2017). On building a programmable wireless high-quality virtual reality system using commodity hardware. Paper presented at the *Proceedings of the 8th Asia-Pacific Workshop on Systems*, 7.

## Ethical dimension of technology in the context of the fourth Industrial Revolution

About the author: Celso Vargas Elizondo, PhD, senior professor at School of Social Sciences, The Costa Rica Institute of Technology, Costa Rica. Email address: [celvargas@itcr.ac.cr](mailto:celvargas@itcr.ac.cr)

**Summary:** Currently, important changes are taking place regarding the role of ethics in the context of the fourth industrial revolution. The adoption by the General Assembly of United Nations of the resolution A/RES/70/1 on September 27<sup>th</sup>, 2015, entitled “Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development”, better known as “sustainable development goals”, is making that different international organisations and countries adopt it as the reference ethical framework for assuring that this revolution in course supports and contributes to achieve these goals. To better understand these changes, it is important to make a historical reference to the way in which technology and the role of ethics were understood during the past 50 years. In this paper, I take as reference the influencing book “The Challenge of Rationality” (1976) of the Genevan philosopher Jean Ladrière, some ethical proposals made during the 90’s, to end with some recent European Union (2019) and World Economic Forum (2018) ethical proposals. I conclude that there are continuities and discontinuities, first in the conception of science and technology in Jean Ladrière and others, and the way in which recent proposals are approaching the issue, second on the role of ethics in this fascinating and revolutionary process. However, we may envisage a radical transformation of the conception of technology in the context of the worldwide request of shaping the fourth industrial revolution.

**Key words:** Ethics, ethical shaping of the fourth industrial revolution, Fourth industrial revolution, human sustainable development, sustainable development goals

Ethics is called to play an important role in this fourth industrial revolution. It has to shape, as called by the different platforms of the World Economic Forum, the future of this revolution in course, to guarantee that it contributes to enhance human welfare and the protection of the environment. Humanity is doing important steps in this direction as we will see. One of the ways to better appreciate it is presenting some historical momenta on the ways in which technology and ethics have evolved. I am dealing with, in a sketchy way, some considerations on technology and on ethics.

Our starting point is the publication of Ladrière’s book *The Challenge Presented to Cultures by Science and Technology* in 1977. It was the product of the colloquium on “Science, Ethics and Aesthetics” that took place in 1974 and was sponsored by UNESCO. The book originally titles *Les enjeux de la Rationalité* and was published also by UNESCO. It deals with the relationships between science, technology and culture. This publication is important because it was one of the first books which discussed the impact of the science and technology in ethics and culture. Four main mechanisms of impact were devised: a) extending the scope of ethics; b) creating new ethical problems, c) suggestion of new ethical values and d) new ways for determining norms (Ladrière, 1977, 136). But before discussing this approach and mechanisms, it is important to make some remarks on technology.

## 1. Brief Technological context

Technology can be approached from different perspectives, not necessarily inconsistent between them. One assesses the way in which technology has penetrated and transformed cultures, societies and the manner of living of human or the progressive environmental negative impact due to the intensive use of technology in all the spheres of human activities; and the strategies for dealing with them. Closely related to it, other perspectives emphasize the way in which technological activity is socially organized, becoming like the enterprise of science, and the mechanisms that makes that technology becomes tightly related to science, i.e., providing important and precise tools for advancing scientific knowledge, and at the same time, the use of scientific knowledge to develop new and more sophisticated technological products. In this perspective, it is fundamental to point out the connection of technology with the development of the industry. Technology was the key of three previous industrial revolutions, and of course, of the revolution in course.

A third interesting approach was proposed by Papa Blanco (1979). This author organized technological products according to “the nature of what it produces” (p. 47). Three domains are relevant: matter, energy and information. The action on matter produces physical arrangements, devices and transformable materials, which further are transformed into equipment and other technological products. The action on energy yields energy usable in different forms: chemical, electrical, magnetic, and related technologies. Finally, the action on information yields information used in technology and for consumers. The technological process form a cycle in which new equipment, for example, is used to improve the use of matter, to obtain new forms of energy or new ways to foster the use of information. At the same time, these cycles tight the relations between science and technology.

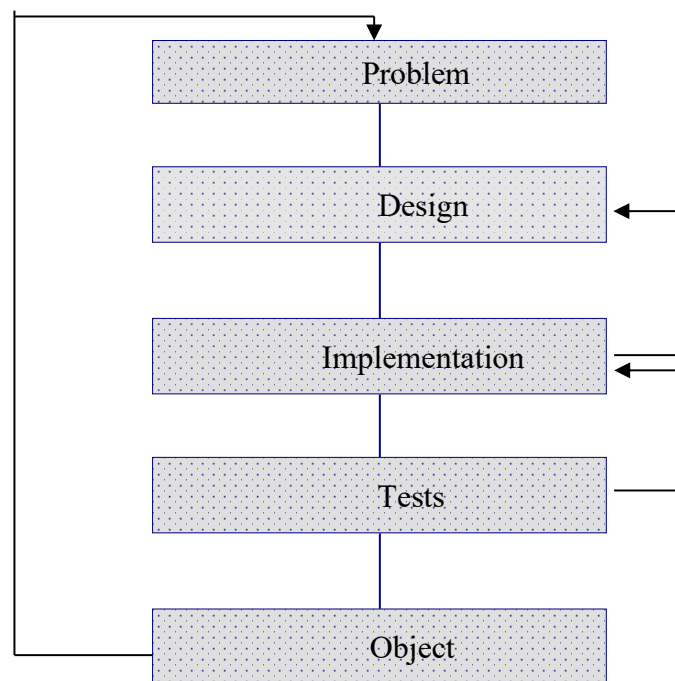
Drawing an analogy between internal and external historiography related to Programmes of Scientific Research (Lakatos (1970)) we may call the above approaches as “external perspectives”, due its centrality on the way in which technology production organizes and impacts society, culture and environment.

Another group of approaches to technology emphasizes the process based on the internal intentionality of technology. Some of the basic features of this intentionality can be summarized as follow. i) Technology is a process that transforms an undesired situation (or reality if we prefer) into a desirable one. “Desirable” doesn’t indicate an ethical value, but the transformation if a situation according to a previous purpose. These undesired situations are the inputs and the starting point of technological process. The intentionality of technology is the introduction of a “product” into the reality, and in doing it reality is transformed. For example, the construction of the Pascaline calculator by Pascal responded to a specific intention: to reduce his father’s manual process of counting. In this sense, the problem is to make easier and accurate the process of counting; the product or object is a mechanical device or machine. ii) technology is an intentionally driving process. Technological process is closed under the (undesirable) situation analysis. In formal terms,  $T(P) = O$ . It takes a problem; apply some transformation (T) to produce an object (O as solution). Given that T is a complex process (with several stages) it is better expressed as  $\overline{T}(P) = O$ , to indicate that

it is a (partial) recursive process. Technological transformation process, then, transforms the problem into a design, the design into an implementation; this implementation needs to be tested, and the final result is the object produced or released. In one first account of what is considered a technological object, we may include: machines, devices, parts, tools, software and biotechnological (genetic engineering) products.

Following Aguero and Sasgupta (1987), we may schematize it in the following flow process As observed, there are several feedbacks in this process that makes that the object produced could be transformed itself into a new problem; the implementation feeds the design, and tests feed implementation and design.

**Technological process**



As can be seen, there are different loops in the process to indicate the fact that these different components can modify decisions previously taken (to a determined limit). It is important to indicate the loop that goes from the Object to the Problem the originated the technological process to this remark this feature of technology that consists in continuously improving the quality of the technological products yielded in a determined moment of time. Several trends motivate this process of improving: advance in miniaturization, when corresponds, the incorporation of new functionalities, achieving new levels of integration to improve performance and new materials, among others.

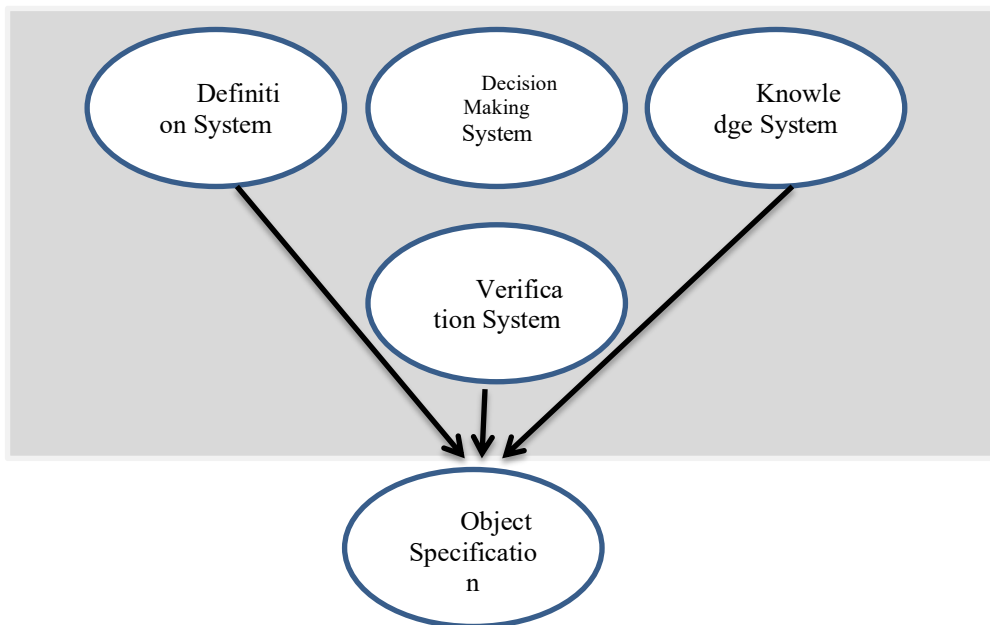
iii) Design accumulation. This feature indicates that technological process conserves an important degree of accumulation in design. Those components that have proved to work very well from a structural and functional perspective of use, tend to be conserved in the new designs and production of new technological objects. But also, successful methodologies are

integrated in the technological process. As pointed out by Edgerton (2006) complete innovation is not the driven motif of technology production, in many cases. Objects entirely new are very rare. But what is observed is a tendency to use old fashioned components in different ways or using different materials with new properties in which these parts or designs are used.

iv) Technology as design centered process. It has become more and more clear the role of design in the current technology process. Several reasons support it. First, technology tends to be a very highly standardized activity. The better way to meet these standards is taking them into account from the beginning of the visualization of the object to be produced. Second, technology production is strongly influenced by the incorporation of scientific research results, mathematical developments, other technological achievements and ethical issues. The design is the best place to deal with them. Third, recently we have observed a strong tendency toward considering the technology process as part of a technological system, as I will emphasize later.

Given the importance of design, and following again to Agüero and Sasgupta (1987), we may represent the design component in terms of four main sub-systems.

**Design Structure scheme**



Three sub-systems are particularly relevant to “visualize” the object: the definition systems that includes among others, the problem transformed into requirements (what the proposed technological object will solve), structural specification (what the structure of the proposed object), functional specifications (how the object will work) and the ethical issues relevant for this specific technology how it will be avoided to harm people). The knowledge system includes: technological alternatives, availability of scientific knowledge, mathematical and scientific principles relevant to the application, computer tools, ethical themes and other relevant issues. Verification system includes different tests that will be applied at the different stages of the technological process, including ethical tests to determine the appropriateness of the proposed object according to the ethical requirements previously defined. From these three systems we obtain a visualization of the object to be

produced. Sometimes, prototypes or scalable models are constructed to better understand the properties of the technological object to be developed.

The fourth subsystem, the decision-making system is very important because specifies the human resources involved, the stages in which to product will be developed, the way in which recommendations from the development team will be decided and incorporated into the process, who decides over differences and incompatible recommendations, among other key decisions related to the process and how to keep the integrity of the design.

Following again the analogy drawn from Lakatos, we say that both approaches to technology are necessary and complementary. Moreover, as I will discuss below a deepening of both perspectives is necessary to make that “no one will be left behind” (SDG, 2015) of the benefits of the fourth Industrial Revolution. But in doing it a change in the conception of technology is needed.

## 2. Ladriere perspective on the impact of science and technology on ethics

As mentioned, Ladriere considers four ways in which science and technology impacted positively on ethics: a) extending the scope of ethics, b) creating new ethical problems, c) suggestion of new ethical values and d) new ways for determining norms. Let us consider each in some detail.

- a) **Extending the scope of ethics.** To understand a disease, i.e. Alzheimer, its cause, nosology and the (neuro) cell and molecular mechanisms involved, has associated a change in the way in which this disease was traditionally explained: as a disease associated with senile dementia, and therefore, something that is related to age and the human has nothing to do to change it. Scientific account of Alzheimer makes that this approach be abandoned. But what is more important is that scientific understanding of diseases poses a new imperative: the development of new drugs for treating it or new way of intervening on them, for example, by gene correction therapies, or new medical strategies to prevent it occurrence. Here we see an extending of the scope of ethics because it is imposed the requirement of intervention for preventing and healing these diseases; this requirement was not present before. Scientists and engineers shall adopt this challenge. Before the development of these interventions, physicians can appeal to god, destination or “we cannot do more” in cases of dead. But after the development medical treatment, physicians are required to justify the claim “we cannot do more” in cases of dead. The frontier of intervention is extended and new obligations are established. It is clear that that new obligations were not presented previous at the introduction of these development. A second example is the introduction of email for general use in the last decade of the XX century. This changes drastically the way in which we were costummed to consider the mail. Several situations, such as privacy, made that new ethical concerns around the use of email arisen. Regulations to assure the integrity and privacy of the information changed drastically. Not only emerged new ways of organizing the information, but new ways of using it. Associated with faster communication and transactions, new forms of espionage emerged; new forms of sabotage, new forms of delinquency and vulnerability. Society had responded in different ways to reduce the negative impacts of this technology and, at the same time, increase their benefits. An important refreshment of ethical themes was required prior to establish new regulations to protect privacy, including a discrimination of the kind of

information that should be protected according to the institution or organization. It should be decided if the use of email is restricted or not, and how to protect sensible information to companies and governments.

- b) **Creating new ethical problems.** For Ladrière, science and technology look for different fundamental objectives of those of culture. While science and technology orient to achieve universality, precision, rationality, standardization, tested knowledge and intervention, cultures tend to provide a meaning to life, and tend to be particular; it is the space for constructing personal identity, sense of belonging and a tendency to conservatism or immutability. Science and technology had invaded society in all aspects, including cultures. New ethical problems that pose science and technology emerge from these contrasting objectives. Two different categories of them emerge, according to Ladrière: internal and external. Both emerge due to the special position of scientists and technologists. Internal problems concern the nature, structure and function of science and technology, and its promotion as a socially relevant activity; while external relate to the social and ethical responsibility of scientists and technologists for the impacts of their developments. Scientists and technologists are in between the two systems and they have to mediate between them. Their mediation consists in determining and guaranteeing the objectives of the society and those of scientific and technological research to make them compatible and as closed as possible. But as I will see later, scientists and technologists have their own ethical values, or the companies for which they work, and these values not always are the same as those of what is desirable for society or for culture.
- c) **Suggestion of new ethical values.** Directly connected with this topic is the following. The introduction of new scientific and technological results induces a very creative process of proposing new ethical values or reinforcing current values to deal with the new conditions. For example, after introducing email infrastructure, raised a number of questions related to privacy issues. Several employees were fired after being accused of emailing private information from their companies (see Rogerson, 2000). Passionate discussion took place almost everywhere. This process concluded with some important decisions differentiating between those scopes in which emails cannot be checked (inspected) from those in which it is important to do it. In universities, professors and students shall exchange emails freely. In cases of violation of personal integrity, this should be proved in court. In the case of companies, each one has to define a regulatory framework that protects what the company considers important or confidential (Kaner, 2001). In this case new values emerged connected to privacy and a differentiation of rules according to the different contexts were proposed to make more adequate the use of this important technological development.
- d) **New ways for determining norms.** Science and technology are creating a new order over nature that gives to professionals more and more independency to make decisions, not based on traditions or in “nature”, but in what is desirable, reasonable and based on principles. In this way science and technology are an important source of ethical creativity and rationality. The creation of new norms appropriate to the context makes ethics more rich and complex, and ruled by rational criteria. The role that society assigned to science and technology makes this activity a mean to gain in autonomy and to strengthen human responsibility. It provides more knowledge and tools for intervention; professionals have more and more freedom to decide how to act, at the same time more responsibility for their decisions.

Ladrière’s approach provides an important framework for analyzing the ethical role of scientists, engineers and technologists in relation to the way in which they develop science and technology and also in connection with the impact of scientific and technological achievements on culture and society. We have to indicate that the request of proposing ethical rules to guide scientific and technological development has a large history. But maybe one of the inflexion points in this history took place after the construction and dropping of the nuclear bombs on Hiroshima and Nagasaki in August 1945 by the United States. Many scientists, including Heisenberg and others (Heisenberg, 1971) and the Franck Report (1945), provided important discussion on the issue. Later in 1975 the conference that follow the Asilomar moratory (July 1974), after the first successfully modification of DNA by Stanley Cohen and Herbert Boyer, provided important ethical guidelines on the use of recombinant-DNA techniques. However, for us an important progress in the implementation of ethical guidelines and rules for technology development came in the latest 80’s and the beginning of 90’s when the two largest engineering associations in US the ACM and IEEE proposed a new curriculum, called “Computing Curricula 1991” for undergraduate programs in computer science and computer engineering. These guidelines are not directly connected with Ladriere proposal of the ethical role of scientists and technologists, but they are consistent with this framework. It was suggested there the need to provide students with case analysis and other tools to incorporate the ethical dimension on technology developments in computing.

Following the guidelines proposed in this new curriculum for computing, Chuck Huff and C. Dianne Martin (1995) developed a very interesting methodology for teaching ethics in computer science and computer engineering. That model has three dimensions: the levels of social analysis, in which technological development could directly impact, the social roles of professionals (responsibility dimensions) and the ethical themes. It was framed in the following helpful scheme.

**Frame for ethical analysis**

<b>Technology:</b>										
<b>Topics of ethical analysis</b>										
		<b>Responsibility</b>			<b>Ethical themes</b>					
		Indiv idual	professi onal	Quali ty of life	Us e of power	Risks and responsibility	Prop erty Rights	Pri vacy	Equit y and access	Hone sty and deception
<b>L evels</b>	Individual									
	Communiti es and groups									



f o s o c i a l A n a l y s i s	Organisations									
	Cultures									
	Institutional sectors									
	States									
	Global									

Source: Huff and Martin (1995)

According to Huff and Martin these 7 ethical themes are the most relevant for computing. But not all of them are relevant for a specific computing technology. For example, in digital technologies for health care not always the ethical theme of property rights is relevant. But it is relevant in all cases in which you have to decide to use proprietary software or free software. In any of these cases consequences of the decision should be analysed. The dimension of responsibility is particularly important because of the special social position of professional on this development and in any area of engineering in which he has competence. What is required is that professionals harmonize his/her professional obligations with those values of the larger collectivity at which he or she belongs. In those cases that this harmonization is not achievable, a justification of it should be provided. The level of social analysis aimed at making professionals aware that a computer application can have different negative or positive effects on different levels. In some cases, privacy affects directly to individual but also can affect companies, institutional sectors or cultures. For example, when these companies use private information without consenting from persons. But also, it is important to pay attention to those levels in which a negative affectation can be established and therefore, he has to make the necessary decisions to eliminate them or to reduce its impact according to the maximum: “As low as reasonably achievable”.

So, for each ethical theme and for each level of social analysis it has to be determined the possible negative consequences and to define the measures that should be taken to prevent or reduce these effects. These correlations should be indicated filling the corresponding boxes. But also, for each filled box it is necessary to determine if the responsibility for preventing these negative effects can be done by technical means or they also convey responsibilities as individual. An important principle guides this dimension of responsibility: “You have to clearly understand your professional scope and its limits”. The most important decisions concerning ethical issues should be done at the design process, and as indicated, because of its relevance in the subsystems of definition, knowledge and verification.

This type of analysis represents an important step in the incorporation of the ethical dimension into the technological process. Maybe in other areas of engineering we may find similar achievements. However, this approach has important limitations. Let us comment on three of them. One of the most important is that the ethical values of scientists or engineers are diverse. For example, an engineer may consider that to develop new massively destructive weapon is consistent both professionally and individually, because he considers that in doing it he contributes to enhance his nation without considering the possible impacts of this

weapon on the rest of the globe. Or that some racial prejudices prevent to him to have a wider perspective on his responsibilities as member of this globe.

The second one is that specific interests makes that engineers and entrepreneurs consider irrelevant or less relevant other socially important ethical values. Very often economic interest prevails over ethical values and them invasions on privacy or our compromise with truth passes to a second level. On this second limitation, recently Google and Facebook have faced criticisms on how they deal with privacy, discrimination and the propagation of fake news. This companies have set before economic and competitive interests over these other values with larger consequences on many people around the world. The selling of information from citizens by Facebook to Cambridge Analytica has shown us how important are ethical issues, but at the same time that without an appropriate regulation some companies will prioritize economics over ethics. In connection with fake news, public complains have made that these companies announce a public commitment to a void the propagation of fake news at these platforms.

The third limitation has a deep root in our own culture. Cultural values are part of the background (inconscient) of scientists and engineers. These are not neutral. As recalled in 2015 Google announced an important progress in Artificial Intelligence: the implementation of an algorithm for automatically classify photos considering several features of the photos itself. The problem here was that this algorithm classifies pictures of black people as gorilla. Program designers “transferred” to AI algorithm some “cultural values” that explains why the algorithm behaves in that way. And this poses an enormous challenge to the developers of technology to avoid this kind of discrimination.

The mentioned limitations open the door to introduce the ethical challenges we are facing in the context of the fourth industrial revolution. But before doing it, we have to provide some background on the way in which technology is currently discussed in that context.

### **3. Technology in the context of the fourth industrial revolution**

In the first section I introduced two general perspectives on technology. The first called “externalist” emphasizes on the impact of technology in society, how this world changed driven in great part due to technology, and how matter, energy and information are operationally transformed to obtain a variety of technological products. And so on. But also, I introduced a more “internalist” process of technological development organized in several steps and loops. In the fourth industrial revolution we need both perspectives but with a level of integration and deepening never seen before.

Schwab (2016) made a similar identification of domains as Papa-Blanco (1979) did, labelling them: the physical, the digital and the biological. The physical includes the trends that we are observing, such as different kind of autonomous vehicles, developments in nanotechnology, new materials, advanced robots and 3D printing. The digital includes the trends in new satellite communication, 5G technology, quantum computing, Artificial Intelligence, and the different technologies associated, such as Internet of Things, Blockchain and the new modalities of e-commerce. On the biological domain the gene sequencing, gene

edition, cells stem and synthetic genetics. One of novelties of this fourth industrial revolution is the integration of these systems to produce a richer, more diverse and intense process of technological development:

The fourth industrial revolution, however, is not only about smart and connected machines and systems. Its scope is much wider. Occurring simultaneously are waves of further breakthroughs in areas ranging from sequencing to nanotechnology, from renewables to quantum computing. It is the fusion of these technologies and their interaction across the physical, digital and biological domains that make the fourth industrial revolution fundamentally different from previous revolutions. (Schwab, 2016: 12).

So, one of the new features that presents this industrial revolution is its integration of the three mentioned systems. We assisted to some degree of integration in satellites and in the infrastructure of communication, but in this revolution the integration will be unprecedented. Integration should be thought as a continuous scale from weak integration to strong integration. Several intermediate stages of integration will be achieved. Weak integration means that the introduction of a technology poses new challenges to other technologies and vice-versa. For example, the construction of cars requires that the routes to circulate be improved, new light system to regulate the traffic need to be adjusted, and a new signal system for the drivers was also developed; and new transportation means are also needed. It is expected that, in medicine, weak and strong integration be an important part of system of health. The use of robots to assisting the surgery process, screens with augmented reality, remote access technology will help the team in charge of surgeries. But also, more strong integration is needed. This is achieved in these cases in which, for example, there is a central command (computer program) that centralized different processes, such as the co-ordination of patient transportation system, medical assistance during the transportation of patients, reading of biometric data and intervention and the surgery team. In this case, the centralization of the control of the process adds an important degree of integration not achievable in the other mentioned case.

The second feature related with the fourth industrial revolution is the pace of development of technology, incomparable with that of the previous revolutions. However, we see some continuity from a very slow pace of the first revolution, that took regenerations to progress, to the third industrial revolution that took only one generation. The fourth industrial revolution will be very fast, as shown in the example of Shenzhen, China, that in only ten years was almost radically changed: it was transformed from village to one of the most important centers of innovation worldwide.

One third feature of this revolution, related in part with the pace of change, is its disruptive character. Many jobs currently existent and practices will become obsolete in a matter of years. As pointed out in the last report of the World Bank, “The days of staying in one job, or with one company, for decades are waning. In the gig economy, workers will likely have many gigs over the course of their careers, which means they will have to be lifelong learners.” (World Bank, 2019: vii). In the same line, the report “The future of Jobs” of the World Economic Forum (WEF), it is claimed: “By one popular estimate, 65% of children

entering primary school today will ultimately end up working in completely new job types that don't yet exist." (WEF, 2016: 1).

The fourth feature of this revolution is the dramatic change in the nature of innovation. In the preceding revolutions, innovation was directly related to capital. Capital was very important to achieve innovation. Every day capital is becoming less relevant. The most innovative companies today started with very little capital. The use of the technological infrastructure available world wide is becoming an important source of innovation. Because of this, government have to invest in those platform technologies that have the potential to increase innovation. This change has made that one of the bigger problems be to push the cultural change to allow that more people have a space for innovating.

The fifth feature is the development of technological constellations to respond to political and geopolitical interests. We observe it in the different global satellite navigation systems with different objectives, the launching of cryptocurrencies as a strategy to guarantee a better global position of the economic blocks. But this feature is not inherent to the fourth industrial revolution as the others.

From an internalist perspective, that is, from the technological process, the fourth industrial revolution is showing an important feature. The development of technology is becoming every day more closed system. Standards, protocols and specific specifications are required to make that the new development be consistent with existent infrastructure or with new one. Let consider, IoT. Currently, it is important to advance in the development of interfaces and other standards to potentiate the spreading this platforms and application domains. W3C (WWW Consortium), has among other purposes:

The W3C Web of Things (WoT) is intended to enable interoperability across IoT Platforms and application domains. Primarily, it provides mechanisms to formally describe IoT interfaces to allow IoT devices and services to communicate with each other, independent of their underlying implementation, and across multiple networking protocols. Secondly, it provides a standardized way to define and program IoT behavior. (W3C, 2017, 1).

This tendency will be increased in the near future guided by requirements of interoperability, consistency among applications, platforms and integration. I think this is one of the main features we will be consolidated in the coming years.

However, it is expected another fundamental feature of technology in this fourth industrial revolution: It will be systemic in nature. This is not limited to the integration of different technologies at the level of constellation and integration between these constellations, diverse technologies and contexts, but the challenge is to make this revolution a source of welfare and quality of life. Human factors are determinant for the success of this revolution. How to do this is complex and uncertain, but it will find the way. As pointed out by Schwab:

While the profound uncertainty surrounding the development and adoption of emerging technologies means that we do not yet know how the transformations driven

by this industrial revolution will unfold, their complexity and interconnectedness across sectors imply that all stakeholders of global society – governments, business, academia, and civil society – have a responsibility to work together to better understand the emerging trends. (Schwab, 2016: 8).

So, we have to assure that this revolution makes true that “nobody will be left behind”. To accomplish it is necessary that this revolution be centralized in human beings and in environment. To quote again Schwab:

Shaping the fourth industrial revolution to ensure that it is empowering and human-centred, rather than divisive and dehumanizing, is not a task for any single stakeholder or sector or for any one region, industry or culture. The fundamental and global nature of this revolution means it will affect and be influenced by all countries, economies, sectors and people. It is, therefore, critical that we invest attention and energy in multi-stakeholder cooperation across academic, social, political, national and industry boundaries. These interactions and collaborations are needed to create positive, common and hope-filled narratives, enabling individuals and groups from all parts of the world to participate in, and benefit from, the ongoing transformations. (Schwab, 2016: 9).

Some systemic nature of technology was also present in the previous industrial revolutions. But it is now that we are aware of the need of having this approach from the beginning. In the White paper *Values, Ethics and Innovation* (2018) the World Economic Forum, illustrates this systemic feature of technology. Let me quote in extension this example:

Take the automobile, for example. At the turn of the 20th century, vehicles powered by steam, electric or internal combustion engines that could run on gasoline or biofuel all looked to be potential alternatives to horse-drawn vehicles. Gasoline-powered vehicles gradually reached socially transformative scale due to a wide system of aligned interests, visions, technological advances, investments, business models and political support. As this system became entrenched, it directed and constrained choices, incentivizing technologists to focus efforts on improving gasoline engines rather than on innovating in steam- or electric-powered transport. This “lock-in” has long-lasting effects, and constrains problem solving as systems develop.

The automobile opened and closed choices in other, broader ways. Widespread car ownership conferred greater personal autonomy, for example, but led to the design of cities that were challenging to navigate on foot, by bicycle or by public transport. It enabled suburban sprawl, with attractive individual places to live but ways of life that arguably eroded social cohesion. Moreover, this development contributed to deep economic dependence on oil and to pollution that has severe health and environmental consequences, including impacting climate change. None of these impacts were inevitable; they were mediated by collective choices, such as tax incentives and the relative priority placed on building roads or mass transit systems.

Technologies impact entire systems – economic, social and political. They shape world views, and world views shape them as well. They are dreamed up and refined in laboratories and workshops by teams of people. Their development, just as anything else, is subject to social factors, such as tribalism, water-cooler politics and gender discrimination. A systemic view of how values and ethics become part of the technological development process is needed (WEF, 2018: 6).

#### 4. Ethical framework for shaping the fourth industrial revolution

Human sustainable development was launched during the first half of the 90's as an alternative to the dominant conception of development based on market (UNDP, 1994). This change of position took place after the events that culminates with the segregation of several countries part of the former USSR, ending with a phase of cold war and opening the door to multilateralism, a process in march currently. Of course, this new paradigm has historical antecedents, particularly in philosophy. For example, but no limited to German philosophy of romanticism. Kant made of autonomy the foundation of modern states. Autonomy should be understood as supported by five “faculties”: freedom, responsibility, formation (bildung in German), information and no-coercion. Kant and other philosophers (Fichte, Schelling, Hegel,...) conceived societies and states as territories formed by free (autonomous) citizens (see Gadamer, 1977). Freedom rests on and influences on the other autonomic components. The goal of states is to promote autonomy as the way of overcoming the need and want of individual in his supposed “natural state”.

Autonomous ethics implies that good and bad, justice and injustice are evident by itself (see Alexander, Larry and Moore, Michael, 2016). We can conclusively infer if autonomy was violated in a specific situation or not. It is not necessary to do a “consequence” analysis to determine the good or bad involved in a human action. This fact makes other thinkers questioned autonomy as the goal of the state. In this important stage of the consolidation of national states, Jeremy Bentham (1748-1832), John Stuart Mill (1806-1873) and Henry Sidgwick (1838-1900) proposed and defended that the role of state is to promote and accomplish happiness of people. It should provide tools for determining conditions under which “more happiness” is achieved. Consequence analysis is the key for the state to planning its development and measuring its progress. Classical consequentialism made the radical claim that in the evaluation of the consequences of an action, intentions are not relevant to decide if an action is good or not (see Sinnott-Armstrong, Walter, 2019). Good results from analyzing the consequences of the action. Contrary to it, for autonomous ethics agent intentions are relevant to determine if people are treating the others as end or as mere means.

In human sustainable development both ethical perspectives are relevant. Autonomy and its distinction between means and ends provide the ultimate goal of development: to make human beings the center of development; it should be human-centred development. The means (and intentions) and its consequences are also relevant to achieve and measure the development. Education, human security and work with dignity for everyone are indispensable means to achieve this development. But human sustainable development includes another centralized goal: the protection of the environment.

The General Assembly of United Nations adopted in 2015, by all the state members, the resolution A/RES/70/1 that establishes the vision, goals and the new agenda for the coming 15 years (2015-2030). It was the first time in the history that all the state parties agreed on this global agenda. This resolution is, what we may call, a new “social contract” in which to work together to achieve the agenda. It will permit us to shape the fourth industrial revolution to make that this revolution be at the service of human beings and to the protection of the environment. In this agenda it was put at the same footing five key “areas” for “humanity and the planet”: persons, planet, prosperity, peace and partnership. The 17 goals and the 167 targets express the way in which these are integrated and implemented. This agenda poses a tremendous challenge for humanity and urges us to work together to achieve it.

In the vision proposed it is emphasized on three elements (I quote from SDG, 2015, § 7-§ 9):

1. Elimination of fear and violence: “We envisage a world free of fear and violence. A world with universal literacy. A world with equitable and universal access to quality education at all levels, to health care and social protection, where physical, mental and social wellbeing are assured. A world where we reaffirm our commitments regarding the human right to safe drinking water and sanitation and where there is improved hygiene; and where food is sufficient, safe, affordable and nutritious. A world where human habitats are safe, resilient and sustainable and where there is universal access to affordable, reliable and sustainable energy.”
2. Effective fulfillment of individual, social and cultural rights, specially in relation to more vulnerable social groups. “We envisage a world of universal respect for human rights and human dignity, the rule of law, justice, equality and nondiscrimination; of respect for race, ethnicity and cultural diversity; and of equal opportunity permitting the full realization of human potential and contributing to shared prosperity. A world which invests in its children and in which every child grows up free from violence and exploitation. A world in which every woman and girl enjoys full gender equality and all legal, social and economic barriers to their empowerment have been removed. A just, equitable, tolerant, open and socially inclusive world in which the needs of the most vulnerable are met.”
3. A development guided by good governance and protection of environment. “We envisage a world in which every country enjoys sustained, inclusive and sustainable Economic growth and decent work for all. A world in which consumption and production Patterns and use of all natural resources—from air to land, from rivers, lakes and aquifers to Oceans and seas — are sustainable. One in which democracy, good governance and the rule of law, as well as an enabling environment at the national and international levels, are essential for sustainable development, including sustained and inclusive economic growth, social development, environmental protection and the eradication of poverty and hunger. One in which development and the application of technology are climate sensitive, respect Biodiversity and are resilient. One in which humanity lives in harmony with nature and in which wildlife and other living species are protected.”

As pointed out, 17 sustainable development goals are proposed to achieve in 2030. These goals form a system, they should be taken as a harmonic totality, including the viewpoint and

areas that give structure to them; though each country can select and prioritize some of the them. Different ethical values can be derived from them and taken as starting points for the development of methodologies to be used as guidelines for this fourth industrial revolution. As recall, these 17 goals include the following relevant social, economic, institutional and environmental themes: end of poverty, end of hungry, healthy lives for everybody, equity and social inclusion, education of quality, women empower, water and sanitation for all, inclusive and sustainable economic growth, resilient infrastructure for foster innovation, reduce inequality among countries, sustainable cities and human settlements, sustainable consumption, combat to climate change and its impacts, protection of oceans and seas, sustainable use of terrestrial ecosystems, peace and inclusive societies and, finally, global partnership.

Particularly relevant to our approach is the goal 17, “Strengthen the means of implementation and revitalize the Global Partnership for Sustainable Development” and the “Means of implementation and the Global Partnership”. The goal divides into 19 targets on different issues relevant for achieving the goal, in the areas of finance, technology, capacity building, trade, systemic issues, multi-stakeholder partnerships and, Data, monitor and accountability. And the means of implementation introduces several strategies and action to implement this global partnership. Among them, specific programmes for Africa, cooperation for middle income countries to overcome the identified challenges, domestic investment in environment, the protection of labour rights and work conditions, health standards, promotion of trade and companies, and the Technology Facilitation Mechanism established by Addis Ababa Action Agenda, but added as a structural part in this partnership agenda.

As observed, all these themes are especially relevant for the fourth industrial revolution. However, I want to emphasize on the relevance of multi-stakeholder partnership and the Technology Facilitation Mechanism because these are directly involved in the way in which it is discussed worldwide the shaping of the fourth industrial revolution towards a trustworthy framework for human and environmental centrality. Multi-stakeholder partnership and the Technology Facilitation Mechanism include the important component of capacity building needed to accomplish this agenda.

Let me introduce briefly two approaches that emphasize, among other things, on the important role of multi-stakeholder partnership to assure that the fourth industrial revolution be at the service of the human being and the protection of the environment. The first one, is the White Paper (2018) from WEF, and the second, the Guidelines for Trustworthy Artificial Intelligence (AI) (2019). Let’s start with the second one.

European Union set up a group of experts, “High-Level Expert Group on Artificial Intelligence” with the task of proposing a framework from promoting and regulating AI within the European Union. As indicated in the report:

The aim of the Guidelines is to promote Trustworthy AI. Trustworthy AI has three components, which should be met throughout the system's entire life cycle: (1) it should be lawful, complying with all applicable laws and regulations (2) it should be ethical, ensuring adherence to ethical principles and values and (3) it should be robust,



both from a technical and social perspective since, even with good intentions, AI systems can cause unintentional harm. Each component in itself is necessary but not sufficient for the achievement of Trustworthy AI. Ideally, all three components work in harmony and overlap in their operation. If, in practice, tensions arise between these components, society should endeavour to align them. (HLEG-AI, 2019: 4).

These guidelines will receive a final review this December. So, the definite version of them will be available at the beginning of the next year. Readers will find there an interesting approach to the application of ethics to the development, deployment and use of AI within the European Union. This framework lays out taking as starting points the following four ethical preventive principles: “respect for human autonomy, prevention of harm, fairness and explicability”. From these, like a cascade, seven requirements are segregated: “(1) human agency and oversight, (2) technical robustness and safety, (3) privacy and data governance, (4) transparency, (5) diversity, non-discrimination and fairness, (6) environmental and societal well-being and (7) accountability”. From these, “(a)dopt a Trustworthy AI assessment list when developing, deploying or using AI systems, and adapt it to the specific use case in which the system is being applied.” (HLEG-AI, 2019: 5-6).

What is of interest for us is the third requirement for trustworthy AI: It should be robust. This implies to work in solving several relevant issues from legal, development and institutional. Legal requires that these trustworthy guidelines be “anchored” naturally in the European Union regulatory system in such a way that it makes easier to foster this research area. But at the same time, it should be consistent with culture and values of the European Union. Developers need to have clear rules and guidelines on how to proceed in every planned development in which AI plays an important role. Finally, institutionally it is needed to have an institutional structure that makes transparent the development, deployment and use of AI. This institutional structure should, at the same time, have a place within the regulatory system, aimed at guarantying transparency and traceability. One key component of this institutional structure is the multi-stakeholder sub-structure in which each stakeholder group has a specific role to play in assuring the fulfillment of the four promoted and preventive ethical principles mentioned above.

Institutional structures are not strange currently. The process of research, development, testing and commercialization of drugs has a very rigorous and well-established structure. For AI development, deployment and use will be the same, but I think more flexible and with shorter periods of time. In this proposal several stakeholders are involved in the process:

These guidelines are addressed to all AI stakeholders designing, developing, deploying, implementing, using or being affected by AI, including but not limited to companies, organisations, researchers, public services, government agencies, institutions, civil society organisations, individuals, workers and consumers.” (HLEG-AI, 2019: 7).

These Guidelines provides several examples on how to achieve the ethical principles and requirements. Let us illustrate with the issue of “human oversight” as presented in the document.

Human oversight helps ensuring that an AI system does not undermine human autonomy or causes other adverse effects. Oversight may be achieved through governance mechanisms such as a human-in-the-loop (HITL), human-on-the-loop (HOTL), or human-in-command (HIC) approach. HITL refers to the capability for human intervention in every decision cycle of the system, which in many cases is neither possible nor desirable. HOTL refers to the capability for human intervention during the design cycle of the system and monitoring the system's operation. HIC refers to the capability to oversee the overall activity of the AI system (including its broader economic, societal, legal and ethical impact) and the ability to decide when and how to use the system in any particular situation. This can include the decision not to use an AI system in a particular situation, to establish levels of human discretion during the use of the system, or to ensure the ability to override a decision made by a system. Moreover, it must be ensured that public enforcers have the ability to exercise oversight in line with their mandate. Oversight mechanisms can be required in varying degrees to support other safety and control measures, depending on the AI system's application area and potential risk. All other things being equal, the less oversight a human can exercise over an AI system, the more extensive testing and stricter governance is required. (HLEG-AI, 2019: 18).

As indicated the strictness of testing is directly related to the kind of human oversight exercised. Developers should include restrictions and conditions for use of AI application in the different contexts, and the other stakeholders will verify the accomplishment of them. Special conditions should be met in those cases in which potential discriminations could happen.

In the same vein the White Paper of the WEF argues for the need of this diverse and wide stakeholder partnership to assure that the ethical values of people, cultures and innovation capabilities are expressed in this fourth industrial revolution. This implies the development of strategies for solving the problem of the diverse criteria, perspective and values that are proper in heterogeneous groups. But it is a constructive process in which all countries, companies, institutions and citizens should be engaged. This paper visualizes the following stakeholders are relevant in this revolution: Civic leaders and citizens, consumers, engineers, executives, Boards, policy-makers and educators. All of them shall contribute and reach consensus in the shaping of the fourth industrial revolution.

Both documents are rich in ideas and proposal on how to make that science and technology, and this revolution in course be at the service of the welfare of humanity and the protection of the environment. In the paragraph 70 of the resolution A/RES/70/1 of United Nations was introduce the "Technology Facilitation Mechanism" aiming at providing a structure for sharing and promoting the development of technologies according to vision, goals and targets agreed in this agenda. This proposal is particularly relevant for shaping the fourth industrial revolution. The statement of this mechanism is the following:

We hereby launch a Technology Facilitation Mechanism which was established by the Addis Ababa Action Agenda in order to support the Sustainable Development Goals. The Technology Facilitation Mechanism will be based on a multi stakeholder collaboration Between Member States, civil society, the private sector, the scientific

community, United Nations entities and other stakeholders and will be composed of a United Nations inter agency task team on science, technology and innovation for the Sustainable Development Goals, a collaborative multi stakeholder forum on science, technology and innovation for the Sustainable Development Goals and an online platform.

Three main orientations are proposed to advance in deployment this goal: a) an infrastructure for capacity building within the United Nation Organisations; b) “The multi-stakeholder forum on science, technology and innovation for the Sustainable Development Goals”, and c) Meetings of the high-level political forum to assess progress and to draw agenda.

I have emphasized on multi-stakeholder partnership because its implementation will change in a significative way our conception of technology. Let me end this paper with some general consideration on this issue. I will follow the analysis presented in the White Paper above mentioned.

In the previous sections of this paper, I discussed two different approaches of technology. The first one that pay attention to products generated as result of technological research and shed different light on the deployment of technology in society, culture and environment. The other mentioned approach, called “technological process” emphasized on the internal structure of technology that makes possible the tremendous impact of technology in our world. As pointed out in the White Paper, these perspectives are not appropriate to understand the kind of technology we have to shape in this revolution.

The first widespread perspective approaches technologies as mere tools that are intrinsically and unquestionably aligned with greater opportunity. The second prevalent view regards history as driven by technological progress, with people powerless to shape its direction: in this view, technologies are inevitable and out of human control. Neither of these views, though pervasive, is ideal nor fully accurate.

The lack of a more critical comprehension of technologies, and their moral role in society, reduces our ability to make informed decisions about the development and application of powerful new approaches, particularly with those technologies that blur the lines between human and technological capabilities, such as machine learning, biotechnologies, neuro technologies, and virtual and augmented reality.

A more balanced and empowering perspective recognizes technologies as capabilities that interpret, transform and make meaning in the world around us. Rather than being simple objects or processes that are distinct from human beings, they are deeply socially constructed, culturally situated and reflective of societal values. They are how we engage with the world around us. They affect how people order their lives, interact with one another and see themselves. Far from an academic observation, this more nuanced view has practical importance for strategic needs as well as implications for successful governance of technologies.

Is in this way that we have to march in the shaping of the fourth industrial revolution. We have the opportunity to make that this revolution contributes to achieve the objective of making that “nobody will be left behind” of the benefit of this revolution.

To summarize, important progresses were made regarding the role that ethics played in science and technology had during the last 50 years. However, the most revolutionary change we will assist is the tendency that ethics shapes the future of the fourth industrial revolution to benefit everybody worldwide and creating a better world for anyone and a better environment. United Nation resolution on SDG is taking as base to promote and achieve these goals. Technology will be molded by human values and will be enriched from different cultural perspectives.

### References

Aguero, Ulises and Subrata Sasgupta (1987) “A plausibility-driven approach to computer architecture design”. Communications of the ACM, Volume 30, Issue 11, Pages 922-932.

AI HLEG, 2019, *Ethics Guidelines For Trustworthy AI*. European Commission. URL= <  
<https://ec.europa.eu/futurium/ai-alliance-consultation> >

Alexander, Larry and Moore, Michael, "Deontological Ethics", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2016 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <  
<https://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/ethics-deontological/>>.

Benedikt Frey, Carl y Osborne, Michael A. 2013. The Future Of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?. URL =<  
[https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/academic/The future of employment](https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/academic/The%20future%20of%20employment)>

Edgerton, David (2006) *The Shock of the Old. Technology and Global history since 1900*. Profile Books Ltd, USA

Gadamer, Hans-Georg (1977) *Verdad y Método*. Ediciones Sígueme, Spain.

Heisenberg, Werner (1971) *Physics and Beyond. Encounters and Conversations*. Harper and Row, New York.

Huff y Martin (1995) “Computing: A framework for Teaching Ethical Computing”. Communications of the ACM. Vol. 38, No.12

Kaner, Cem (2001) *Business Ethics and Electronic Mail*. URL=<  
<http://www.kaner.com/pdfs/EthicsEmail.pdf> > Accessed August, 15th, 2019

Ladriere, Jean (1977) *The Challenge Presented to Cultures by Science and Technology*. UNESCO, New York.

- Lakatos, Imre (1970) "History of Science and its rational reconstructions" PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association, Vol. 1970, pp. 91-136
- OECD, 2019, OECD Employment Outlook 2019. URL = < <https://www.oecd.org/employment/outlook> >.
- Papa Blanco, Francisco (1979) Tecnología y Desarrollo. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- Ramírez, Edgar Roy (2004) "Mecanismos de Evasión de la Responsabilidad y otras reflexiones". In Alfaro, Mario and Ramirez, Roy editors (2004) Ética, Ciencia y Tecnología. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- ROGERSON, S. (2000), ETHIcol - How to create waffle, IMIS Journal, August, Vol 10 No 4, pp 29-30.
- Schwab, Klaus, 2016. The Fourth Industrial Revolution.  
URL=<<http://ebookbit.com/book?k=The+Fourth+Industrial+Revolution&charset=utf-8&lang=en&isbn=978-1944835002&source=gfusion>>
- Sinnott-Armstrong, Walter, "Consequentialism", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2019 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/sum2019/entries/consequentialism/>>.
- The Franck Report 1945. <http://fissilematerials.org/library/fra45.pdf>
- UNDP, (1994) Human Development Report 1994. United Nations, Oxford University Press  
URL=<[http://hdr.undp.org/sites/default/files/reports/255/hdr\\_1994\\_en\\_complete\\_no\\_stats.pdf](http://hdr.undp.org/sites/default/files/reports/255/hdr_1994_en_complete_no_stats.pdf)>
- UNO, 2015. TRANSFORMING OUR WORLD: THE 2030 AGENDA FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. A/RES/70/1 URL = <https://cse.google.com/cse?q=sustainable+development+goals+pdf&sa=Search&ie=UTF-8&cx=partner-pub-6638247779433690%3A3873384991#%9C>
- W3C (2017) Web of Things (WoT) Architecture URL=  
<<https://www.w3.org/TR/2017/WD-wot-architecture-20170914/>>
- WEF-GFC, 2019. Health and Healthcare in the Fourth Industrial Revolution Global Future Council on the Future of Health and Healthcare 2016-2018. World Economic Forum. URL = < <https://www.weforum.org/reports/health-and-healthcare-in-the-fourth-industrial-revolution-global-future-council-on-the-future-of-health-and-healthcare-2016-2018>>
- WEF, 2018. Values, Ethics and Innovation Rethinking Technological Development in the Fourth Industrial Revolution, White Paper. URL=  
<<https://www.weforum.org/whitepapers/values-ethics-and-innovation-rethinking-technological-development-in-the-fourth-industrial-revolution>>

WEF, 2016, The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution. URL= < <http://reports.weforum.org/future-of-jobs-2016/chapter-1-the-future-of-jobs-and-skills/>>

## Sistema De Gestión De Energía Eléctrica Para El Sector Residencial A Través De Una Aplicación Móvil.

Jeison Sneider Ruiz Zemanate, Pablo Alexander Vidal Ararat, Julio Andrés Mosquera Bolaños, Juan Pablo Diago Rodríguez  
Corporación Universitaria Autónoma del Cauca  
Colombia

### Sobre los autores

**Jeison Sneider Ruiz Zemanate:** Investigador de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Ingeniero Electrónico de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca.  
Correspondencia: pablo.vidal.ararat@uniautonoma.edu.co

**Pablo Alexander Vidal Ararat:** Investigador de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Ingeniero Electrónico de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca.  
Correspondencia: jeison.ruiz.z@uniautonoma.edu.co

**Julio Andrés Mosquera Bolaños:** Docente del programa de ingeniería Electrónica, Investigador de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca. Magister en Administración de la Energía y sus Fuentes Renovable del Tecnológico de Monterrey. Coordinador el semillero y la línea en Gestión Energética, asociada al grupo GITA (Grupo de investigación en Tecnología y Ambiente) de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca.  
Correspondencia: julio.mosquera.b@uniautonoma.edu.co

**Juan Pablo Diago Rodríguez:** Docente del programa de ingeniería Electrónica e Investigador de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca. Ingeniero en Automática industrial, Universidad del Cauca. Magister en Sistemas Mecatrónicos, Universidad de Brasilia UnB. Coordinador semillero de sistemas embarcados de automatización y control asociada al grupo GITA (Grupo de investigación en Tecnología y Ambiente) de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca.  
Correspondencia: juan.diago.r@uniautonoma.edu.co

### Resumen

El propósito del presente trabajo de investigación consistió en implementar un sistema electrónico que permitiera monitorear el consumo de electricidad de los hogares a través de una aplicación móvil. Este se diseñó a base de productos comerciales de fácil consecución que establecen la medición, comunicación y transmisión de datos de las cargas eléctricas domiciliarias y las presenta en un dispositivo móvil mediante una página web o aplicación, proporcionando información sobre el consumo que se da en horas, días y semanas obteniendo resultados similares a los que presenta la factura suministrada por la empresa prestadora del servicio de energía eléctrica.

**Palabras claves:** Eficiencia energética, consumo eléctrico, ahorro energético, servicios web, Android Studio, aplicación móvil.

## Electrical Energy Management System For The Residential Sector Through A Mobile Application

### Abstract

*The purpose of this research work was to implement an electronic system that allowed monitoring the household electricity consumption through a mobile application. This was designed based on commercial products of easy achievement that establish the measurement, communication and transmission of data of household electric charges and presents them on a mobile device through a web page or application, providing information on consumption that occurs in hours, days and weeks obtaining results similar to those presented by the invoice provided by the company providing the electric power service.*

**Keywords:** *Energy efficiency, electric consumption, energy saving, web services, Android Studio, mobile app.*

### Introducción

La energía eléctrica siempre ha sido un tema importante en el desarrollo de los países, ya que además de posibilitar el desarrollo industrial (utilización de nuevas tecnologías que requieren de electricidad para su funcionamiento) el cual aporta a la economía de la sociedad, esta conforma uno de los factores que permite el acceso a los servicios de telecomunicaciones que facilitan la transmisión de conocimientos y la educación a distancia; asimismo suministra recursos para la generación e implementación de proyectos tecnológicos en los diferentes sectores productivos que conllevan a mejorar e innovar procesos, productos y servicios haciendo cada vez más que la calidad de vida de las personas aumente.

La preocupación de los países desarrollados por la seguridad del suministro energético, el cambio climático y la producción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como aportante principal a la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero, ha hecho que se presente la necesidad de incorporar elementos de competencia en la entrega y manejo de los servicios energéticos hacia una mayor eficiencia [1]. La Eficiencia Energética (EE) es el conjunto de acciones que permiten mejorar la relación entre la cantidad de energía utilizada para producir una cantidad determinada de productos y servicios finales, además se encarga de asegurar el abastecimiento energético, puesto que se sustenta en la adopción de nuevas tecnologías y buenos hábitos de consumo, con el fin de mejorar el manejo y uso de los recursos energéticos disponibles. Por lo tanto, se hace necesario implementar las políticas y estrategias contempladas en la ley 697 de 2001 y en el Plan de Acción Indicativo de Eficiencia Energética 2017 - 2022, para lo cual se requiere enfocar la forma como los usuarios finales gestionan el uso de la energía sin disminuir su calidad de vida. [1], [2], [3].

El ahorrar energía eléctrica equivale a disminuir el uso de los combustibles fósiles (fuentes susceptibles de agotamiento y que deterioran el medio ambiente) para la generación de electricidad, evitando de esta manera la emisión de gases contaminantes hacia la atmósfera; ahorrar y usar eficientemente la energía eléctrica así como contribuir con el cuidado del medio ambiente, no son sinónimo de sacrificar o reducir el nivel de bienestar o grado de satisfacción de las necesidades cotidianas, por el contrario, un cambio de hábitos y actitudes pueden favorecer una mayor eficiencia en el uso de este servicio, el empleo racional



de los recursos, la protección de la economía familiar y la preservación del entorno natural [3].

Actualmente en Colombia los contadores sólo ofrecen un resumen pormenorizado del consumo general del hogar, y su objetivo es meramente administrativo: rendir cuenta a la compañía eléctrica de cuál es la factura en función del consumo de todo el hogar. A mayor consumo, mayor el importe pagado por el usuario, por lo que se hace necesario un sistema de medición de consumo de energía eléctrica mediante una aplicación móvil que muestre la electricidad que se gasta en cada momento y ayude a tomar decisiones para concienciar y, por ende, a ser más respetuosos con la electricidad, colaborando así con la reducción de la contaminación y emisión de gases a la atmósfera, además de cooperar con el ahorro en la factura eléctrica, ayudar a controlar el gasto innecesario y aumentar la eficiencia energética.

## Metodología:

La metodología aplicada para la elaboración de este proyecto se dividió en 5 fases de desarrollo con sus respectivas actividades:

### 1. Fase Preparatoria

En esta fase se alcanzó las actividades encaminadas a la organización y planificación del estudio de las áreas temáticas. Las actividades específicas de esta fase fueron:

- Tipificación de las unidades conceptuales en el área de estudio planteada.
- Identificación de los componentes o núcleos temáticos comprendidos en la descripción de los objetivos.
- Definición por orden jerárquico de las áreas temáticas y sus respectivos núcleos.

Para este proyecto se definieron los siguientes componentes temáticos:

- **Componente Temático de Medición:** Componente encargado del estudio, desarrollo e implementación del hardware y software para la obtención, lectura y transmisión de las variables eléctricas.
- **Componente Temático de Aplicación Móvil:** Componente enfocado en el desarrollo de la aplicación móvil donde se visualizó datos estadísticos del consumo energético.
- **Componente Temático Plan Energético:** Componente encargado de las notificaciones y recomendaciones para el uso racional y eficiente de la energía eléctrica.

### 2. Fase Descriptiva

Esta fase abarcó aquellas actividades encaminadas a la recolección, identificación y estudio de los elementos clave de cada área temática. Las actividades específicas de cada uno de los componentes temáticos fueron:

#### Componente Temático de Medición

- Identificación de los dispositivos electrónicos de medición de consumo de energía en la actualidad.
- Definición de los componentes necesarios para el diseño del sistema electrónico.
- Verificación del correcto funcionamiento de los sensores, módulos de comunicación e instrumentos de medición de la electricidad.
- Comprobación de la exactitud de los datos medidos por el dispositivo.
- Estudio y clasificación de los sistemas de recopilación, almacenamiento, clasificación y distribución de datos.
- Estudio y clasificación de diferentes protocolos de comunicación.

#### **Componente Temático de Aplicación Móvil**

- Estudio y clasificación de dispositivos móviles y sus sistemas operativos.
- Identificación y clasificación de las diferentes alternativas en aplicaciones móviles para sistemas de monitoreo energético.

#### **Componente Temático Plan Energético**

- Estudio e identificación de comportamientos de consumo de energía residencial con el objetivo de preparar acciones correctivas por medio de alarmas.

### **3. Fase Interpretativa Por Núcleos Temáticos**

Esta fase comprendió las actividades orientadas al análisis y síntesis de los elementos clave en cada uno de los componentes temáticos para la interpretación del conocimiento. Las actividades específicas de cada uno de los componentes fueron:

#### **Componente Temático de Medición**

- Definición de las variables a tratar en el sistema de monitoreo energético.
- Definición de la estructura de almacenamiento y distribución de la información. (servidor)
- Elección del protocolo con la estructura de trama de datos más factible para la transmisión de estos.
- Detección de posibles fallas o errores a la hora de transmitir o recibir las tramas de datos.

#### **Componente Temático de Aplicación Móvil**

- Elección de un entorno viable para el desarrollo de la aplicación móvil.
- Definición de los requerimientos mínimos de los equipos móviles donde se instalará la aplicación.
- Definición del entorno gráfico y lógico de la aplicación móvil.

#### **Componente Temático Plan Energético**

- Organización y visualización de los datos obtenidos mediante la medición para generar reportes de consumo diario de energía
- Generación de alarmas pertinentes de acuerdo a un consumo energético específico.

### **4. Fase De Construcción Teórica Global**

En esta fase se especificó las actividades que enmarcan la generación de nuevos conocimientos para la elaboración del contenido científico del proyecto, teniendo como base

el área y los componentes temáticos. Las actividades específicas de cada uno de los componentes son:

#### **Componente Temático de Medición**

- Implementación de los módulos de captura y envío de variables eléctricas a la base de datos.

#### **Componente Temático de Aplicación Móvil**

- Desarrollo, identificación y corrección lógica y gráfica de la aplicación móvil.

#### **Componente Temático Plan Energético**

- Elaboración de un sistema de notificación de alertas.
- Presentación gráfica de tips para el ahorro energético en el hogar.

### **5. Fase De Extensión Y Publicación**

Esta fase abarcó las actividades orientadas a la presentación de los resultados en forma escrita. Las actividades específicas son:

- Análisis y síntesis de los resultados de las actividades planteadas.
- Comunicación con el director del proyecto para entrega de avances e informes.
- Elaboración del documento final.
- Revisión de los entregables

### **Diseño E Implementación Del Sistema**

Se realizó el diseño de dos sistemas, uno principal que va conectado directamente a la caja de breakers de la vivienda, después del medidor instalado por la compañía prestadora del servicio de energía (Compañía Energética de Occidente) con el objetivo de conocer y comparar el consumo eléctrico total de las cargas conectadas (Luces, Electrodomésticos, etc.), con el consumo cobrado en la factura de energía eléctrica mes a mes; por otra parte, se diseñó un sistema portátil con las mismas características de programación hardware y software, además de la conexión con servicios web Iot, aunque se cambió el dispositivo esclavo por una tarjeta Arduino Nano que no obtiene las mediciones de los parámetros eléctricos por parte de un medidor comercial, sino que las realiza utilizando diferentes componentes electrónicos y la librería "EmonLib.h" disponible para las tarjetas de desarrollo Arduino. Este sistema permite monitorear el consumo eléctrico discriminado por las cargas específicas que sean enchufadas.

Se utilizó un medidor monofásico de la marca Easton, el SDM230 que mide varios parámetros eléctricos importantes y proporciona un puerto de comunicación para lectura y monitoreo remoto. La adquisición de los datos del medidor Easton se hizo mediante la interacción entre dos partes, hardware y software.

Se empleó el módulo RS485 a Serial TTL el cual tiene acceso a todos los pines del chip MAX485 y tiene todos los componentes adicionales para su correcto funcionamiento. Este permite establecer la comunicación con Arduino mega 2560 y mediante la conexión del circuito electrónico y la configuración de los parámetros, registros y funciones adecuados para lectura de los datos con la librería SimpleModbusMasterSDM120.h se pueden obtener las variables de energía eléctrica, como lo son: voltaje, corriente, potencia activa, potencia

reactiva, potencia aparente, frecuencia, factor de potencia y energía tanto activa como reactiva.

Para el envío de toda la información a internet fue necesario la utilización de un dispositivo que permitiera esta conexión, por lo que se hizo pertinente la comunicación entre el Arduino mega2560 y el módulo wifi Nodemcu esp8266, el protocolo de comunicación escogido para este fin fue el protocolo I2C. El Nodemcu como cliente permitió al dispositivo conectarse a un servidor externo y poder enviar o pedir información, en este caso se utilizaron los servicios de hosting de la plataforma IFastNet para alojar todos los recursos necesarios para el funcionamiento de la página web y la Api Rest para el consumo de los datos desde la aplicación Android.

Los datos enviados desde el hardware desarrollado son recibidos, procesados y almacenados por el servidor externo IFastNet en la base de datos MySQL, mediante el método POST al archivo enviardatos.php; además de esto el servidor se encarga de gestionar las peticiones de los clientes a las diferentes rutas para acceder a la página web, por lo que se diseñan las funcionalidades de registro y login de usuarios, dashboard y visualización de parámetros eléctricos (estos se actualizan cada 3 segundos). Cabe señalar que se realizó la conexión del hardware con diferentes plataformas software que se utilizan para gestionar y comunicar dispositivos IoT, entre las cuales inicialmente está el broker CloudMQTT, los servicios web de IFTTT, la plataforma thingspeak y el servicio web de hojas de cálculo de Google (Google Spreadsheets).

Los sistemas diseñados basan su funcionamiento en elementos electrónicos de bajo costo y con base en ellos se realizó el diseño PCB de los sistemas en el software Proteus y su herramienta ARES, después se hizo el ensamble de sus componentes electrónicos; cabe resaltar que las estructuras para los dos sistemas fueron realizadas utilizando la tecnología de impresión 3D.

La aplicación móvil desarrollada para este sistema de gestión de energía eléctrica permite al usuario del sector residencial realizar las siguientes tareas:

- Ver las mediciones de los parámetros eléctricos de las cargas a través de gráficas que permiten interpretar mejor determinada información, haciéndola más entendible y proporcionando una idea generalizada de los resultados.
- Realizar consultas de los datos en diferentes fechas y horas del día.
- Enterarse de cómo ahorrar energía eléctrica por medio de consejos e imágenes explicativas.
- Recibir notificaciones push (mensajes instantáneos) de noticias o nuevos consejos y tips de ahorro energético.
- Visualizar el estado y mediciones de los sistemas de gestión portátiles que tenga asociados.
- Consultar el gasto monetario en pesos (\$) en relación al consumo en kWh.
- Proporcionar el control del encendido o apagado de las cargas que estén conectadas a las salidas relé de los sistemas desarrollados.

Esta aplicación móvil fue desarrollada con el entorno de Android Studio, el cual que posee potentes herramientas de edición de código, además, contiene una interfaz de usuario que es construida o diseñada previamente, con variados modelos de pantalla, donde en ella los elementos existentes pueden ser desplazados; también, consta de un análisis de código

que destaca los errores de forma inmediata, y proporciona una solución más rápida para estos [4].

La página y servicio web desarrollados para este proyecto que ha sido denominado SIMEE (Sistema Inteligente de Medición de Energía Eléctrica) fueron resultado de la implementación de diferentes tecnologías y software de desarrollo web como lo son JavaScript, Html, Css ,Php, Visual Studio Code, Github, tanto para el Frontend como el Backend y se puede ingresar desde la siguiente URL: <http://espeureka.epizy.com/>

## RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante la implementación hardware y software del sistema de gestión de energía eléctrica para los usuarios del sector residencial.

Los sistemas (principal y el portátil) se instalaron en una vivienda familiar del barrio colina campestre de la ciudad de Popayán, la casa es de dos pisos con instalación eléctrica monofásica, cuenta con 3 habitaciones, 2 baños, sala, comedor, cocina, patio y garaje.

La casa cuenta con alrededor de 10 elementos electrónicos: 2 televisores, 2 computadores de escritorio, 1 equipo de sonido, 1 nevera, 1 impresora 3d, 1 lavadora, 1 router, 1 mini componente; 10 bombillos (Lámparas incandescentes y tubos led), unos constantemente funcionando y otros esporádicamente conectados, pero de igual manera se les hizo el reconocimiento de consumo energético mediante el medidor Eastron y el sensor de corriente no invasivo utilizando la conexión de la figura 5 y haciendo el siguiente procedimiento de experimentación:

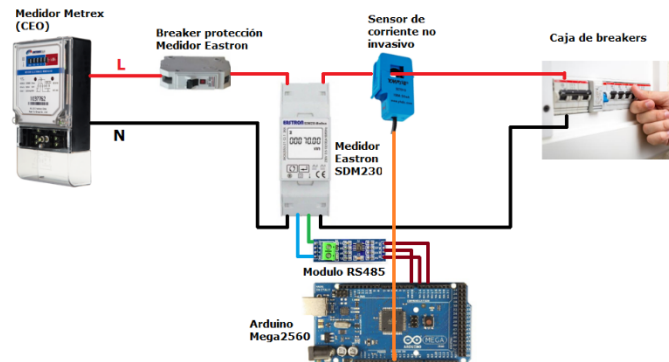


Figura 1: Conexión del sensor de corriente no invasivo.

**Procedimiento 1:** Apagar todos los dispositivos electrónicos y testear cuánto consume cada uno elemento con ambos sistemas. En las tablas 1, 2 se presentan las mediciones que se obtuvieron.

	Medidor Sdm230 (A)	Sensor no Invasivo (A)	Potencia Activa(W)
Modem	0,12	0,10	12
Bombillo incandescente	0,44	0,41	52
Bombillo ahorrador	0,30	0,29	35

2 bombillos	0,66	0,65	81
Computador	0,65	0,63	79
Plancha	8,51	8,29	1040
Secador	2,76	2,74	342
Fotocopiadora	10,58	10,41	1299
Nevera	1,80	1,76	215
Smart Tv 55"	1,50	1,47	181

Tabla 1: Mediciones del Sistema principal.

	Sensor no Invasivo (A)	Potencia Activa(W)
Bombillo incandescente	0,43	50
Bombillo Ahorrador	0,30	35
2 bombillos	0,65	81
Computador	0,63	78
Plancha	8,13	1025
Secador	2,73	334
Fotocopiadora	10,63	1303
Nevera	1,78	211
Smart Tv 55"	1,47	179

Tabla 2: Mediciones del Sistema portátil.

Los resultados de ambos sistemas que se muestran en la tabla 1 tienen correlación y se obtiene un porcentaje de similitud del 95,7% con un error del 4,3%, estos se obtuvieron tomando como referencia los datos del medidor comercial EastonSDM230, comparándolos con las mediciones del sensor no invasivo.

Adicionalmente se realizó la comparación entre las mediciones del sistema principal VS el sistema portátil haciendo uso de los datos de las tablas 1 y 2 en donde se puede concluir que se tiene un porcentaje de similitud del 98% y un porcentaje de error del 2% entre los dos sistemas.

**Procedimiento 2:** Tomar mediciones de diferentes cargas de forma simultánea.

En las figuras 2, 3, 4 se muestra una de las mediciones que se realizó en forma simultánea, el secador y el computador.



Figura 2: Medición- secador, computador.

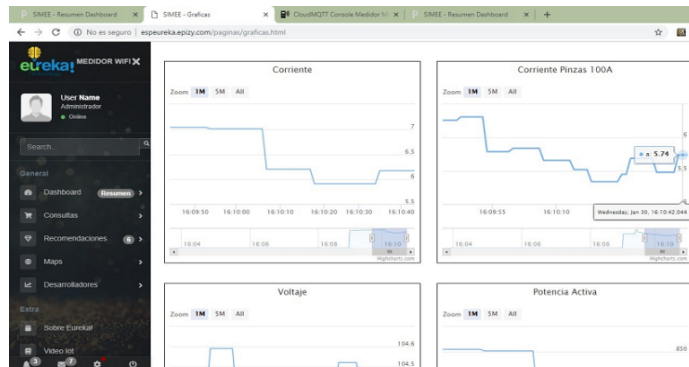


Figura 3: Página web- nevera, secador, bombillo ahorrador, smart Tv

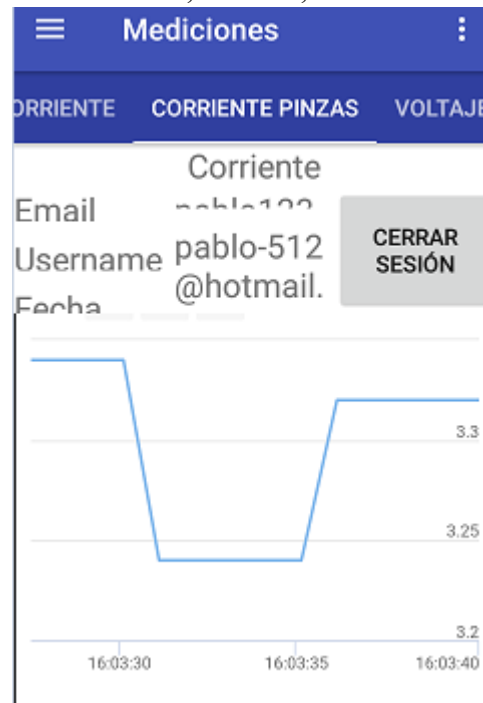


Figura 4: Aplicación móvil- secador, computador.

Las mediciones obtenidas por la salida de pulsos del contador de la compañía energética de occidente al conectar como carga un secador, arrojaron un resultado similar con una diferencia del 1% al que se obtiene por parte del medidor Eastron SDM230 como se evidencia en la tabla 1.

**Procedimiento 3:** Se realiza la comparación entre las mediciones obtenidas mes a mes por la factura eléctrica de la empresa prestadora del servicio, la compañía energética de occidente y el sistema principal de la siguiente manera:

1) Se compara la facturación del servicio de energía eléctrica del periodo de consumo comprendido entre las fechas 03 de febrero del año 2019 y 04 de marzo del año 2019 y los datos del sistema principal implementado, en la factura el consumo eléctrico es de 159 Kwh por un valor de \$96,700, por otro lado de acuerdo a los datos del medidor Eastron SDM230 el consumo eléctrico es de 159.47 Kwh por un valor de \$96,545, lo cual da la diferencia de 0.47 Kwh por un valor de \$284,5.

2) Se compara la facturación del servicio de energía eléctrica del periodo de consumo comprendido entre las fechas 04 de enero del año 2019 y 02 de febrero del año 2019 y los datos del sistema principal implementado, en la factura del mes de Enero del 2019 el consumo eléctrico es de 175 Kwh por un valor de \$102,700, por lo otro lado de acuerdo a los datos del medidor Eastron SDM230 el consumo eléctrico es de 164.09 Kwh por un valor de \$95,444.58, lo cual da la diferencia de 11Kwh por un valor de \$6,398.

## Conclusiones

- Se implementó un sistema electrónico para el monitoreo remoto de los parámetros eléctricos presentes en un hogar residencial, esto mediante una aplicación móvil que permite al usuario además de tener esta supervisión realizar un control ON/OFF de las cargas conectadas lo cual permite reducir considerablemente el consumo de standby entre el 5% y 10% en los hogares.
- Los protocolos de comunicación utilizados para el presente proyecto demuestran la capacidad de comunicación bidireccional de los dispositivos con las plataformas de visualización y control desarrolladas, esto permite tener una buena flexibilidad para el manejo de estos datos y la información presentada al usuario.
- La utilización tanto de la plataforma web como aplicación móvil han permitido corroborar los datos de consumo de energía eléctrica de diferentes dispositivos electrónicos, por ejemplo, plancha de ropa, bombillos, televisores, nevera, lavadora, impresora 3d y fotocopiadora, como se muestra en los resultados del presente proyecto, para de esta manera poder tomar acciones de ahorro energético en determinados momentos del día.
- Se desarrolló e implementó la base de una plataforma IOT propia para la recepción y visualización de los datos obtenidos del hardware, lo cual permite integrar muchos más dispositivos y escalar el proyecto a diferentes soluciones inmersas en las tendencias tecnológicas del internet de las cosas, esto puede ser evidenciado ingresando a la siguiente URL: <http://espeureka.epizy.com/Dashboard.html>.
- La aplicación móvil desarrollada permite al usuario del sector residencial realizar las siguientes tareas: ver las mediciones de los parámetros eléctricos de las cargas a través de gráficas que permiten interpretar mejor determinada información, haciéndola más entendible y proporcionando una idea generalizada de los resultados; realizar consultas de los datos en diferentes fechas y horas del día; enterarse de cómo ahorrar energía eléctrica por medio de consejos e imágenes explicativas; recibir notificaciones push (mensajes instantáneos) de noticias o nuevos consejos y tips de ahorro energético; visualizar el estado y mediciones de los sistemas de gestión



portátiles que tenga asociados; consultar el gasto monetario en pesos (\$) en relación al consumo en kWh y proporcionar el control del encendido o apagado de las cargas que estén conectadas a las salidas relé de los sistemas desarrollados.

- La verificación de los parámetros eléctricos ha permitido personalmente tomar mejores decisiones y configurar de una manera más precisa y real el costo por hora del servicio de impresión 3d ya que las plataformas desarrolladas permiten verificar el tiempo de trabajo y consumo eléctrico para de esta manera ofrecer precios competitivos y concretos sin incurrir en pérdidas monetarias.
- Con el desarrollo de este proyecto se aprendió a utilizar diferentes tecnologías de programación hardware y software para la implementación del Frontend y Backend del proyecto, esto permite ampliar nuestros conocimientos y capacidades personales y profesionales para la creación de nuevas soluciones tecnológicas web y móvil.
- La programación OTA abre la posibilidad de programar los dispositivos inalámbricamente, un punto a favor para el desarrollo de soluciones de IOT que tengan que ser instaladas en lugares difíciles de acceder para su programación manual.
- La plataforma IFTTT abre un mundo de posibilidades de interconexión y automatización mediante su configuración de recetas con diferentes servicios web, esto genera oportunidades para la ejecución de tareas y acciones predeterminadas o reacciones a eventos obtenidos por parte de los desarrollos hardware.

## Referencias

- [1] Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero-Energética-, «UPME,» [En línea]. Available: [http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/MarcoNormatividad/Pai\\_Proure\\_2017-2022.pdf#search=Pai\\_Proure\\_2017-2022](http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/MarcoNormatividad/Pai_Proure_2017-2022.pdf#search=Pai_Proure_2017-2022). [Último acceso: 08 05 2018].
- [2] Congreso De Colombia, «Colciencias,» 03 10 2001. [En línea]. Available: <http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/reglamentacion/ley-697-2001.pdf>. [Último acceso: 06 07 2017].
- [3] C.G Zapata Garza, A. Uribe Durán y M. Demmler «La eficiencia energetica como ventaja competitiva empresarial sostenible en Mexico,» *Daena: International Journal of Good Conscience*, vol. 2, n° 12, pp. 67-89, 2017.
- [4] Android, «Android Studio,» [En línea]. Available: <https://developer.android.com/studio/intro/>. [Último acceso: 20 08 2018].
- [5] Unidad de Planeación Minero-Energética, «UPME,» 01 2015. [En línea]. Available: [http://www.upme.gov.co/Docs/PEN/PEN\\_IdearioEnergetico2050.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/PEN/PEN_IdearioEnergetico2050.pdf). [Último acceso: 28 03 2018].
- [6] M. Zito, «La Sustentabilidad de Internet de las Cosas,» Centro de estudios en diseño y comunicación, n° 7, pp. 37-44, 2018.
- [7] D. Meana Llorián, C. González García, B. C. Pelayo García-Bustelo, J. M. Cueva Lovelle y V. H. Medina Garcia «IntelliSenses: Sintiendo Internet de las Cosas,» *CISTI*, vol. 1, n° 6, pp. 226-231, 2016.

- [8] Y. Betancor Caro, «“Sistema doméstico de monitorización del consumo,» San Cristobal de la Laguna- España, 2014.
- [9] D. I Samaniego Idrovo y D.F Velesaca Orellana, «Diseño e Implementación de Un Medidor De Energía Electrónico Para Vivienda, Con Orientación A La Prevención De Consumo Y Ahorro Energético.,» Cuenca-Ecuador, 2016.
- [10] V.E Carbonero, «Monitorización del consumo eléctrico de un hogar: Procesado de datos mediante Arduino,» Pamplona-España, 2015.
- [11] R. J. Castro Tenorio, «Desarrollo e Implementación de una Aplicación para Dispositivos Móviles, con Sistemas Operativo Android, para el Control de Luminarias y Monitoreo de Consumo de Energía Eléctrica de una Vivienda,» Guayaquil-Ecuador, 2016.
- [12] L.G de la Cruz Puebla, «Aplicación Android para Medición Inteligente de Energía Eléctrica en Usuarios Residenciales Urbanos,» Quito-Ecuador, 2015.
- [13] S. Alemany Ibor, «Desarrollo de una Aplicación para la consulta de consumo eléctrico a través de dispositivos móviles,» Valencia-España, 2014.
- [14] O. Gonzales, A. Pavas y S. Sánchez, «Cuantificación del ahorro de energía eléctrica en clientes residenciales mediante acciones de gestión de demanda,» UIS Ingenierias, vol. 16, nº 2, pp. 217-226, 2017.
- [15] J.P Lozano Celis y W.C Guzmán Espitia, «Evaluación de Demanda de Energía Eléctrica según Hábitos de Consumo Actuales en la Ciudad de Bogotá,» Bogotá-Colombia, 2016.
- [16] I. M. Ferreras Astorqui, «Sensor Iot Para Monitorización De Consumo De Energía En Continua,» Madrid-España, 2016.
- [17] G. Guacaneme Valbuena y D. A Pardo Agudelo, «Diseño E Implementación De Un Sistema De Medición De Consumo De Energía Eléctrica Y Agua Potable Remoto Con Interacción Al Usuario Basado En El Concepto “Internet De Las Cosas”,» Bogotá-Colombia, 2016.
- [18] A. Marín Parra, «Desarrollo de herramientas software para facilitar la gestión de la demanda de energía eléctrica: aplicación a usuarios residenciales,» Cartagena-Colombia, 2014.
- [19] D. M. Ruiz Martínez, Diseño De Un Sistema En Cloud Para Controlar Dispositivos Iot Vía Internet, Bogotá, 2016.
- [20] R. Loureiro Garrido, Pfc Estudio Plataformas Iot, 2015
- [21] MathWorks, «Thingspeak,» MathWorks, 1994-2018. [En línea]. Available: <https://www.mathworks.com/help/thingspeak/>. [Último acceso: 20 06 2018].
- [22] CloudMQTT, «CloudMQTT,» [En línea]. Available: <https://www.cloudmqtt.com/docs-faq.html>. [Último acceso: 10 06 2018].
- [23] Organización de Consumidores y Usuarios, «OCU.ORG,» [En línea]. Available: <https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/nc/calculadora/consumo-en-stand-by>. [Último acceso: 08 05 2018].
- [24] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, «IDAE,» [En línea]. Available:

- [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Documentacion\\_Basica\\_Residencial\\_Unido\\_c93da537.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf). [Último acceso: 08 05 2018].
- [25] J. E. Barrera Zapata, «Monitor de Energía Eléctrica con Interface Inalámbrica para Sistema Monofásico,» Pereira-Colombia, 2016.
- [26] C. Garcia Salvador, «Implementación de Analizadores de Protocolos de Comunicaciones SPI, I2C,» Madrid-España, 2014.
- [27] D. Lizárraga Osuna, «Sistema de administración de energía utilizando Internet de las Cosas (IoT),» Monterrey- Mexico , 2018.
- [28] J. D. Serrano Andrés, «Diseño, Implementación e Integración de un Sistema de Medición de Variables de Entorno en un Sistema Iot con Software y Hardware Libre,» Valencia-España, 2016.
- [29] Ministerio de Minas y Energía-Unidad de Planeación Minero-Energética, Proyección de la Demanda de Energía Eléctrica y Potencia Máxima en Colombia, Bogotá, 2016.

## Foro 5: Experiencias significativas en la industria y aplicaciones de las TIC para un mejor vivir

<p><b>Juan Camilo Becerra Valencia Jose Luis Hernández Hoyos</b></p>	<p><b>MOMCARE – cuidado de la madre y atención al embarazo adolescente</b> Institución Universitaria De Envigado Envigado, Medellín</p>
<p><b>Nicolás Cárcamo Hormazábal</b></p>	<p><b>Cambio organizacional cultural de la empresa frente a los avances tecnológicos</b> Universidad De Concepción Concepción, Chile</p>
<p><b>Diego León Sepúlveda Mejía Gladis Helena Vásquez Echavarría Alexander Longas Restrepo</b></p>	<p><b>Diagnóstico de las condiciones de seguridad asociadas a la operación de calderas pirotubulares en empresas ubicadas en los valles de San Nicolás y de Aburrá</b> Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid Medellín, Colombia</p>
<p><b>Nicolas Mauricio Escobar Narváez Javier Felipe Fierro Motta Carlos Fernando Luna Carlosama Jorge Andrés Carvajal Ahumada Alfaro Tandioy Fernández</b></p>	<p><b>Metodología para optimizar el proceso de producción panelero: caso de estudio (Santa María, Huila)</b> Servicio Nacional De Aprendizaje SENA Huila, Colombia</p>
<p><b>Andres Felipe Rodríguez Hernández</b></p>	<p><b>La administración de sistemas informáticos: la formación para los futuros CIO'S de las organizaciones</b> Universidad Nacional De Colombia – Sede Manizales Manizales, Colombia</p>

## Diagnóstico de las Condiciones de Seguridad Asociadas a la Operación de Calderas Piro-tubulares en Empresas Ubicadas en los Valles de San Nicolás y de Aburrá

Diego León Sepúlveda Mejía, Gladis Helena Vásquez Echavarría, Alexander Longas Restrepo, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Colombia

**Diego León Sepúlveda Mejía:** Magíster en Salud Ocupacional de la Universidad de Antioquia; Especialista en Gestión Energética Industrial del Instituto Tecnológico Metropolitano; Ingeniero en Instrumentación y Control del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid; Tecnólogo en Mecánica del Instituto Tecnológico Pascual Bravo. Actualmente se desempeña como profesor de tiempo completo e investigador en el área de Salud y Seguridad en el Trabajo en la Facultad de Ingenierías del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Se ha desempeñado como asesor independiente en prevención de riesgos laborales para diferentes ARLs; y como docente universitario en diferentes instituciones universitarias. También se ha desempeñado en el área de mantenimiento en el sector industrial en diferentes empresas del sector metalmeccánico en la ciudad de Medellín.

**Correspondencia:** [dlsepulveda@elpoli.edu.co](mailto:dlsepulveda@elpoli.edu.co)

**Gladis Helena Vásquez Echavarría:** Executive MBA de la Escuela de Administración de Empresas EAE- Barcelona-España, Magister en Gestión de Tecnologías de la Información(c), Especialista en Gerencia y Gerencia de Mercadeo, Ingeniera de Sistemas. Docente Investigador de la Facultad de Ingenierías del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid–Medellín, Colombia. Las áreas de interés de investigación y trabajo son gestión de proyectos, ingeniería de software, gestión del conocimiento, arquitectura de software.

**Correspondencia:** [ghvasquez@elpoli.edu.co](mailto:ghvasquez@elpoli.edu.co)

### **Alexander Longas Restrepo:**

Magister en dirección estratégica, Orientación: Gestión Integrada de Medio Ambiente, Calidad y Prevención; Ingeniero Sanitario; Ingeniero Higiene y Seguridad Ocupacional. Actualmente se desempeña como Docente de tiempo completo en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid (Medellín – Colombia); ha sido Docente universitario en programas de posgrado.

Cuenta con más de 12 años de experiencia como jefe de procesos de seguridad, salud, higiene y medio ambiente en diferentes sectores económicos. También cuenta con experiencia como higienista y consultor en el diseño, fabricación y montaje de sistemas de control, entre otros: sistemas de ventilación industrial, equipos de limpieza de aire, riesgo químico, ruido industrial y ambiental, sistemas de gestión de seguridad, salud, higiene, medio ambiente y calidad.

**Correspondencia:** [alexanderlongas@elpoli.edu.co](mailto:alexanderlongas@elpoli.edu.co)

## Resumen

Este trabajo permite determinar las condiciones de seguridad en la operación de las calderas pirotubulares en empresas ubicadas en los Valles de San Nicolás y de Aburrá; la seguridad se determina al aplicar el software SOSCAL, desarrollado como trabajo de grado de un estudiante de Ingeniería Informática. Se evaluarán los puestos de trabajo de las calderas que usan carbón, aplicando una encuesta a los calderistas, y se realizarán las mediciones ambientales relacionadas con material particulado, ruido, iluminación, y calor.

Al identificar los riesgos relacionados con la operación de estas calderas se proponen medidas de mitigación y control para estos, al tomar como punto de partida las recomendaciones que da el software, y los resultados de las mediciones realizadas de algunas variables físicas implícitas en este proceso, para precisar la identificación de los riesgos que puedan estar afectando a los calderistas. Con los resultados analizados se propondrá un protocolo para mitigar y controlar los riesgos asociados a la operación de estas calderas.

Se espera que con los hallazgos de este proyecto las empresas afiliadas a algunas corporaciones gremiales de las regiones del Valle de San Nicolás (Asocolflores), y del Valle de Aburrá (Corporación Empresarial Pro Aburrá Norte) que participan en el proyecto, las autoridades ambientales, y el Ministerio de Trabajo, tomen las medidas de control necesarias para prevenir posibles accidentes y enfermedades laborales que puedan ocasionar estos equipos a presión.

**Palabras Claves:** Calderas, Seguridad, Higiene, Riesgos, SOSCAL

### ***Diagnosis of the safety conditions associated with the operation of pirotubular boilers in companies located in the San Nicolas and Aburra Valleys***

#### **Abstract**

*This work allows to determine the safety conditions in the operation of the pyrotubular boilers in companies located in the San Nicolás and Aburrá Valleys; Security is determined by applying the SOSCAL software, developed as a degree work of a Computer Engineering student. The jobs of the boilers that use coal will be evaluated, applying a survey of the boilers, and environmental measurements related to particulate matter, noise, lighting, and heat will be carried out.*

*When identifying the risks related to the operation of these boilers, mitigation and control measures are proposed for these, taking as a starting point the recommendations given by the software, and the results of the measurements made of some physical variables implicit in this process, to specify the identification of the risks that may be affecting calderistas. With the analyzed results, a protocol will be proposed to mitigate and control the risks associated with the operation of these boilers.*

*It is expected that with the findings of this project the companies affiliated with some trade unions of the regions of the San Nicolás Valley (Asocolflores), and the Aburrá Valley (Pro Aburrá Norte Business Corporation) that participate in the project, the environmental authorities, and the Ministry of Labor, take the necessary control measures to prevent possible accidents and occupational diseases that may cause this pressure equipment.*

**Keywords:** Boilers, Safety, Hygiene, Risks, Soscal

## Introducción

Las calderas como artefactos sometidos a alta presión y temperatura requieren garantizar unas óptimas condiciones de seguridad en su operación y mantenimiento, con el fin de disminuir los riesgos relacionados con estos equipos, porque en caso de presentarse una mala operación, sus consecuencias pueden afectar la integridad funcional de la empresa, y ocasionar serios accidentes o enfermedades laborales.

Adicionalmente las calderas a carbón tienen mayor impacto ambiental negativo cuando no se controlan aspectos relacionados con la combustión, el tratamiento de emisiones, y la disposición de las cenizas de dicho proceso de combustión. El desconocimiento en la operación de las calderas puede tener como consecuencia desde su ineficiente operación hasta una explosión o implosión, con la generación de un alto impacto negativo en el desarrollo de las operaciones de las empresas que puedan ser afectadas.

Un factor desencadenante de todo lo anterior podría deberse a la ausencia de una legislación relacionada con la operación segura de las calderas, que no permite que haya un control de los riesgos de salud y seguridad en la operación de estos equipos. Esta falta de control se extiende a los departamentos y sus regiones, que tampoco cuentan con una normatividad específica para estos equipos que garantice su operación segura, como si se tiene en el aspecto ambiental, que están regulados desde el nivel nacional, hasta el local o municipal, con las autoridades ambientales.

Las exigencias normativas están orientadas principalmente al cumplimiento de la normatividad ambiental existente, y el Ministerio de Trabajo no tiene la capacidad operativa y técnica de verificar la seguridad en la operación de estos equipos, pudiendo tener consecuencias catastróficas como las que hasta el momento se han presentado.

En Colombia no existe un organismo responsable de registrar y actualizar los reportes de incidentes y accidentes en las calderas, ya que esta información solo la registran las Administradoras de Riesgos Laborales (ARL), cuando resultan personas lesionadas que deben atender, o los departamentos de atención de desastres cuando se presenta un evento catastrófico en las calderas y son llamados para prestar atención a dicho evento, porque en algunos casos ni siquiera se les informa la emergencia presentada, la cual queda completamente desconocida por el subregistro de estos incidentes.

Según reporte del Ing. Carlos Lasarte, representante para Latinoamérica de ASME, informa que en el año 2016 se presentaron 18 accidentes con calderas (información recibida a través de las redes y correo electrónico), en varios países de Latinoamérica, con diferentes fatalidades y heridos graves, “hechos que se hubiesen podido evitar si se monitorea permanentemente la operación segura de las calderas, y se capacitan a los operadores de las mismas”. En muchos países de América Latina, y particularmente en Colombia, no se tiene

una normatividad específica para la operación de las calderas, como por ejemplo un reglamento técnico, o protocolo específico de operación segura.

En los últimos años en Colombia se han presentado explosiones de calderas con resultados catastróficos de muertes de trabajadores y afectación a la operatividad de las empresas, sin que hasta el momento se tenga un diagnóstico de los eventos presentados y de las medidas de control realizadas para evitar nuevamente su ocurrencia. El Estado aún no ha reglamentado la operación de estos equipos. Se tiene información por agencias de noticias nacionales sobre la explosión de calderas en los últimos años en las ciudades de Medellín, Manizales, Ibagué, Granada (Meta) , y Bogotá, con personas fallecidas y lesionadas.

Dado que se desconoce el estado de seguridad en la operación de las calderas de empresas ubicadas en los Valles de San Nicolás y de Aburrá, es fundamental saber cuál es el nivel de seguridad de las calderas en las empresas de esta región, con el fin de prevenir los riesgos que se puedan presentar y poder tomar las medidas de control pertinentes para mitigar las posibles consecuencias por una mala operación. Así mismo se espera aportar a la gestión del riesgo tecnológico generado por estos equipos, ya que el Área Metropolitana del Valle de Aburrá ha iniciado la gestión de la seguridad de manera tangencial, al expedir una norma que está orientada al mantenimiento y la operación de las fuentes fijas, entre ellas las calderas; esta norma es la Resolución Metropolitana 912 de 2017 “Por medio de la cual se adoptan medidas en el sector industrial que contribuyan al desarrollo de una gestión integral de la calidad del aire en la jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá”.

## **Metodología:**

### **Tipo de investigación:**

El tipo de investigación propuesta es descriptivo y transversal, dado que se describirán las condiciones de operación y seguridad de las calderas seleccionadas en un momento determinado.

Como fuentes de información primaria se tendrá la aplicación del software SOSCAL para identificar el nivel de seguridad de las calderas objeto de estudio, y la realización de una encuesta a los calderistas para identificar las actividades desarrolladas diariamente en la operación de las calderas, y posteriormente se realizarán mediciones en el puesto de trabajo para evaluar las condiciones del ambiente laboral al que están expuestos los operadores de las calderas.

La población seleccionada será de 20 empresas, 10 de ellas ubicadas en Valle de Aburrá afiliadas a la Corporación Empresarial Pro Aburrá Norte, y 10 empresas ubicadas en el Valle de San Nicolás, la gran mayoría afiliadas a la Asociación Colombiana de Exportadores de Flores, Asocolflores. Hasta el momento de esta publicación se ha aplicado el software en 12 de las 20 empresas seleccionadas.

Una vez identificadas las empresas, informadas y adquirido el compromiso respectivo por parte de la gerencia de la empresa, se socializó el estudio y se acordaron las fechas y cronograma de actividades a desarrollar, entre otras la aplicación del software SOSCAL, la



aplicación de la encuesta a los calderistas, y la realización de mediciones ambientales: ruido, material particulado, iluminación, calor, y estado del agua de la caldera.

A partir del análisis de la información recolectada se propondrá un protocolo para la operación segura de las calderas piro-tubulares a carbón, y se presentarán los respectivos informes a las empresas con las recomendaciones para el control de los riesgos encontrados, posteriormente se elaborará el informe final con los resultados.

También se diseñará y aplicará el plan de formación en seguridad en calderas a los responsables de su operación en las empresas, y se hará una socialización de los hallazgos con todas las empresas participantes.

### **Etapas y actividades**

**Etapas 1:** Diagnosticar el nivel de seguridad en las calderas seleccionadas mediante la aplicación del software SOSCAL

- 1.1 Selección de empresas y envío de comunicaciones
- 1.2 Aplicación del software SOSCAL
- 1.3 Informe y análisis de resultados de aplicación de SOSCAL
- 1.4 Diagnóstico del nivel de seguridad de las calderas

**Etapas 2:** Identificar las condiciones de seguridad en la operación de las calderas seleccionadas

- 2.1 Diseño de encuesta y aplicación de prueba piloto
- 2.2 Aplicación de encuestas a calderistas
- 2.3 Sistematización de encuestas
- 2.4 Realización de las mediciones de condiciones ambientales (ruido, iluminación, material particulado, calor, análisis de aguas de las calderas)
- 2.5 Sistematización de mediciones ambientales
- 2.6 Informe y análisis de resultados

### **Desarrollo Marco Teórico**

Caldera: Según la resolución 2400 de 1979, Estatuto de Seguridad Industrial en Colombia: “Se entiende por Caldera de vapor todo recipiente cerrado en el cual, para cualquier fin, se genera vapor a una presión mayor que la atmosférica”, (Art.456).

Seguridad y salud en el trabajo: “definida como aquella disciplina que trata de la prevención de las lesiones y enfermedades causadas por las condiciones de trabajo, y de la protección y promoción de la salud de los trabajadores. Tiene por objeto mejorar las condiciones y el medio ambiente de trabajo, así como la salud en el trabajo, que conlleva la promoción y el mantenimiento del bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las ocupaciones”

Higiene industrial: “es la ciencia de la anticipación, la identificación, la evaluación y el control de los riesgos que se originan en el lugar de trabajo o en relación con él y que pueden

poner en peligro la salud y el bienestar de los trabajadores, teniendo también en cuenta su posible repercusión en las comunidades vecinas y en el medio ambiente en general” (OIT).

Factor de Riesgo: son todas aquellas condiciones del ambiente, instrumentos, materiales, la tarea o la organización del trabajo que potencialmente pueden afectar la salud de los trabajadores o generar un efecto negativo en la empresa (MinProtección Social).

SOSCAL: El software de Seguridad en Calderas SOSCAL es un aplicativo informático que da cuenta de las condiciones de seguridad de las calderas pirotubulares, con base en la valoración de cinco dominios en una escala de 1 a 100, que tienen relación en cómo afecta cada dominio la seguridad de las mismas: mantenimiento, operación, capacitación, combustible y ambiental, y condiciones locativas (Sepúlveda, et al. 2018).

Su clasificación principal está determinada por la forma de circulación del agua internamente: pirotubulares cuando el fuego circula por los tubos, o acuotubulares, cuando es el agua la que circula por estos, garantizado este proceso por la transferencia de calor a través de los cuerpos metálicos que las componen. También se pueden clasificar por el rango de presión para el cual fueron construídas, siendo baja, media, o alta presión; o por el tipo de combustible usado, sólido, líquido, o gaseoso.

La seguridad es un elemento de vital importancia en la operación de las calderas debido a los peligros que conlleva la operación inadecuada de estos artefactos, como lo explica M. Bestraten y otros relacionados en Portuondo, la seguridad de los equipos, instalaciones, trabajadores, poblaciones aledañas a las instalaciones tecnológicas y del ambiente, debe garantizarse aplicando la prevención, y en este caso se aplicará la prevención con base en los resultados dados por el software SOSCAL, y las mediciones de las condiciones de higiene industrial a las que están expuestos los calderistas de las empresas seleccionadas, resultado de este proyecto de investigación.

Teniendo en cuenta el hecho de que las calderas ofrecen una fuente de energía, relativamente barata, “en los últimos años se ha incrementado la instalación de generadores de vapor por el potencial energético y la diversidad de aplicaciones que tiene el vapor de agua. Sectores como el hotelero, hospitalario e industrial han incrementado la demanda de dicho recurso en aplicaciones para el calentamiento de agua, cocción de alimentos, generación de electricidad, esterilización y otras.” Carrión (2018).

Si algo nos ha enseñado la termodinámica, es que hay que “pagar” un precio por la obtención de beneficios a cambio de usos de la energía. Sin considerar los aspectos ambientales relacionados, basta con pensar en los riesgos ocupacionales que implica el uso de las calderas, no solo en su uso en sí, sino en el cambio de condiciones en el ambiente laboral circundante. Un ejemplo de lo anterior se evidencia en la exposición a ruido, condiciones termohigrométricas, iluminación, material particulado, carga física, entre otros, a los que se exponen los operadores de calderas. Al respecto, en los cuartos de calderas existe una acumulación permanente de polvo en el ambiente, el cual debe ser medido para realizar análisis de riesgos; los cuartos de calderas requieren condiciones específicas de iluminación, las cuales se ven afectadas por el polvo que hay en el ambiente, de esta manera se podrían realizar comparaciones de variables entre cantidad de polvo y niveles de iluminación en el ambiente laboral; el ruido es una condición permanente en las calderas y será fundamental

realizar una caracterización de dichas fuentes, para poder proyectar las recomendaciones específicas de control, en el medio o en los operadores de calderas. Son tantos los riesgos a los que está expuesto un operador de calderas que, la organización internacional del trabajo publicó una ficha técnica para los operadores de calderas, donde se destacan los principales riesgos a los que están expuestos, entre los que se pueden destacar: caídas al mismo y a diferente nivel, incendios y explosiones, exposición a monóxido de carbono, salpicaduras de productos químicos, exposiciones a niveles de ruido excesivo (por encima de 94 dBA), exposición a estrés térmico debido a las altas temperaturas y condiciones de humedad del aire, exposición a hongos propiciados por las condiciones de temperatura y humedad descritas anteriormente, incluso riesgos psicosociales, causados entre otras cosas, por las relaciones interpersonales en la empresa, así como por la falta de capacitación y entrenamiento para el desempeño de esta labor.

Después de leer lo anterior, no debería haber duda alguna respecto a las condiciones de trabajo, muchas veces, adversas a las que se exponen los operadores de calderas. A propósito existen diferentes tipos de estudios relacionados con estas condiciones, tal como se puede apreciar en el estudio relacionado por Calle, A., & Alfonzo, F. (2016), en su Propuesta para el control de ruido ocupacional en el área de calderas del ingenio La Troncal, donde relaciona las condiciones de exposición a ruido de los operadores de calderas.

Es muy importante poder realizar una caracterización de estas condiciones con el fin de realizar las debidas comparaciones con los estándares existentes, específicamente los TLV's o valores límites permisibles.

Otros estudios, enfocados al análisis de las condiciones de exposición a estos agentes de riesgo, se relacionan a continuación, por ejemplo: Robalino Núñez, C. X. (2015). Estudio de las condiciones térmicas de trabajo de los operadores de calderas del hospital, Calderón Lavayen, M. J. (2019). Diseño del plan de mantenimiento de los equipos de caldera para prevenir los riesgos y evitar accidentes laborales en el Hospital Universitario de Guayaquil, Toro-Cataño, D. A., Ramírez-García, J., & Sepúlveda-Mejía, D. L. (2017). Riesgos ambientales y de seguridad en calderas a carbón de las pequeñas y medianas empresas «PYME», ubicadas en el municipio de Itagüí, Antioquia. Así, la lista es bastante extensa, en términos de estudios parecidos, donde se pretende demostrar la importancia del análisis de la exposición a diferentes factores de riesgo.

Para la calificación de estos dominios se responde un cuestionario que contiene preguntas relacionadas con la seguridad en cada dominio evaluado. La calificación la hace el algoritmo diseñado en el software, dando una ponderación a cada pregunta en los dominios respectivos; su rango de calificación está dado de la siguiente manera: de 0 a 65 es deficiente, de 66 a 81 es aceptable, de 82 a 94 es buena, y de 95 a 100 es excelente. Así mismo el algoritmo de este aplicativo da unas recomendaciones generales con base en la calificación de seguridad obtenida, y entrega además del reporte gráfico de los dominios, unas recomendaciones generales para el mejoramiento de las condiciones encontradas que son susceptibles de mejorar en cada uno de los dominios.

Este estudio pretende realizar varios análisis de exposición ambiental al que se encuentran los calderistas de las empresas seleccionadas, desde la percepción que tienen los calderistas

de la exposición a los riesgos en su entorno laboral, hasta las mediciones reales que se harán en este, para comparar dichas mediciones con las percepciones de los calderistas y verificar realmente los niveles de exposición luego de los valores obtenidos. Al evaluar el nivel de seguridad con base en la aplicación del software SOSCAL, y complementar los aspectos de seguridad con los de higiene que se midan se podrá de esta manera, realizar un aporte a la gestión en materia de seguridad y salud en el trabajo de las organizaciones que cuenten con estas máquinas en sus procesos productivos, generando mayor confiabilidad en las operaciones de las mismas. Quizá una de las propuestas a futuro sea ayudar en la discusión de una política pública para implementar un sistema nacional de registro de calderas, como existía antes de la década del 90, que el Instituto de Seguros Sociales (ISS), tenía un sistema nacional de vigilancia en calderas, similar al que existe en Venezuela (y otros países) en el que se registran los datos del centro de trabajo y las características de las calderas en dichas empresas (Inpsasel, 2019)

### **Resultados:**

Los resultados presentados hasta el momento están relacionados únicamente con la aplicación del software SOSCAL, y se ha aplicado en 12 empresas de los dos valles geográficos donde están ubicadas estas empresas, las cuales pertenecen a diferentes sectores económicos: químico, industrial, floricultor, agroforestal, y alimentos. La encuesta a los calderistas se ha aplicado a 15 de estos operadores, y se presentan los resultados generales de la percepción que tienen los calderistas acerca de sus condiciones en el entorno de la caldera.

Los resultados relacionados con la aplicación del SOSCAL muestran una calificación del nivel de seguridad BUENA del 33%, el 42% de ACEPTABLE, y el 25% restante de DEFICIENTE; de estas últimas llama la atención que los dominios de más baja calificación fueron la Capacitación y las Condiciones Locativas, más no los dominios de operación y mantenimiento que son los de mayor impacto en la seguridad, de acuerdo al instrumento definido en el aplicativo que inciden cada uno con el 30 % en la seguridad de las calderas.

En general, los dominios de más baja calificación coinciden con los de la calificación en las calderas que obtuvieron un nivel de seguridad deficiente, como son la capacitación y condiciones locativas, que en comparación a lo encontrado en el primer estudio realizado por uno de los autores sobre seguridad en calderas, en el que el nivel de seguridad en las calderas participantes fue DEFICIENTE en el 70 %, los dominios de más baja calificación fueron la Capacitación y la Operación, coincidiendo que la capacitación en los calderistas sigue siendo un asunto sin resolver por muchas empresas y muestra la falta de control por las autoridades gubernamentales.

Otros aspectos llamativos en relación con los datos obtenidos de la aplicación del SOSCAL asociados a la capacitación, es que el 50 % de las empresas no tienen un programa de reinducción a sus calderistas, y el 83% de estas no capacitan a los usuarios del vapor en la empresa, es decir, a los responsables de producción que son quienes usan y aplican los procesos de transferencia de calor que les permite el vapor en sus procesos productivos, y siendo estos quienes en algunos momentos del proceso productivo son los “gerentes” o máxima autoridad en la empresa, deberían tener la capacidad de tomar alguna decisión

importante con respecto a cualquier emergencia o situación anormal que se pueda presentar con la operación de la caldera o partes de la red de vapor.

Relacionado con la operación de la caldera, se ha encontrado hasta el momento de estos análisis que el 17% de las empresas participantes no tienen instructivo para la operación de la caldera, ni registran sus condiciones de operación, pudiéndose presentar condiciones llamativas en algún momento que pasan inadvertidas por no tener el registro de operación de las mismas. Igual porcentaje de empresas no verifican el corte por bajo nivel de agua de las calderas, ni verifican por sobrepresión las válvulas de seguridad, siendo estos aspectos de gran importancia en el aspecto preventivo, ya que dan confiabilidad en los posibles momentos que pueda empezar a fallar alguno de los componentes asociados con el nivel de agua, o la sobrepresión del vapor.

Con respecto al dominio Combustible y Ambiental, llama la atención que el 83% de las empresas no dan un tratamiento previo al agua de las calderas antes de ser descargadas a las aguas residuales; y el 58% disponen las purgas de fondos directamente al alcantarillado, y no en un tanque de descarga de purgas.

En el aspecto de Condiciones Locativas el 83% de las calderas no tienen muros resistentes alrededor de estas; el 58% no ha realizado un simulacro de evacuación por una emergencia en las calderas; el 50% no tienen un Procedimiento Operativo Normalizado (PON) para las calderas, así como el 42% no tiene el área de la caldera señalizada, y en el 33% no se tienen las tuberías y superficies calientes bien aisladas.

Con respecto a la aplicación de la encuesta al calderista y su percepción de los riesgos higiénicos que él considera que puede tener en su área, las calificaciones que se dan a continuación, de acuerdo al instrumento usado, en el cual se dan 5 niveles de valoración: MA= Muy Alto, A= Alto, M=Medio, B= Bajo, y N=Ninguno. En este aspecto se mencionan los ítems valorados por los calderistas como ALTO, y MUY ALTO, se encontró que el de mayor calificación que perciben los calderistas que los afecta es “La necesidad que siento de hacer uso de protección auditiva” con una calificación del 80%, siendo este aspecto del ruido el que piensan los calderistas es el que más les afecta. Durante las mediciones se prestará especial atención a las condiciones de las calderas, a los métodos de control empleados y la ubicación de la misma, respecto a si está ubicada dentro de un recinto o al aire libre. La pregunta sobre el uso de protección respiratoria muestra que el 73 % piensa en “La necesidad que siento de hacer uso de protección respiratoria”; y el 67% creen que el calor es elevado porque respondieron afirmativamente a la pregunta “El calor que siento en mi puesto de trabajo”. El 33% de los calderistas piensan en “La necesidad que siento de tomar un descanso durante mi jornada de trabajo”, una tendencia que se observó en esta pregunta, fue que mientras menos tiempo de experiencia tenían los operadores, menos necesidades manifestaban de tomar descansos y viceversa. Con el 27 % están los aspectos de cantidad de polvo en el ambiente, el ruido en el puesto de trabajo, la frecuencia de levantamiento de pesos mayores a 25 kg, y el requerimiento de iluminación artificial para realizar alguna tarea.

Un aspecto a destacar es el hecho de que las necesidades de trabajos en alturas, por parte de los operadores de calderas, son bajas, por ejemplo, el 75% de los encuestados respondió

que la frecuencia de trabajo en alturas es baja o nula, mientras que un 25% dice que es media. Este aspecto es muy importante desde el punto de vista de seguridad del calderista, puesto que trabajar en alturas en medio de ambientes ruidosos, calientes y con humedad elevada, no es una mezcla recomendable desde el punto de vista de la seguridad y la prevención de accidentes.

Respecto a preguntas relacionadas con la rutina del trabajo, el 92% de los encuestados lo consideran repetitivo o rutinario. Sin duda alguna, esta pregunta puede ser considerada como pregunta de control, puesto que es bien conocido el hecho de que este tipo de trabajos tiene una carga de monotonía muy alta. Los aspectos relacionados con la percepción del riesgo psicosocial, elementos de protección personal, y otros aspectos generales está pendiente de analizar.

### **Discusión de resultados:**

Se resalta que una de las limitaciones en esta investigación ha sido la dificultad en la aceptación de las empresas que se invitaron inicialmente, pero luego de la comunicación y firma de los convenios respectivos institucionales entre el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid y las corporaciones empresariales ASOCOLFLORES, y Pro Aburrá Norte, se logró la sensibilización y participación de sus empresas afiliadas con calderas a carbón, que es uno de los objetivos lograr impactar las condiciones de salud y seguridad en las calderas con este combustible, que es de mayor impacto para los trabajadores que las calderas con combustible a gas.

Con respecto a las respuestas dadas por los calderistas con respecto a la percepción de las condiciones en sus puestos de trabajo, coinciden las respuestas dadas por estos con el trabajo de tesis de la Universidad de Guayaquil (Sánchez, 2016) en el que realizaron mediciones de calor y ruido en operadores de calderas, y relacionados a las condiciones de calor encontraron niveles superiores a los permitidos por la normatividad ecuatoriana, que es similar a la nuestra, en el que las condiciones de calor a las que están expuestos los calderistas es por encima de los 30° C (TGBH 31.6 °C); en cuanto al nivel de ruido presente en el área se encontró que estaba en 85.8 dBA, y de acuerdo a nuestra normatividad también está por encima de lo permitido, que son 85 dBA para un tiempo de exposición de 8 horas. Un aspecto muy relevante de los niveles de ruido en calderas, es que este tipo de ruido es comparable con los de otros equipos, tales como: ventiladores, compresores, trituradoras de carbón, en los cuales estos niveles de presión sonora están muy cercanos a los 90 dBA, lo cual, en nuestro país, supera los límites permisibles (Kisu, 2006). Se espera contrastar estas mediciones reportadas en este estudio con la percepción de los calderistas, al realizar las mediciones de las condiciones en las calderas, que será parte de los resultados finales de esta investigación.

Co respecto a lo encontrado con el software SOSCAL, el nivel de seguridad DEFICIENTE lo alcanzó el 25% de las calderas objeto de estudio, aunque a pesar de ser un porcentaje alto con esta peligrosa condición, es similar al estudio por uno de los autores en 2018 (Sepúlveda, 2018) en el que el porcentaje de calderas con este nivel de seguridad fue del 24%, pero se podría decir que con relación al realizado en 2009 (Sepúlveda, 2009), si se ha mejorado notablemente porque en este último fue del 70% con nivel de seguridad

DEFICIENTE . Esto no puede establecerse a una causa en particular, pero si podría relacionarse con las exigencias que se están haciendo desde el Área Metropolitana del Valle de Aburrá con la expedición en de la Resolución 912 de 2017 (AMVA, 2017), asociada al registro de la operación y mantenimiento de las calderas en esta jurisdicción, que como se explicaba anteriormente, son los dos dominios que tienen mayor incidencia en la seguridad de las calderas. Se sugeriría elaborar un estudio comparativo para verificar en profundidad el posible impacto no solo en el aspecto ambiental, que es el espíritu de la mencionada resolución, sino en el aspecto de seguridad, y qué tanto ha sido el mejoramiento en los procesos de formación de los calderistas, porque sigue siendo crítica esta situación, ya que el 50% de las empresas no tienen programas de reinducción a los operarios de estos equipos.

## Conclusiones

Se determinó el nivel de seguridad de las calderas de las empresas utilizando el software SOSCAL, siendo una importante herramienta para la gestión de este riesgo tecnológico, ya que es de libre uso, y hasta el momento no se cuenta con una herramienta similar en la web, que dé una aproximación al nivel de seguridad y las recomendaciones asociadas con los hallazgos resultantes.

Con respecto a otros estudios donde se ha determinado el nivel de seguridad, podría decirse que ha mejorado con respecto al primero realizado, pero es muy similar a los resultados encontrados en el de 2018. Este instrumento se ha aplicado en diferentes momentos, y sectores económicos, y ha sido de ayuda a las empresas que lo han utilizado, porque han manifestado su aporte a la identificación y control de los riesgos relacionados con las calderas.

Como se ha demostrado en diferentes estudios, la capacitación es un aspecto muy importante en la prevención de riesgos, y particularmente en la operación segura de las calderas. Se espera que las empresas establezcan los requerimientos necesarios para las competencias que deben tener los operadores de estos equipos. En la parte final del proyecto en ejecución se dará una formación en seguridad en calderas a los responsables de la operación, y está contemplado que asistan de las áreas de mantenimiento y los operadores de las mismas.

Este estudio luego que sea finalizado y entregado los productos, se espera que sirva de insumo inicialmente a las autoridades ambientales Área Metropolitana del Valle de Aburrá, y Cornare, como responsables del control del riesgo tecnológico en sus jurisdicciones y de las empresas donde se desarrolla el proyecto, así como a otros entes gubernamentales de similar responsabilidad (Corantioquia, Corpourabá), al Ministerio de Trabajo, al Departamento de Antioquia, entre otros para que se pueda tener como propuesta inicial para la elaboración de una Guía Técnica para la operación segura de calderas

## Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, y a la Dirección de Investigación y Posgrados por el apoyo recibido hasta el momento en la ejecución del proyecto; a las organizaciones empresariales: Asociación Colombiana de Exportadores de Flores – Asocolflores, Corporación Empresarial Pro Aburrá Norte; Corporación Empresarial Pro Sur, por haber permitido la realización de esta investigación en algunas de sus empresas afiliadas, en el Oriente antioqueño, y el Valle de Aburrá; y a las empresas participantes de esta investigación, por su interés, disponibilidad, y aportes realizados en este proceso investigativo.

## Referencias:

- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (1979). Resolución Número 02400 de 1979. Estatuto de Seguridad Industrial
- Portundo D, J. I. (2002). Manual de seguridad y salud en el trabajo con calderas de vapor de agua. Cuba: Universidad Central del Ecuador.
- Sepúlveda Mejía, D. L., & Ramírez Garcia, J. (2009). Condiciones de seguridad en calderas de vapor de empresas afiliadas a una administradora de riesgos profesionales en Antioquia. Medellín: Revista Facultad Nacional de Salud Pública.
- Sepúlveda Mejía, D. L., Ramírez Garcia, J., Roldán aguilar, O., Vásquez Echavarría, G. (2018) Determinación del nivel de seguridad en calderas pirotubulares mediante la aplicación del software Soscal. Vol. 18, N° 5J. The Global Journal of Researches in Engineering. Recuperado de: <https://engineeringresearch.org/index.php/GJRE/article/view/1870>.
- Heslton K E. (2005). Boiler Operator's Handbook. USA: Fairmont Press Inc.
- Soler C., Albert. Aspectos de seguridad en el mantenimiento de calderas. Mapfre Seguridad N° 49. p.9. Recuperado de: [http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=1010848](http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1010848)
- Software de Seguridad en Calderas SOSCAL (2017). Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Disponible en: [webnet.elpoli.edu.co/soscal](http://webnet.elpoli.edu.co/soscal)
- Inpsasel. Instituto Nacional de Prevención, Salud y Seguridad Laborales.(2019). Gobierno Bolivariano de Venezuela. Sistema Nacional de Registro de Calderas. Recuperado de: <http://www.inpsasel.gob.ve/index.php/registro-de-calderas/>
- OIT. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Capítulo 30. (2012). Recuperado de: <https://www.insst.es/documents/94886/161958/Cap%C3%ADtulo+30.+Higiene+industrial>.
- Ministerio de la Protección Social. Guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional en el proceso de evaluación para la calificación de origen de la enfermedad profesional. Imprenta Nacional de Colombia. (2011). Págs. 95-98. Recuperado de:



<http://fondoriesgoslaborales.gov.co/documents/Publicaciones/Guias/GUIA-TECNICA-EXPOSICION-FACTORES-RIESGO-OCUPACIONAL.pdf>

Senado de la República. Colombia. Ley 1562. (2012). Por la cual se modifica el sistema de riesgos laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional.

Sánchez Merchán, Luis A. Riesgos físicos en operadores de calderas del sector manufacturero. (2016). (Tesis de magister en seguridad, higiene industrial y salud ocupacional). Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Kisku, G., Bhargava, S. (2006). Assessment of noise level of a medium scale thermal power plant. Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine. India.

## Metodología para Optimizar el proceso de producción panelero: caso de estudio (Santa María Huila).

Nicolás Mauricio Escobar Narváez, Javier Felipe Fierro Motta, Carlos Fernando Luna Carlosama, Jorge Andrés Carvajal Ahumada, Andrés Felipe Laverde Serna, Alfaro Tandioy Fernández.  
SENA.  
COLOMBIA.

**Nicolás Mauricio Escobar Narváez:** Ingeniero industrial, Aprendiz en etapa productiva del Tecnólogo De Diseño de Productos Industriales. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.

**Correspondencia:** [nmescobar7@misena.edu.co](mailto:nmescobar7@misena.edu.co)

**Javier Felipe Fierro Motta:** Aprendiz en etapa productiva del Tecnólogo de Diseño de Productos Industriales. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.

**Correspondencia:** [jffierro2@misena.edu.co](mailto:jffierro2@misena.edu.co)

**Carlos Fernando Luna Carlosama:** Máster en Ingeniería, Ingeniero Mecánico. Contratista para proyectos de investigación SENNOVA, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. **Correspondencia:** [cfluna8@misena.edu.co](mailto:cfluna8@misena.edu.co) - [cfluna@sena.edu.co](mailto:cfluna@sena.edu.co)

**Jorge Andrés Carvajal Ahumada:** Máster en Ingeniería en Diseño Industrial, Ingeniero Mecánico. Gestor Tecnoparque, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.

**Correspondencia:** [jacarvajala@sena.edu.co](mailto:jacarvajala@sena.edu.co)

**Alfaro Tandioy Fernández:** Máster de Administración de Empresas, Ingeniero Agroindustrial. Gestor SENNOVA (SENA).

**Correspondencia:** [atandioy@sena.edu.co](mailto:atandioy@sena.edu.co) - [altan@misena.edu.co](mailto:altan@misena.edu.co)

## Resumen

El presente estudio se enfocó en la construcción de una metodología orientada a la optimización de procesos agroindustriales en el sector panelero, el cual está dirigido a ser aplicado en un trapiche caso de estudio de tipo artesanal no tecnificado que presenta baja productividad, debido a diferentes variables como el uso de materiales inadecuados en las “pailas”, fugas de calor por mala construcción en las hornillas, mala distribución de la planta entre otros.

La metodología obedece a un plan de trabajo que se propuso, comenzando por una investigación soportada en un estudio de vigilancia tecnológica que apuntó a buscar referencias y antecedentes de estudios sobre trapiches con situaciones similares. Siguiendo con el levantamiento de información pertinente sobre el funcionamiento del trapiche en el marco de una visita técnica; con base en la información resultado de la literatura y de la visita se desarrollaron modelos 3D de las “pailas” y del trapiche por medio de un software CAD llamado solidworks. Finalmente se hace una comparación entre el comportamiento que tiene la temperatura para los 3 modelos obtenidos durante el presente trabajo: Modelo de la literatura, modelo del caso de estudio y modelo de la simulación, con el objetivo de validar el modelo digital obtenido.

De las curvas de temperatura versus tiempo de cada caso se puede analizar que guardan un comportamiento similar el cual presenta ciertas diferencias.

**Palabras claves:** Diseño de “Pailas”, Producción panelera, Simulación FEM, Tipos de cámara de combustión, Trapiches.

## Methodology To Optimize The Production Process “Panelero”: Case Study (Santa Maria- Huila).

### Abstract

The present study focused on the construction of a methodology oriented to the optimization of agro-industrial processes in the “sector panelero” which is aimed at being applied in the case study of non-technical artisanal type that presents low productivity, due to different variables such as the use of inadequate materials in the “pailas”, heat leaks due to bad construction in the burners, poor distribution of the plant among others. The methodology is based on a work plan that was proposed, starting with an investigation supported by a technological surveillance study that aimed to look for references and background of studies on “trapiches” with similar situations. Continuing with the gathering of pertinent information on the operation of the trapiche in the framework of a technical visit; based on the information resulting from the literature and the visit. The 3D models of the “pailas” and the “trapiche” were developed through CAD software called SolidWorks. Finally, a comparison is made between the behavior of temperature for the 3 models obtained during this work: Model of the literature, model of the case study and simulation model, with the aim of validating the digital model obtained. From the temperature versus time curves of

each case, it can be analyzed that they have a similar behavior which presents certain differences.

**Keywords:** *Temperature curves, “Pailas” Design, Panelera production, FEM Simulation, Chamber combustion types, Trapiches.*

## Introducción

El subsector panelero involucra a 300.000 familias en Colombia y genera 45 millones de jornales/año y cuenta con 70.000 unidades productivas o fincas paneleras. El país tiene 19.050 trapiches paneleros y 238.000 hectáreas sembradas en caña panelera. En cuanto a su distribución territorial, en 14 departamentos y 175 municipios se desarrolla la actividad panelera y Colombia es el segundo productor mundial de panela después de la India. Por número de trapiches, Cundinamarca, Cauca y Antioquia, son los departamentos líderes. Los tres tienen 10.529 de los 19.050 trapiches existentes (55.2 % del total). Sin embargo, y aquí empiezan a “desnudarse” los problemas, tan solo 216 trapiches están adecuados totalmente y 3278 adecuados parcialmente. Cundinamarca tiene 98 trapiches adecuados totalmente y 537 adecuados parcialmente. (Fedepanela, 2019)

Para el año 2014 las ventas de panela hacia mercados internacionales llegaron a las ochenta toneladas, lo cual representa un crecimiento del 40% respecto al año 2013. En el Huila hay seis mil paneleros agremiados a la Federación Nacional de productores de Panela (Fedepanela), el departamento era el séptimo, entre catorce en producción para el año 2015, según la presidencia de Fedepanela. Hacia el mercado internacional se exportan en su mayoría la panela pulverizada, hacia Estados Unidos y Canadá va alguna parte en forma de bloque tradicional. Para el año 2015 el departamento del Huila manejo un precio superior al promedio nacional debido al reconocimiento que tiene en cuanto a calidad de panela obtenida, el precio era de \$1.250 pesos por kilogramo, mientras que en regiones competidoras como Cundinamarca el precio se sostenía en \$950 pesos por kilogramo. (Huila, 2015)

Para el año 2015 el subsector panelero fue incorporado en la Agenda Interna de productividad y Competitividad del Huila como renglón priorizado en la Apuesta Productiva Agroindustrial, lo cual les permite como subsector acceder a diferentes programas en beneficio de las iniciativas sobre el producto el cual tiene gran opción en el mercado pero requiere de muchas mejoras en sus procesos productivos. (Fedepanela, 2019)

Las tareas necesarias que tiene el subsector de la panela son las siguientes:

- Incrementar la productividad de los cultivos de caña panelera
- Mejorar la infraestructura de los trapiches paneleros
- Implementar reingeniería en centro de tecnología a vapor de la asociación APPASI del municipio de Isnos, para la reconversión a centrales de mieles.

- Implementar procesos de diseño y de productos y subproductos de la industria panelera, en donde se incluya imagen de marca.
- Fortalecer las asociaciones de forma administrativa y organizacional.
- Diversificar productos de caña de panela y confitería
- Diversificación de proyectos productivos.

El departamento del Huila cuenta con 6279 familias involucradas en el subsector. Este produce actualmente más de seis millones de jornales de 6278 unidades productivas (fincas), 1234 trapiches paneleros pero tiene solamente 10 totalmente adecuados; 100 adecuados parcialmente, 1033 sin adecuar y 91 que operan con tracción animal cuya producción se destina al autoconsumo.

La panela, es uno de los productos que está afrontando una notable disminución en sus precios y esto sumado a dificultades tecnológicas agudiza una atención inmediata para un producto tradicional con gran valor nutritivo y otras cualidades incluso medicinales y con interesante demanda internacional. (Fedepanela, 2019). De los trapiches que no tienen tracción animal, 271 tienen altas posibilidades de ajustarse a la resolución 779 que regula los requerimientos del sector panelero en Colombia; 194 tienen mediana posibilidad y 668 baja posibilidad. (Fedepanela, 2019)

En el departamento del Huila los principales municipios del sector panelero son Isnos con 4200 hectáreas de caña sembradas y 2333 productores. San Agustín con 3213 hectáreas y 1785 productores, Pitalito con 770 hectáreas de caña y 513 productores, la capital Neiva con 672 hectáreas sembradas y 560 productores, el municipio de Colombia con 353 hectáreas sembradas y 294 productores. Para un total de 12.401 hectáreas distribuidas en el departamento del Huila y 9040 productores. Para el año 2019 el rendimiento por hectárea es de 8.1 toneladas y la producción de panela/año es de 24.000 toneladas.

En resumen, el comportamiento del sector panelero en el país ha tenido un comportamiento variable a lo largo de la última década (ver ilustración 1).

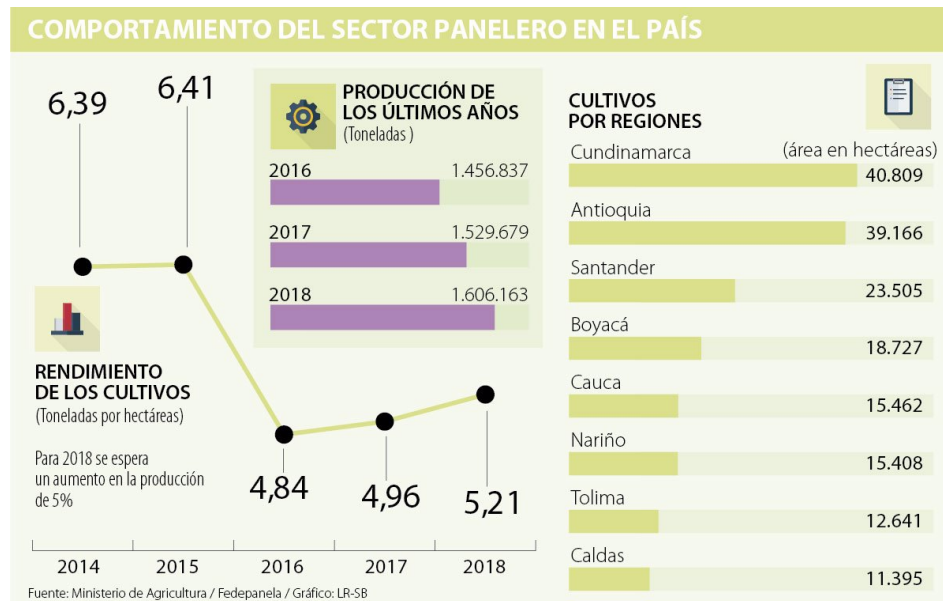


Ilustración 11 Comportamiento del sector panelero en el país

Fuente: Diario La República, 9 de octubre del 2018

Para el propósito de este proyecto, se buscó en primera medida caracterizar el trapiche caso de estudio por solicitud de la asociación de productores de panela de Santa María Huila (ASOPASAM), en el marco de una vista técnica realizada en el mes de octubre del 2018.

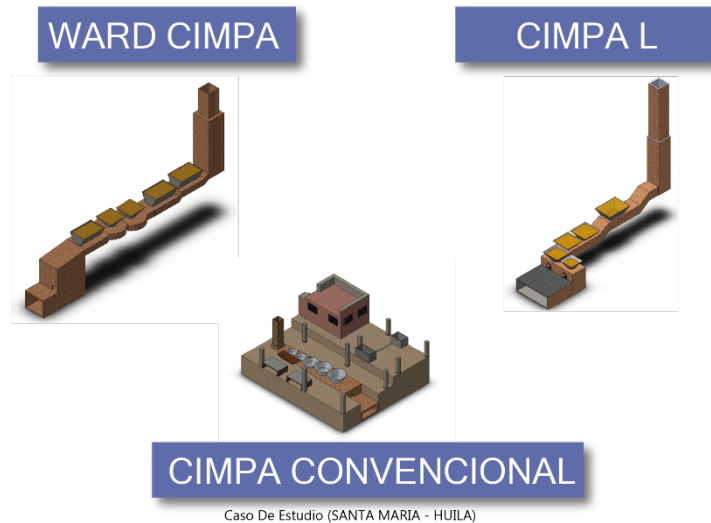
### Metodología:

El proyecto se desarrolló mediante un plan de acción que se dividió en 4 fases, la primera correspondiente al levantamiento de información; la segunda modelado 3D; la tercera orientada hacia la simulación por el método de los elementos finitos (FEM); finalmente la cuarta, la obtención de los resultados, el análisis de los mismos y las conclusiones.

#### Levantamiento de la información.

A partir del estudio de Vigilancia Tecnológica se encontró que:

Existen los procesos de combustión de biomasa en este caso con el bagazo logrados por las cámaras de combustión “Cimpa en L”, “Ward Cimpa” y “Cimpa convencional” la cual es nuestro caso de estudio (Ilustración 1). Por otro lado, se encontró que para el proceso de evaporación y concentración de los jugos de caña de azúcar se utilizan una serie de pailas con ciertas especificaciones especiales que pueden ser desde su material, su coeficiente de transferencia de calor, su capacidad de volumen e incluso en sus diseños. Entre las pailas encontradas podemos mencionar las siguientes: “pailas Piro tubulares”, “pailas aleteadas”, “pailas piro tubulares aleteadas”, “pailas semicilíndricas”, “pailas semiesféricas” y “pailas planas” (Ilustración 2). (Espinoza Pariona, 2017)



Caso De Estudio (SANTA MARIA - HUILA)

Ilustración 12 Tipos de trapiches  
Fuente Elaboración propia (SolidWorks)

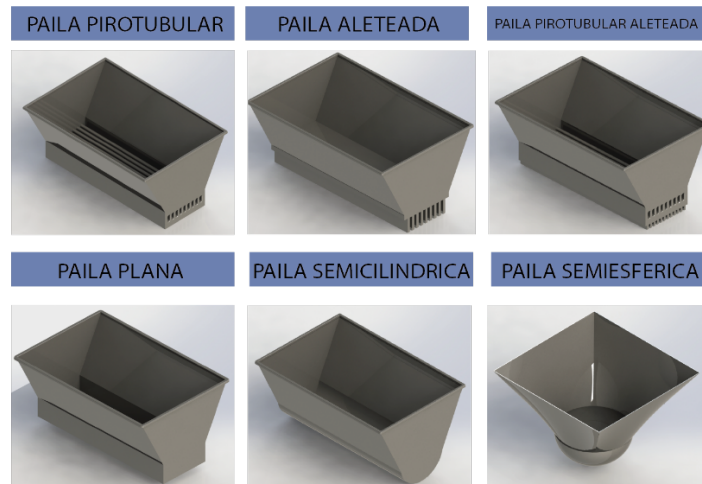


Ilustración 13 Tipos de pails  
Fuente Elaboración Propia (SolidWorks)

Dichos diseños fueron creados por CORPOICA, actualmente conocidos como AGROSAVIA (Corporación Colombiana de investigación agropecuaria), con el fin de mejorar la productividad y competitividad de la industria panelera. Esta entidad contribuye con desarrollos científicos, tecnológicos e innovación enfocados en la agricultura nacional.

Esta etapa se desarrolló en el marco de 2 visitas técnicas sobre el trapiche caso de estudio “La Argelia” del productor Yadiro Sáenz; en la primera visita, se analizó el proceso de producción de forma transversal, desde la etapa de molienda la cual se desarrolla mediante el uso de un molino mecánico de tres masas marca “el panelero” de 7 a 13 caballos de fuerza con un consumo de 20 litros de diésel por los 16 bultos de producción de panela. La variedad de caña que se muele en el trapiche es “Tradicional piel roja”, “Reina” y se está implementando la caña “Pierna larga”.

Pasando por la etapa de filtrado para lo cual se utilizan tanques pre-limpiadores (ver ilustración 3) cuyo propósito es minimizar las impurezas encontradas en el jugo de la caña (guarapo). Para el caso de estudio el pre-limpiador está desarrollado en cemento, el cual está ubicado a la salida del molino, con un volumen de  $0,94m^3$

Continuando hacia el tratamiento de los jugos el cuál se divide en 5 etapas (ver ilustración 4), demarcadas por el posicionamiento de “pailas” las cuales son elementos metálicos con forma cóncava, divididas en 2 secciones, la profunda denominada “fondo” y la más superficial denominada “alfalca” ambas elaboradas en aleaciones de aluminio y cobre. La primera de ellas según el proceso es la evaporadora, siendo está la que posee mayor volumen, en esta se deposita el jugo proveniente de los pre-limpiadores. La segunda paila es la denominada clarificadora, en esta se deposita el jugo de caña resultante de la evaporadora, en la cual se adiciona también un “floculante natural” guácimo (*Guazuma ulmifolia*). Pasando por la tercera y cuarta paila de concentración y siendo la quinta paila la de punteo en donde se concentra el jugo hasta aproximadamente  $90^\circ\text{Brix}$



Ilustración 14 Molino y Pre-limpiador del caso de estudio

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 15 Trapiche caso de estudio

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el moldeo está basado en la solidificación del jugo concentrado en moldes de madera, adoptando la forma de los mismos.





*Ilustración 16 Etapa de moldeo, caso de estudio*

*Fuente: Elaboración propia*

Una vez examinado el proceso de la producción de panela en el trapiche caso de estudio, se concluyó de manera preliminar con ayuda de información cualitativa suministrada por los trabajadores del trapiche en el marco de una entrevista realizada por el equipo de trabajo, que el cuello de botella en cuanto a la productividad de proceso se encuentra sobre el recorrido que hace el jugo de caña a lo largo de las “pailas” ya mencionadas, debido a una evidente pérdida de calor en las mismas dado que se trata de un proceso artesanal. (Sáenz, 2019)

Es por esto que se tomó la decisión de dimensionar las pailas con el propósito de establecer futuros modelos para un posterior análisis digital del proceso.

Para esta labor se requirió de instrumentos de medición convencionales como: flexómetro y calibrador.

### Modelado 3D

Con base en la información recopilada de la primera visita técnica sobre el trapiche caso de estudio, se desarrollaron modelos 3D digitales tanto de las “pailas”, de la cámara de combustión, chimenea y demás equipos utilizados en el trapiche. Dando como resultado un modelo 3D completo fidedigno a las mediciones realizadas.

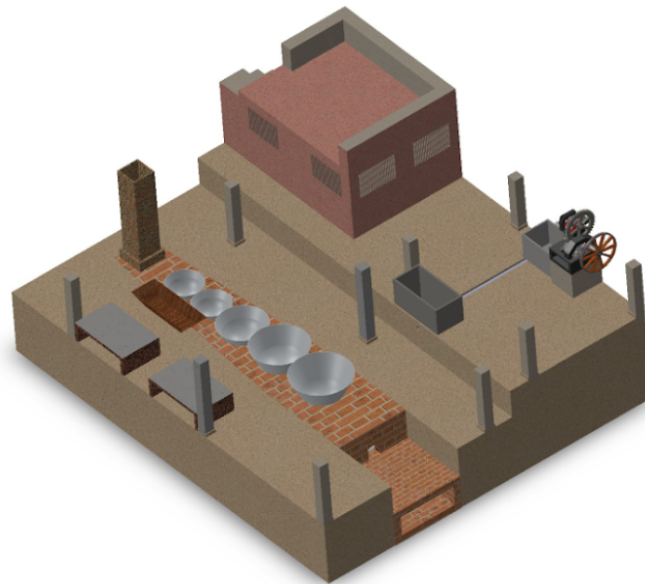


Ilustración 17 Modelo 3D del trapiche caso de estudio

Fuente: Elaboración propia

Luego de haber obtenido el modelo final del trapiche caso de estudio se procedió a planear la segunda visita técnica orientada a la captura de datos que permitan obtener la curva de comportamiento térmico a lo largo del tiempo del proceso de producción de panela en cada una de las etapas de concentración del jugo de caña.

El plan de trabajo se enfocó en capturar los datos de las temperaturas superficial de las “pailas” y temperatura promedio de los jugos de la caña por cada una de las etapas del proceso durante rangos de tiempo determinados. Esta labor está a cargo del equipo de trabajo y se desarrolló haciendo uso de los siguientes instrumentos: Multímetro con termocupla para tomar las temperaturas promedio de los jugos, al interior de cada una de las pailas pertenecientes a las diferentes etapas del proceso. Con una cámara termográfica marca FLIR, se toman fotos cuyo enfoque es la temperatura superficial de las “pailas” y la temperatura de la cámara de combustión.



Ilustración 18 Toma de datos térmicos con pistola termográfica y termocupla

Fuente: Elaboración propia

### Simulación por medio del método de los elementos finitos (FEM)

Haciendo uso de los datos recopilados en la segunda visita y los modelos 3D ya desarrollados, se procedió a simular el comportamiento de la temperatura del jugo de caña en función del tiempo en las diferentes pailas del proceso de producción de panela, utilizando el Software de diseño asistido por computador (CAD) SolidWorks y su módulo especializado en simulaciones térmicas y análisis de fluidos Flow Simulation.

De forma que se obtuvo una simulación transitoria en el tiempo en la cual se observa la transferencia de calor producida desde la fuente, pasando por cada paila hasta llegar a los jugos y gracias a esta es posible determinar que temperatura tendrán los jugos en cada instante de tiempo.

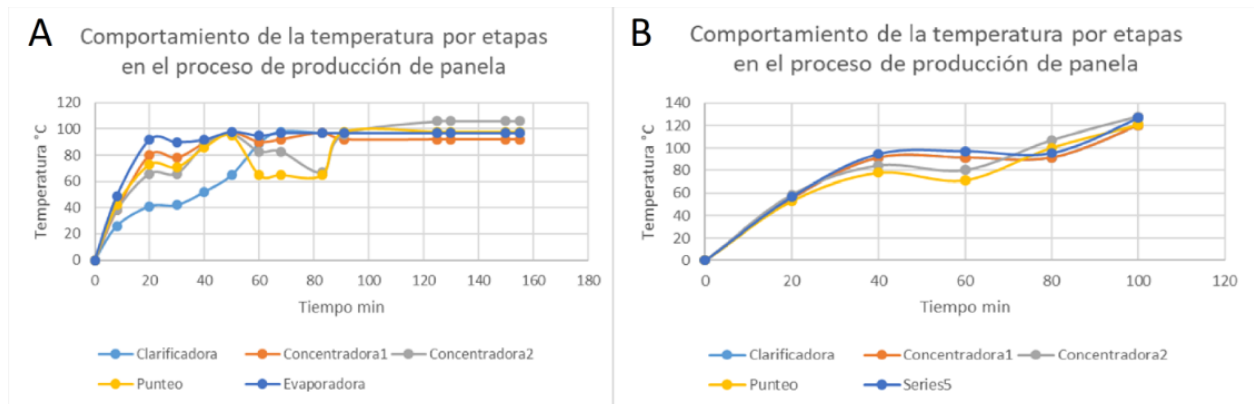
Finalmente se tendrían 3 resultados comparables, el primero de ellos resultante de la investigación del estudio de vigilancia tecnológica, el segundo de ellos resultante de la toma de datos primarios de las visitas técnicas al trapiche caso de estudio y un tercero resultante de la simulación en un escenario en condicionales ideales de transferencia de calor respetando las dimensiones del trapiche caso de estudio.

### Resultados

Como resultado de la vigilancia tecnológica se encontró un análisis térmico de forma gráfica sobre un trapiche artesanal que comparte características y etapas similares al caso de estudio; como resultado de las visitas se obtuvo una tabla de datos de temperatura versus tiempo en cada una de las etapas “pailas” de la producción de panela. (Ver ilustración 7a)

En la ilustración 7b se evidencia el comportamiento de la temperatura jugo de caña versus tiempo en un proceso simulado mediante un Software de diseño asistido por computador (CAD) SolidWorks y su módulo especializado en simulaciones térmicas y análisis de fluidos Flow Simulation.

Igualmente, en la ilustración 7c se relaciona el comportamiento de temperatura versus tiempo para el jugo de caña concerniente a la investigación encontrada en la vigilancia tecnológica.



Perez-Mosquera y Ablan-Bortone/Rev Fac Farm. 2008; 50 (2): 2-8

C

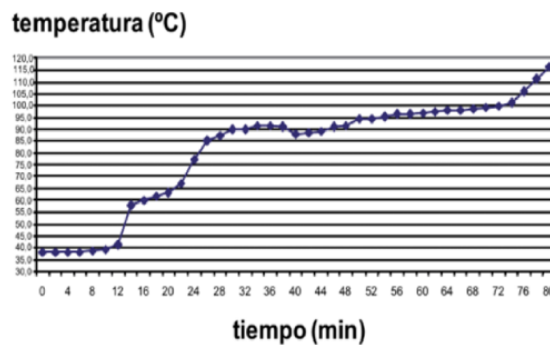


Figura 2. Evolución de la temperatura de todo el proceso de elaboración de panela y miel de caña de azúcar

Ilustración 19 Comportamiento de las temperaturas a lo largo del tiempo. a) Simulación, b) Caso de estudio, c) Vigilancia Tecnológica

Fuente: a) Elaboración propia, b) Elaboración propia, c) Medición in situ de los valores de las principales variables asociadas al proceso de fabricación de miel y panela de caña de azúcar (*Saccharum spp. Híbrido*) Pérez-Mosquera Alfonso

Por otra parte a partir de la simulación FEM se obtuvo un análisis transitorio del proceso productivo sobre las pailas, por medio de ese análisis se genera una imagen de colores que permite evidenciar con cierta facilidad la propagación del calor a través del fluido “humo de bagazo”. Y la transferencia de calor que este transmite hacia las pailas por medio del contacto que tiene con sus fondos, y finalmente la conducción hacia los jugos que reposan en estas.

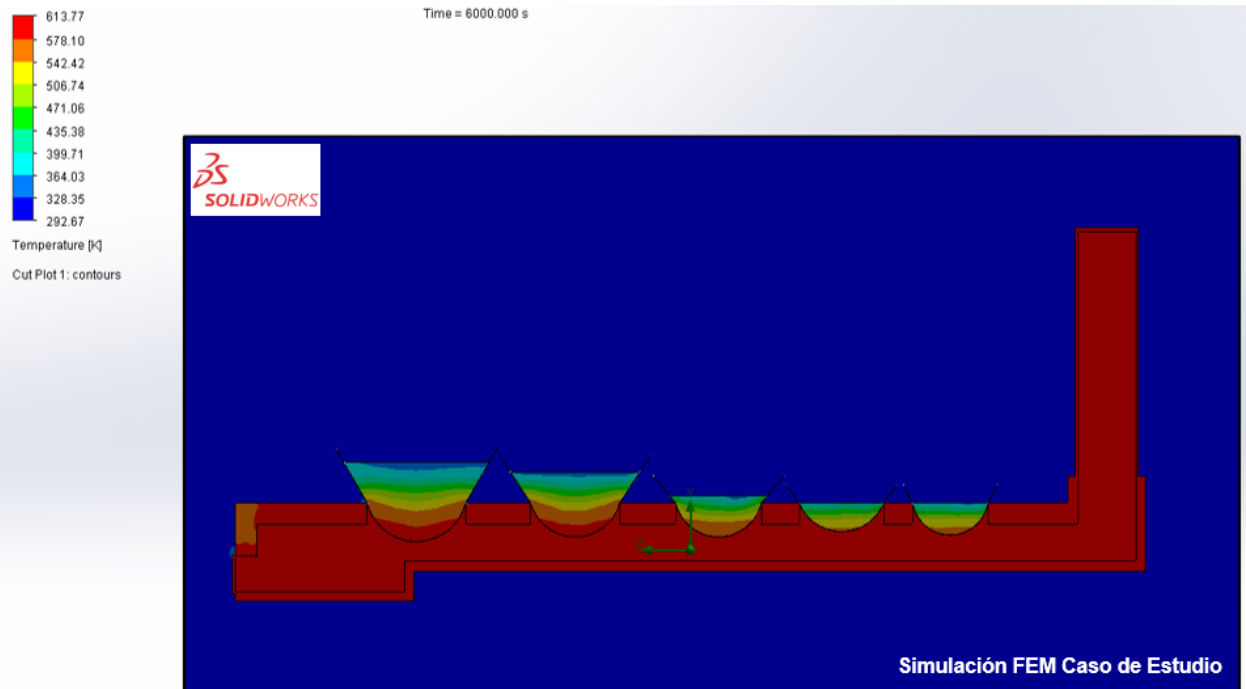


Ilustración 20 Propagación del calor a través del ducto, pailas y jugos

Fuente: Elaboración propia

## Análisis de resultados

- Se realizó una vigilancia tecnológica con énfasis en la producción de panela encontrado antecedentes de estudios térmicos en Colombia y a nivel internacional en trapiches artesanales que dio como resultados que existen cinco etapas en común en los diferentes procesos artesanales (Evaporadora, Clarificadora, Concentradora1, Concentradora2 y Punteo).
- Se identificó que en la hornilla del caso de estudio (35 años de construida) tiene un sistema de calentamiento de flujo paralelo al proceso de producción. Se implementó y ejecutó un plan de trabajo en campo en la finca la Argelia en la vereda el Divino Niño del municipio de Santa María (Huila).
- Existen trapiches más tecnificados con un sistema de calentamiento de contraflujo al proceso de producción y otras modificaciones tecnológicas implementadas que permiten mejorar el comportamiento de las variables térmicas y mecánicas.
- En referencias bibliográficas se pudo identificar el comportamiento de la temperatura a lo largo de cada etapa del proceso de producción artesanal en la panela.
- El análisis FEM térmico tiene un comportamiento coherente teniendo en cuenta la ubicación de la fuente de calor, el tiempo de duración de la simulación fue de 8220sec dando como resultado

## Conclusiones

- Las ventajas de la simulación digital (FEM) permiten prever situaciones y fenómenos físicos y mecánicos en los procesos de producción agroindustrial, permitiendo plantear alternativas de mejoras a los mismos sin incurrir en costos al realizar un prototipo funcional para la población rural.
- Se ha podido evidenciar que la tendencia tanto en la literatura como en la parte práctica y la simulación FEM es similar en cuanto al comportamiento de variables físicas en este caso la temperatura superficial en las etapas de concentración de los jugos.
- En la ilustración 9 del caso de estudio se puede notar que en las curvas de temperatura de las etapas de clarificación y punteo tienen un comportamiento errático en algunos instantes de tiempo y esto puede deberse al error humano en la toma de datos.
- Se puede observar en las curvas de comportamiento de la temperatura que la ineficiencia de la hornilla caso de estudio al tardar un tiempo de 160 min aproximadamente en contraste con los datos encontrados en la literatura de 80 min en alcanzar las temperaturas de punteo y concentración de jugos.
- La simulación FEM tiene un comportamiento ascendente similar a la literatura y en el caso de estudio en el tiempo, pero sus temperaturas son superiores al caso de estudio dado que simula un escenario con condiciones ideales.

## Referencias

- A. E. Cueva Urgiles, L. A. (s.f.). *cagnazucar*. Recuperado el 2 de Julio de 2019, de <http://cagnazucar.blogspot.com/2014/07/control-de-parametros-en-la-molienda.html>
- Carlos Walteros Montoya, R. G. (1994). *Analisis termico de la hornilla de un trapiche panelero*. Cali: Corporación Universitaria Autonoma de Occidente.
- Castañeda, A. (26 de Agosto de 2019). Productor. (J. F. Nicolas Escobar, Entrevistador)
- Corpoica. (1996). *EL CULTIVO DE LA CAÑA PANELERA, LA ELABORACIÓN DE PANELA Y LA UTILIZACION DE SUBPPRODUCTOS*. Bogotá : CORPOICA.
- Espinoza Pariona, G. C. (Febrero de 2017). *pirhua.udep.edu.pe*. Recuperado el 2 de Julio de 2019, de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2736>
- Fedepanela. (31 de Julio de 2019). *Panela en el departamento del Huila con opciones de reconversión Tecnológica*. Obtenido de Fedepanela: <https://fedepanela.org.co/gremio/panela-en-el-departamento-del-huila-con-importanates-opciones-con-reconversion-tecnologica/>
- GONZÁLEZ, J. J. (2015). *PROPUESTA DE DESARROLLO SUSTENTABLE A PARTIR DE LA SUSTITUCIÓN DEL COMBUSTIBLE BAGAZO POR LAS LLANTAS DE DESECHO Y LEÑA EN HORNOS DE TRAPICHES PANELEROS”. ESTUDIO DE CASO: HORNILLA CIMPA*. BOGOTÁ D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Gonzalez, L. E. (13 de Noviembre de 2019). Ingeniero Industrial. (J. F. Nicolas Escobar, Entrevistador)
- Huila, R. D. (07 de 01 de 2015). En el Huila se produjeron 45.000 toneladas de panela. *Diario del Huila*.

- Innovaciones Alimentarias INNOVAL C.A. (s.f.). *Panela Monitor*. (Innovaciones Alimentarias INNOVAL C.A.) Recuperado el 2 de Julio de 2019, de <http://www.panellamonitor.org/>
- Laverde, A. (10 de Octubre de 2019). Ingeniero Mecanico. (J. F. Nicolas Escobar, Entrevistador)
- Lucuara, J. (13 de Noviembre de 2019). Ingeniero Mecanico. (J. F. Nicolas Escobar, Entrevistador) Cali, Colombia.
- Mauro Alejandro Trujillo Gavilanes, V. O. (s.f.). *Panela Monitor*. Recuperado el 2 de Julio de 2019, de <http://www.panellamonitor.org/media/docrepo/document/files/disenocalculo-y-construccion-de-un-trapiche.pdf>
- Mosquera, A. (2008). Medición in situ de los valores de las principales variables asociadas al proceso de fabricación de miel y panela de caña de azúcar (*Saccharum spp. híbrido*). *Semantic Scholar*, 8.
- Oregon, J. J. (15 de Noviembre de 2019). Ingeniero Mecanico. Cali, Colombia.
- Perez, M. (2014). *Procesos de fabricacion de panela y su aplicacion a proyectos de automatizacion para el caso Colombiano* . Bogota: Universidad Militar Nueva Granada.
- Perez, S. (23 de Septiembre de 2019). Productor. (J. F. Nicolas Escobar, Entrevistador) Repositorio Institucional PIRHUA. (Marzo de 2015). *pirhua.udep.edu.pe*. Recuperado el 2 de Julio de 2019, de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2265>
- Sáenz, Y. (25 de Agosto de 2019). Productor. (J. F. Nicolas Escobar, Entrevistador)
- Velasquez, H. (2006). Diagnóstico exergetico de los procesos productivos de la panela en Colombia. *Revista Energetica* , 8.

## **La Administración de Sistemas Informáticos: La formación para los futuros CIO's de las organizaciones.**

Andrés Felipe Rodríguez Hernández  
Universidad Nacional de Colombia – sede Manizales  
Colombia

**Andrés Felipe Rodríguez Hernández:** Estudiante de la Maestría en Administración de sistemas informáticos de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, profesional en Administración de Sistemas Informáticos. Certificado COBIT 5 y CCNA. Integrante del grupo de investigación Aplicaciones y Herramientas Web, sus principales líneas de investigación son el Gobierno y la Gestión de TI, la arquitectura empresarial y la transformación de la formación a partir de la TI. Ha participado como conferencista en diferentes eventos como CAVA y CIGO, principalmente con temas relacionados a auditoria de sistemas, herramientas tecnológicas para la educación, implementación de realidad aumentada en el ámbito educativo, la creación e implementación del Gobierno TI en las organizaciones.

**Correspondencia:** [anfrodriquezhe@unal.edu.co](mailto:anfrodriquezhe@unal.edu.co)

### **Resumen**

En la actualidad las tecnologías de la información (TI) se han convertido en un elemento transversal para las organizaciones permitiéndoles así mejorar sus niveles de competitividad. Pero el principal reto para las empresas es la implementación y uso de las TI alineadas con las estrategias organizaciones buscando sacar el mayor potencial de las nuevas tecnologías dentro de las empresas. Es a partir de lo anterior surge el Gobierno y la Gestión de TI como la solución para la correcta implementación de las TI en las organizaciones. Cobit muestra como el Gobierno de TI permite cumplir los objetivos organizaciones mediante soluciones de TI, mientras la gestión de TI consiente en la correcta ejecución de las directivas del gobierno. Pero la mayor dificultades es encontrar las personas con el conocimiento en las TI y la organización para liderar el gobierno y la gestión de TI, es por esto que se crea el CIO como la mayor autoridad en TI dentro de las empresas, pero en la actualidad la academia aun no contempla la formación para los CIO's. La administración de Sistemas Informáticos se impone como la formación profesional de los futuros CIO's, formando profesionales con conocimientos en TI y en temas organizacionales.

**Palabras Claves:** Administración de Sistemas Informáticos, CIO, Formación profesional, Gestión TI, Gobierno TI.

### **information systems administration: Training for future CIO's of organizations.**

### **Abstract**

*Currently, information technology (IT) has become a cross-cutting element for organizations, thus enabling them to improve their levels of competitiveness. But the main challenge for companies is the implementation and use of IT aligned with the organizations*



*strategies seeking to get the most out of new technologies within companies. It is from the above that the Government and IT Management emerges as the solution for the correct implementation of IT in organizations. Cobit shows how the IT Government allows organizations to meet their objectives through IT solutions, while IT management consents to the proper execution of government directives. But the biggest difficulty is finding people with the knowledge in IT and the organization to lead the government and IT management, which is why the CIO is created as the largest authority in IT within companies, but today The academy does not yet provide training for CIOs. The administration of Information Systems is imposed as the professional training of future CIO's, training professionals with knowledge in IT and organizational matters..*

**Keywords:** *information systems administration, CIO, Vocational Training, IT Management, IT Governance.*

## **Introducción**

Las organizaciones cada vez más están buscando apropiarse de las tecnologías de la información teniendo en cuenta la alineación de estas tecnologías con las metas estrategias de la empresa, es por esto que al interior de las empresas ya no se habla del área de sistemas como un área de soporte para la organización, sino como un área estratégica donde se busca alinear las TI con el negocio buscando brindar un valor agregado.

Es justamente en esa transformación de las TI como componente de la estrategia organizacional que se impulsa el Gobierno y la Gestión de TI como dos de los componentes que permite que las empresas tengan una dirección, políticas, planeación, ejecución y control de las TI alineadas con las metas organizacionales de TI. El CIO surge como el líder al interior de la organización que busca lo expuesto anteriormente y que debe tener las competencias que le permita entender las empresas y las tecnologías de la información.

El Administrador de Sistemas Informáticos es una de las profesiones que, debido a sus componentes y flexibilidad entre los campos de las TI y la administración; tiene la capacidad, el conocimiento y las habilidades para asumir el rol de CIO en las organizaciones. A continuación, se muestra como las Tecnologías de la información han modificado la estructura organizacional generan así la implementación del Gobierno y la Gestión de TI, las cuales permiten la dirección y la aplicación de las TI alineados las metas organizacionales.

Todo lo anterior se ve liderado por el CIO que es el líder de TI en las organizaciones, este nuevo perfil organizacional demanda desde la academia una formación integra en los campos de la gestión organizacional y las tecnologías para que el CIO tenga una visión holística de la organización. El presente artículo busca presentar el Administrador de Sistemas Informáticos como una de las opciones de la academia para la formación del CIO, enmarcado en que este es el líder de la Gobierno y la Gestión de TI en las organizaciones.

## **Metodología:**

La presente investigación es cualitativa utilizando una metodología empírica, en la cual se utilizó el método de observación como principal herramienta para desarrollar esta investigación. Entiendo que el método empírico se basa en la experiencia y la observación

de hechos, el origen de esta investigación nace del estudio del Gobierno y la Gestión de las Tecnologías de la Información, en esta investigación se detecta la necesidad de una persona que lidere estos procesos y con conocimientos en las áreas de las tecnologías y la administración.

Desde esa observación de hechos se empieza a descomponer la incorporación de un gobierno y una gestión de TI en las organizaciones, para identificar los criterios que deben identificar el líder de estos componentes organizaciones. De igual manera aplicando la observación y partiendo de la formación profesional de autor se van identificando una afinidad entre la persona líder del Gobierno y la Gestión de las Tecnologías de la información y el Administrador de Sistemas Informático.

En la descripción cualitativa de la presente investigación se pasa a definir el perfil del líder del Gobierno y la Gestión de las Tecnologías de la información en la literatura y se identifica como el CIO, lo cual mediante la metodología empírica y mediante método de observación se empieza a identificar las características entre el CIO y el Administrador de Sistemas Informático, que permita ver la correlación entre ambos perfiles entendiendo que uno es formativo y el otro es aplicado.

### **Las Tecnologías de Información (TI) en las organizaciones.**

En la actualidad las tecnologías de la información (TI) están presentes en cada aspecto del diario vivir ya sea para una persona, una institución o una organización, es justa mente esa llegada de las TI a las organizaciones la que ha causado que estas sufran cambios en su estructura o comportamiento. (Shin, 2007) muestra como las TI ya se convierte para las organizaciones un recurso estratégico que les permite mantenerse a la vanguardia del ambiente y encontrar nuevas oportunidades dentro de sus nichos de mercado.

(Bhatt y Grover, 2005) plantean como aunque la infraestructura de TI se han convertido en un elemento transversal en las organizaciones, este por sí solo no logra alcanzar su mayor potencial, es por esto que surge la necesidad de que para alcanzar los niveles de competitividad deseados a través de las TI, se debe crear un plan estratégico organizacional donde las estrategias de negocio y las TI se alinean y permitan impulsar la organización apoyada en las tecnologías.

Las TI “sin lugar a dudas se constituyen en herramientas de apoyo a la gestión empresarial, apalancando la construcción de estrategias orientadas a la competitividad y la innovación,” (Gálvez Albarracín, Riascos Erazo, & Contreras Palacios, 2014), es por esto que las TI toman un papel protagónico dentro de las organizaciones ya que permiten lograr el cumplimiento de las metas organizaciones e impulsan el ámbito de innovación y competitividad de las organizaciones. (Gurbaxani y Whang, 1991) muestran la necesidad de modelos de integración entre la organización y las TI, buscando definir el papel de estas dentro del ambiente de las organizaciones.

Es justamente a partir de esa necesidad de modelos de integración entre TI y Organización, y teniendo en cuenta lo planteado por (Bhatt & Grover, 2005) en el cual ese modelo debe buscar la alineación de las estrategias de negocio sean soportadas y alcanzadas mediante las TI que surge dos nuevos componentes dentro del ámbito organizacional: El Gobierno y la Gestión de TI.

## **El Gobierno y la Gestión de TI.**

Dentro del framework Cobit el cual es dirigida al control y supervisión de TI, se define el Gobierno de TI como “el aseguramiento del logro de objetivos organizaciones, al evaluar las necesidades de las partes interesadas, así como las condiciones y opciones; fijando directivas al establecer prioridades y tomar decisiones; así como monitorear el desempeño, cumplimiento y progreso, comparándolos contra las directivas y objetivos acordados” (ISACA, 2012).

Al mismo tiempo Cobit define la Gestión de TI como “la gestión de planificar, construir, ejecutar y monitorear las actividades conforme a las directivas fijadas por el ente de gobierno para lograr los objetivos de la organización” (ISACA, 2012). Partiendo de las dos definiciones anteriores se puede ver como en las organizaciones surge el direccionamiento para las TI en estas, buscando cubrir esa necesidad que se plasma en el apartado anterior de alinear las TI con las estrategias del negocio.

(Marulanda Echeverry, López Trujillo, & Valencia Duque, 2017) presentan el Gobierno de TI bajo tres dimensiones: estructura de gobierno de las tecnologías respectivas, donde se cubre la dirección, políticas y toma de decisiones de TI; el proceso de gobernabilidad, define las políticas y procedimientos para los proyectos de TI; y las métricas de resultados donde se evalúa el Gobierno de TI. Los autores también nos plantean que las tres dimensiones anteriores se desarrollan a partir de las metas estratégicas organizaciones, logrando así la alineación que se busca entre la organización y las TI.

Entendiendo que el Gobierno TI cubre la dirección estratégica de TI dentro de las organizaciones, la Gestión de TI se centra en la ejecución de las decisiones y proyectos del Gobierno. (Cots, 2012) permite entender que la Gestión de TI se ha convertido en uno de los aspectos de gran importancia para las organizaciones, ya que, les permite la implementación de las TI de una forma adecuada dentro de sus infraestructuras.

Partiendo de lo anterior, donde se expone la integración del Gobierno y la Gestión de TI dentro de las organizaciones y donde se muestra una clara interdisciplinariedad del campo de las Tecnologías de la Información y la gestión organizacional surge un nuevo rol que toma el liderazgo del Gobierno y la Gestión de TI, llamado el CIO.

### **El CIO.**

En la actualidad las organizaciones han redefinido los cargos enfocados a la alta dirección organizacional como, por ejemplo: el Chief Executive Officer (CEO) encargado de la gerencia total de una empresa, el Chief Operating Officer (COO) encargado de toda la parte operacional de la empresa, el Chief Financial Officer (CFO) encargado de toda la gestión financiera de la empresa, entre otras. Dentro de estos nuevos roles se puede encontrar el Chief Information Officer (CIO), El CIO según el Ministerio de Tecnologías de la Información y la Comunicación de Colombia (MinTIC) lo define como “los líderes de la gestión estratégica de Tecnologías de Información, encargados de planificar, organizar, coordinar, gestionar y controlar la estrategia de uso y apropiación de TI, y todo lo que conlleva esta tarea:” (MinTIC, 2015)

Cobit por su parte presenta al CIO como “el ejecutivo de mayor cargo responsable de alinear TI con las estrategias del negocio y que también es responsable de que se planifique, se consigan los recursos necesarios y gestione la entrega de servicios y soluciones de TI para

soportar los objetivos de la empresa” (ISACA, 2012). En ambas definiciones se puede ver cómo el cargo del CIO responde a un cargo líder responsable de la dirección, manejo y control de TI en las organizaciones, respondiendo a las características del Gobierno y la Gestión TI anteriormente presentadas.

“La primera década de los años 2000 vio un aumento dramático en dos oficinas ejecutivas centradas en la tecnología: el Director de Información (CIO) y el Director de Tecnología (CTO).” (“Chief Digital Officer” es el próximo título ejecutivo, dice Gartner,” n.d.), el CIO se suma al CEO, CFO, COO, entre otros dependiendo de la organización, para la toma de decisiones con respecto a la organización en general desde la perspectiva de TI. El CIO debe ser visto como la mayor autoridad de TI en la organización y es respaldado por un grupo de trabajo que conforman su equipo estratégico para el Gobierno de TI y su equipo operativo para la Gestión de TI.

“Chief Information Officer (CIO) es responsable de cerrar la brecha entre dos dominios críticos: tecnología y negocios, haciendo que el trabajo del CIO sea único y diferente al de otros ejecutivos. A medida que las tecnologías digitales se vuelven cada vez más importantes para el éxito competitivo de las empresas, las juntas directivas y los altos ejecutivos buscan alinear el rol del CIO con los objetivos generales de la empresa” (Richardson, Sanchez, Setia, & Smith, 2018)

Se vuelve tan indispensable el papel del CIO en las organizaciones que ya se plantean las necesidades de modelos o herramientas que permitan medir las personas que aspiran a este cargo, es por esto que surgen investigaciones como “Avaliação Holística do Desempenho Potencial do Gestor de Sistemas de Informação” (E Costa, De Sousa Varajao, & Dos Santos, 2017) donde se realiza la formulación de un instrumento para evaluar la gestión de los sistemas de información, característica fundamental del CIO.

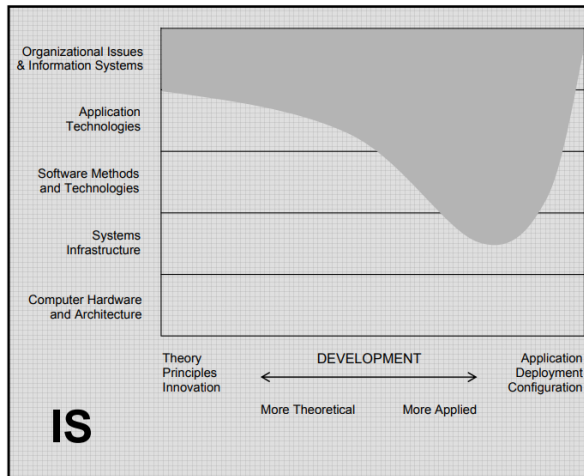
“Además de los conocimientos tecnológicos, un líder exitoso en el campo de las tecnologías de la información necesita administrar de manera efectiva, tener buenas habilidades de comunicación y, preferiblemente, tener una calificación comercial.”(Nenkov, Sushchenko, & Dyachenko, 2017) dándole las herramientas que le permitan entender y responder a las necesidades de la organización apoyado en las TI. Debido a que el CIO presenta un perfil interdisciplinario entre los campos de estudio de la administración y la tecnología, una persona con una formación en una sola área del conocimiento de estos campos presentaría complejidad para cumplir con este perfil.

### **El Administrador de Sistemas Informáticos como el CIO.**

La Universidad Nacional de Colombia presenta al Administrador de Sistemas Informáticos como “un profesional con conocimientos científicos, humanísticos, técnicos, lógicos y sistémicos que lo capacitan para formular, diseñar, implementar y auditar políticas, estrategias, planes y programas en el campo de los sistemas de información”, mostrando así una formación del profesional en Administración de Sistemas Informáticos en el estudio de las TI en el contexto organizacional.

“Las competencias fundamentales de los administradores de sistemas informáticos se enfocan en comprender las TIC en función del negocio, tener amplios conocimientos de infraestructura tecnológica, sistemas de información y servicios tecnológicos, complementado con conocimientos y habilidades en gestión empresarial, y a partir de allí aportar soluciones empresariales a las organizaciones con el uso intensivo de las TIC.” (Valencia-Duque & Bermón-Angarita, 2018).

El Administrador de Sistemas Informático tiene una formación que le permite tener conocimiento y habilidades en la gestión empresarial, abarcando el área de estudio de la administración, pero al mismo tiempo esa gestión empresarial es articulado con el desarrollo de habilidades, soluciones y servicios en TI, entrando así en el campo de estudio de la tecnología. Association for Computing Machinery (ACM) presenta recomendación de curriculum's para formación en los campos de tecnologías, en el siguiente grafica vemos el área de conocimiento que tendría el administrador de sistemas informático:



**Figura 1.** Áreas de estudio de los sistemas de información (ACM, 2016)

Es claro como el perfil del Administrador de Sistemas Informático es transversal a las áreas de estudio de la administración y la tecnología, permitiéndole tener una visión completa de la organización y a partir de esta visión definir una apropiación de las TI en las organizaciones. El Administrador de Sistemas Informático tiene la capacidad de definir la dirección y políticas de TI alineadas con las estrategias de la organización, al tiempo que puede proponer soluciones y servicios de TI que le permita a la empresa cumplir con sus metas organizacionales.

Partiendo del perfil y la formación del Administrador de Sistemas Informático es claro ver su afinidad con el CIO, es decir, el Administrador de Sistemas Informático es formado para asumir un rol de líder de TI dentro de las organizaciones y este líder estratégico de TI es el papel que desempeña el CIO en las empresas. Es esa afinidad entre los habilidades y conocimientos de ambos perfiles y esa transversalidad en varios campos de estudio que abarcan, que se puede ver como el Administrador de Sistemas Informático es formado o se le ofrece los conocimientos y competencias necesarias para que dentro de la organización tenga la capacidad de asumir el papel del CIO.

Es importante también tener claro que el Administrador de Sistemas Informático no solo puede abarcar el papel del CIO en las organizaciones, sino que al contrario debido a su nutrida formación en temas de gestión y de TI tiene la capacidad de desempeñar otros papeles en las organizaciones. Para este caso y partiendo de la discusión que se presenta hasta el momento donde el CIO “está más cerca del negocio y se preocupa mucho más de la forma como la tecnología agrega valor y apoya las decisiones empresariales” (Valencia-Duque & Bermón-Angarita, 2018), el profesional en Administración de Sistemas Informáticos tiene como objetivo de agregar valor con las TI a las empresas entiendo sus necesidades y objetivos.

Es de importancia resaltar que dentro de la enseñanza que tiene el Administrador de Sistemas Informático se encuentran cuerpos del conocimiento como es el Gobierno de TI y la Gestión de TI, los cuales son los campos organizaciones que el CIO lidera y maneja como se explicaba en apartados anteriores, además la administración de sistemas informáticos le da al CIO la formación para tener “conocimiento de la tecnología de la información estratégica (TI) del CIO, el conocimiento estratégico del negocio y el poder estructural” (Shao, Wang, & Feng, 2016) reforzando como este tipo de profesionales cumplen con las características para desempeñar el papel del CIO en las organizaciones.

Por último, “A medida que las organizaciones se preparan para enfrentar y competir en la era digital, el papel del CIO se está volviendo muy exigente.” (Singh, 2015) por lo cual se vuelve cada vez más necesario que la academia responda a la formación de estos nuevos ejecutivos de alto poder en las organizaciones.

### **Conclusiones**

El uso de las tecnologías de la información ha modificado las estructuras organizacionales tradicionales y haciendo que surja nuevas necesidades al interior de estas, como es el caso del CIO con el cual se busca el líder de TI. El CIO es uno de los cargos directivos más importantes debido a que es la mayor autoridad en las organizaciones con respecto a las TI y es por esto que su formación debe ofrecerle la capacidad de entender la organización y las TI.

Con el surgimiento de nuevos perfiles al interior de las empresas, la academia por su parte debe responder a nuevas necesidades del conocimiento debido a la dinámica que se presenta con las TI dentro de las organizaciones. La Administración de Sistemas Informáticos es una formación que surge justamente en la nueva dinámica entre las empresas y las TI, donde el perfil de esta profesión se ve claramente como la persona con los conocimientos y habilidades para desempeñar el papel del CIO en cualquier organización.

Para todos es fácil percibir como las tecnologías están modificando de forma sustancial los cargos o profesiones en la sociedad, y es en este surgimiento de nuevos campos de estudio interdisciplinarios que surge por ejemplo la Administración de Sistemas Informáticos, la cual atiende la necesidad de articular la estrategia empresarial con las TI para potencializar el valor agregado de las TI en la organización y poder tener profesionales que lideren las TI en las empresas, es decir, cubrir la necesidad de formación del líder de TI o el CIO.

### **Referencias:**

ACM. (2016). Computer Engineering Curricula 2016 CE2016 Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Engineering A Report in the Computing Curricula Series Joint Task Force on Computer Engineering Curricula Association for Computing Machinery (A. <https://doi.org/10.1145/3025098>)

Bhatt, G.D. y Grover, V. (2005). Types of information technology capabilities and their role in competitive advantage: An empirical study. *Journal of Management Information Systems*, 22(2), 253–277

“Chief Digital Officer” es el próximo título ejecutivo, dice Gartner. (n.d.). Retrieved November 3, 2019, from <https://betanews.com/2012/10/22/chief-digital-officer-is-the-next-hot-executive-title-says-gartner/>

Cots, S. (2012). La estandarización de la gestión de TI a través de ISO / IEC 20000. In VII Congreso Académico Internacional en Gobierno y Gestión del Servicio de TI. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/258820429>

E Costa, A. S. A., De Sousa Varajao, J. E. Q. A., & Dos Santos, V. M. P. D. (2017). Avaliação Holística do Desempenho Potencial do Gestor de Sistemas de Informação. In Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI. IEEE Computer Society. <https://doi.org/10.23919/CISTI.2017.7975794>

Fortalecimiento TI. (n.d.). Retrieved from <https://www.mintic.gov.co/gestion-ti/CIO/>

Gálvez Albarracín, E. J., Riascos Erazo, S. C., & Contreras Palacios, F. (2014). Influencia de las tecnologías de la información y comunicación en el rendimiento de las micro, pequeñas y medianas empresas colombianas. *Estudios Gerenciales*, 30(133), 355–364. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2014.06.006>

Gurbaxani, V. y Whang, S. (1991). The impact of information systems on organizations and markets. *Communications of the ACM*, 34 (1), 59-73

ISACA (2012), Cobit 5

Marulanda Echeverry, C. E., López Trujillo, M., & Valencia Duque, F. J. (2017). Gobierno y gestión de ti en las entidades públicas. *AD-Minister*, (31), 75–92. <https://doi.org/10.17230/ad-minister.31.5>

Nenkov, N., Sushchenko, O., & Dyachenko, Y. (2017). Role of chief information officer within the system of human resource development in service organizations (tourism). *Economic Annals-XXI*, 165(5–6), 97–103. <https://doi.org/10.21003/ea.V165-20>

Richardson, V. J., Sanchez, J. M., Setia, P., & Smith, R. (2018). Determinants and consequences of chief information officer equity incentives. *International Journal of Accounting Information Systems*, 31, 37–57. <https://doi.org/10.1016/j.accinf.2018.09.005>

Shao, Z., Wang, T., & Feng, Y. (2016). Impact of chief information officer's strategic knowledge and structural power on enterprise systems success. *Industrial Management and Data Systems*, 116(1), 43–64. <https://doi.org/10.1108/IMDS-05-2015-0186>

Shin, N. (2007). Information technology and diversification: How their relationship affects firm performance. In *En System Sciences. 40th Annual Hawaii International Conference on (7-7) IEEE*.

Singh, K. D. (2015). Chief information officer's role - Addressing agenda beyond role definition. *International Journal of Information Systems and Change Management*, 7(4), 338–352. <https://doi.org/10.1504/IJISCM.2015.075644>

Valencia-Duque, F. J., & Bermón-Angarita, L. (2018). La administración de sistemas informáticos, una alternativa a la formación del profesional en tecnologías de información y comunicaciones. *Revista Educación En Ingeniería*, 13(25), 44. <https://doi.org/10.26507/rei.v13n25.836>

## Foro 6: Avances de la industria 4.0 y aplicaciones de Inteligencia Artificial

<p><b>Carlos Felipe Ordoñez Urbano</b> Daniel Alejandro Cano Saenz Rubiel Vargas Cañas</p>	<p style="text-align: center;"><b>Implementación de un sistema computacional para identificación de especies maderables empleando aprendizaje automático</b> Univerisdad Del Cauca Popayán, Colombia</p>
<p><b>Jimy Alexander Cortes</b> Cristian David López</p>	<p style="text-align: center;"><b>Algoritmo híbrido basado en pixeles para la identificación a de imágenes digitales alteradas</b> Universidad Tecnológica De Pereira Pereira, Colombia</p>
<p><b>Juan Pablo Restrepo Castañeda</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>APP y asistente de movilidad para invidentes</b> Institución Universitaria de Envigado Envigado, Colombia</p>
<p><b>David Alonso Hernández López</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>La nueva revolución: construyendo una cultura hacia la transformación</b> Coporación Universitaria Remington Medellín, Colombia</p>
<p><b>Lina María Montoya Suarez</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Frameworks para el desarrollo de un aplicativo web para gestión de inventario musicales con visual studio</b> Universidad Catolica Luis Amigo Medellín, Colombia</p>



## Implementación de un sistema computacional para la Identificación de especies maderables empleando Aprendizaje Automático

Daniel Alejandro Cano Sáenz, Carlos Felipe Ordoñez Urbano, Rubiel Vargas Cañas y  
Holman Raúl Gaitán Mesa  
Universidad del Cauca  
Colombia

### Sobre los autores

**Daniel Alejandro Cano Sáenz:** Estudiante de último semestre de Ingeniería Física. Su trabajo de grado se centra en el desarrollo de técnicas que permitan la creación de modelos computacionales que puedan ser usados en la industria. Entre sus áreas de interés se encuentran: visión por computador y aprendizaje automático, Universidad del Cauca.

**Correspondencia:** [dacano@unicauca.edu.co](mailto:dacano@unicauca.edu.co)

**Carlos Felipe Ordoñez Urbano:** Magíster en Ciencias Físicas, docente asociado de la Universidad del Cauca. Sus áreas de investigación son: Machine learning Visión Artificial, Internet de las cosas, programación web. Universidad del Cauca

**Correspondencia:** [cfordonez@unicauca.edu.co](mailto:cfordonez@unicauca.edu.co)

**Rubiel Vargas Cañas:** PhD. en Ingeniería Biomédica. Docente Titular de la Universidad del Cauca. Sus áreas de investigación son: Procesamiento Digital de Señales e Imágenes, Aprendizaje Automático y Deep Learning. Universidad del Cauca.

**Correspondencia:** [rubiel@unicauca.edu.co](mailto:rubiel@unicauca.edu.co)

**Holman Raúl Gaitán Mesa:** Ingeniero Forestal, Profesional especializado - Subdirección de gestión ambiental,. Sus áreas de trabajo son: Ordenación forestal, Aprovechamiento forestal, Gobernanza forestal y deforestación. Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC).

**Correspondencia:** [hgaitan@crc.gov.co](mailto:hgaitan@crc.gov.co)

### Resumen

En Colombia, se estima que el 47% de la madera que se consume proviene de fuentes desconocidas o ilegales, generando un impacto ambiental y socioeconómico muy alto. Además, los mecanismos de control y vigilancia en la cadena de transporte y custodia de la madera son muy limitados. Dentro de las técnicas que han surgido en la identificación de maderas, existen aquellas que potencializan el uso de información de la estructura interna de las especies maderables, en particular, la observación de las características anatómicas que permite la discriminación por medio de análisis macroscópico. Sin embargo, la escasez de

anatomistas de la madera hace que esta técnica tampoco sea de uso extendido. En este trabajo se presenta un modelo computacional para la identificación de especies maderables, a partir del uso de tecnologías de Machine Learning. El modelo se probó con un dataset de nueve diferentes especies de maderas y se evaluó el desempeño en el proceso de identificación, alcanzando un índice de correlación de Matthews superior al 90% con lo cual se contribuye a la generación de herramientas que ayuden a verificar las maderas que se transportan y comercializan en la región, y reduzca la subjetividad en el proceso.

**Palabras Claves:** Aprendizaje de máquina, dendrología, identificación de maderas, redes neuronales convolucionales, tráfico de maderas, transferencia de aprendizaje.

## Implementation of a computational system in order to perform wood species identification using Machine Learning

### Abstract

*It is estimated that, in Colombia, 47% of the wood consumed comes from unknown or illegal sources, generating a very high environmental and socioeconomic impact. Furthermore, mechanisms of control and surveillance, in the timber transport and custody chain, are very limited. Among the techniques that have emerged in the identification of wood, there are those which potentiate the use of information on the internal structure of timber species, in particular, observation of anatomical structures that allows discrimination through macroscopic analysis. However, this technique is not widely used due to the shortage of wood anatomists. This paper presents a computational model for identification of timber species, based on the use of Machine Learning technologies. The model was tested with a dataset of nine different wood species and the performance in the identification process was evaluated by confusion matrix, reaching a Matthews correlation index greater than 90%, which contributes to the generation of tools that help verify the woods that are transported and commercialized in the region, and reduce the subjectivity in the process.*

**Keywords:** Machine learning, dendrology, wood identification, convolutional neural networks, wood trafficking, Transfer learning.

### Introducción

Los bosques tienen un valor incalculable que trasciende de los elementos tangibles que pueden ser extraídos, a los servicios ecosistémicos que proporcionan, entre los cuales se encuentran el almacenamiento de carbono, la regulación del clima y la participación en el ciclo hidrológico (Editorial, Nature Climate Change, 2019). Globalmente la amenaza a los bosques crece con el aumento de la población debido a que se requiere de un área mayor

para la agricultura, la conversión de terreno que esta necesidad implica es la causa principal de la deforestación. La tala ilegal de árboles y la tala de forma no sostenible es producto de una alta demanda de papel y madera de bajo costo, que sigue siendo la mayor amenaza para el medioambiente; aspectos con alta responsabilidad en la degradación de los bosques (World wildlife, Forest, 2019).

El Ministerio de Ambiente de Colombia y Oficina Nacional de Bosques (ONF Andina) en su reporte “Uso y legalidad de la madera en Colombia” estima que el 47% de la madera que se consume en el país proviene de fuentes desconocidas o ilegales. Además, las autoridades ambientales no tienen la capacidad suficiente para ejercer un control estricto sobre la cadena productiva de madera porque carecen de los medios necesarios para comprobar el origen (geográfico), la edad y la especie a la que pertenece un árbol después de cortado (MinAmbiente, CARDER, WWF, FedeMaderas, 2009), frente a la declaración de los certificados o salvoconductos que se otorgan (documentos que emite una autoridad competente empleados para explotación y transporte de maderas).

En este sentido, a nivel mundial se ha aplicado una amplia variedad de sistemas de trazabilidad para identificar y rastrear madera (Tzoulisa & Zaharoula, 2013). No obstante, cada método muestra variadas limitaciones debido a los costos, implementación práctica o las condiciones climáticas. Estas aplicaciones van desde taladrar, coloración, registro de código de barra, o técnicas desarrolladas con mayor especificidad como huellas de ADN, uso de transmisores RFID, entre otros, descritos en Tzoulisa & Zaharoula (2013). En Colombia, estas técnicas aún se hacen muy complejas de emplear por costos y adicionalmente por la necesidad de expertos en el tema, que las hacen poco viables a gran escala o uso masivo.

Actualmente, dentro de las técnicas que han surgido, existen aquellas que potencializan el uso de información sobre la estructura interna de la madera, en particular, la observación de las características anatómicas que permite la identificación hasta el nivel de género por medio de análisis macroscópico, o en ocasiones a nivel de especie por medio de análisis microscópico, sin embargo la escasez de anatomistas de la madera (GTTN, news, 2019) hace que esta técnica tampoco sea de uso extendido. Esta tarea ha sido automatizada múltiples veces por medio de sistemas de visión por computador (Silva, N. R. D. et al, 2018) que emplean análisis de texturas, matrices de coocurrencia, filtros Gabor, entre otros (Barboutisa, Dimitropoulosb, Grammalidisb, Barboutisa & Lefakis, 2018)(Tou, Lau & Tay 2007)(Schraml, Charwat-Pessler, Petutschnigg & Uhl, 2015). Por otro lado, también se han introducido el uso de modelos computacionales más robustos y confiables con deep learning haciendo uso de redes neuronales convolucionales para la identificación de maderas y afines (Shustrov, Eerola, Lensu, Kälviäinen & Haario, 2019) (Ravindran, Costa, Soares & Wiedenhoft, 2018)(Apolinario, Huamán, & Clostre, 2018)(Affonso, Debiaso, Antunes & Ponce de Leon, 2017) los cuales son estudios que se plantean con especies maderables específicas, en regiones donde la tala ilegal es muy alta como Malasia, Vietnam, Brasil y algunas zonas africanas. Sin embargo, no han sido estudiadas o adaptadas para ser operativas con las especies de la región colombiana (Figura 1), debido en parte, a que no existe una taxonomía clara de las especies maderables, así como de una colección de imágenes representativas de las maderas en Colombia.

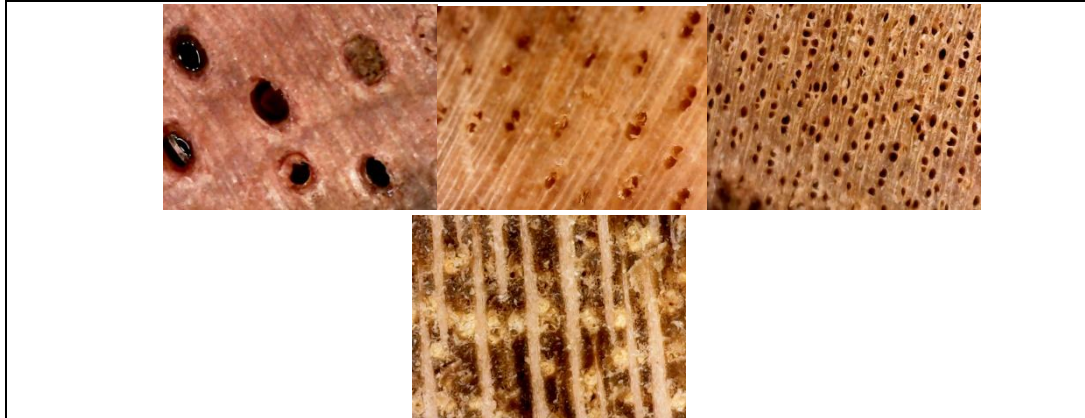


Figura 1. Imágenes macroscópicas de especies maderables, Colombia.

Adicionalmente, las redes neuronales convolucionales han alcanzado resultados muy satisfactorios para clasificación de imágenes (Simonyan & Zisserman, 2015)(Liu & Deng, 2015)(Russakovsky et al., 2015)(Krizhevsky, Sutskever & Hinton, 2012), donde, la necesidad de grandes volúmenes de imágenes en un dataset es fundamental para lograr una confiabilidad satisfactoria. Un mecanismo para solventar la falencia de datasets muy grandes, es aplicar transfer learning que permite generar un modelo de clasificador competitivo empleando un número moderado de datos o imágenes sobre redes pre-entrenadas (Pan & Yang, 2010)

Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de este artículo es presentar un modelo computacional basado en algoritmos de Deep Learning a partir del transfer learning de redes neuronales Convolucionales (CNN) sobre imágenes macroscópicas de especies maderables del Cauca, donde se evalúa su desempeño como sistema identificador de especies maderables.

### **Metodología:**

El desarrollo del presente trabajo, se fundamenta en una metodología muy empleada en el análisis de datos, la cual es CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining) (Figura 2), que permite tener una estructura organizada para las diferentes etapas que se llevaron a cabo en este estudio. Con base esta metodología, se ha dividido esta sección en cuatro etapas: Entendimiento de Datos de las imágenes, Preparación del dataset, Modelamiento donde se aplica Deep learning, Evaluación y desempeño del modelo sobre el dataset que conducen a los resultados, como se describe a continuación:

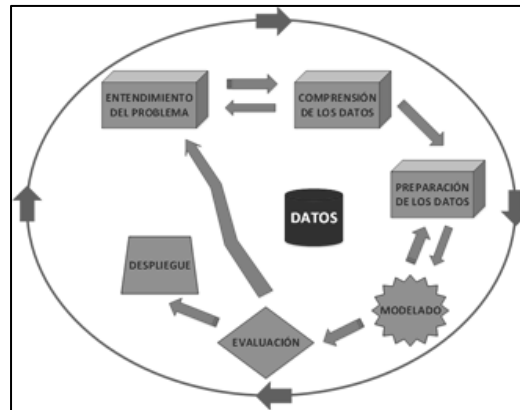


Figura 2. Diagrama de la metodología CRISP-DM

### Entendimiento de Datos

Para contar con un conjunto adecuado de datos, en este caso de imágenes de variadas clases de especies maderables, se adquirieron imágenes empleando un dispositivo conocido como lupa digital que permite observar de mejor manera los aspectos macroscópicos de la madera, con el propósito de establecer formas, rasgos característicos que se encuentran en las imágenes, así como la calidad de las mismas. Se logró contar con un conjunto de 9 especies de maderas Caucanas y un número de imágenes superior a las diez mil imágenes.

### Preparación de datos

Las imágenes se etiquetaron en campo durante su adquisición por un experto/a en identificación de madera por medio de características organolépticas. Posteriormente, se hizo una revisión del dataset en el que se rectificó la correspondencia de clases haciendo uso de las características anatómicas visibles. Simultáneamente, se realizó una evaluación del enfoque de las fotografías y de la calidad del corte de la madera; dos factores críticos en la determinación de la cantidad de información que cada muestra aporta. Este proceso de anotaciones se llevó a cabo de forma manual, debido a que los métodos existentes en la determinación de la calidad de fotos están orientados a imágenes naturales (Talebi, H., & Milanfar, P., 2018) o a imágenes microscópicas binarias (Yang et al., 2018).

### Modelado

#### Redes neuronales convolucionales (CNN)

Las CNNs son modelos que han demostrado su capacidad para adaptarse en múltiples dominios, en problemas de clasificación y localización con imágenes. Representan la idea central del aprendizaje automático de disminuir la intervención humana en la construcción de herramientas autónomas. Dado un conjunto de datos lo suficientemente diverso estos modelos son aplicables a problemas reales por que son capaces de aislar los factores de variación relevantes; en este contexto se busca construir un sistema de identificación robusto a cambios en iluminación, orientación y defectos en el proceso de preparación de las muestras.

La evolución de las arquitecturas (CNNs) que se usan en visión por computador ha sido motivada en gran parte por mejorar el rendimiento de clasificadores en ImageNet, esto ha llevado a la construcción de modelos que cada vez requieren más recursos computacionales, y todavía está en debate si estos modelos de alto costo generalizan mejor en otros dominios (Kornblith, S., Shlens, J., & Le, Q. V., 2019), puntualmente aquellos en los que la cantidad de imágenes disponibles es limitada.

Un modelo con alta capacidad requiere de más recursos computacionales, más datos o técnicas más intensivas de regularización lo que dificulta el proceso de optimización. Lo anterior, nos lleva a seleccionar a la familia de arquitecturas EfficientNet para la experimentación en la generación de modelos. Esta familia de arquitecturas busca escalar modelos de forma óptima de acuerdo a los recursos disponibles.

El bloque básico de construcción se describe en la figura 3.

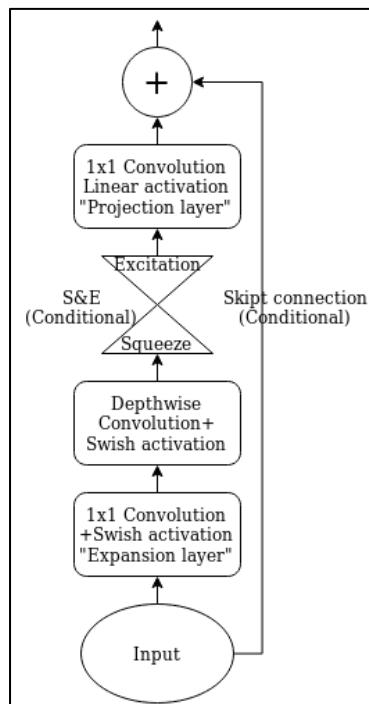


Figura 3. Esquema del bloque básico de construcción de EfficientNet

### Transfer learning

Es una técnica en aprendizaje automático que busca hacer uso del conocimiento adquirido por un sistema en una tarea específica, sobre otras tareas con elementos comunes. En el caso de clasificación de imágenes con CNNs, su forma más básica consiste en usar un modelo con parámetros previamente ajustados en un conjunto de datos grande como punto de partida para la generación de un modelo en otro dominio. En este trabajo se experimentó con la modificación de la última capa (lineal-densamente conectada), y el último bloque de convoluciones de EfficientNetB0.

### Ajuste del modelo-Entrenamiento

Se usó como punto de partida EfficientNetB0 previamente entrenada en ImageNet1M, donde se reemplazó la última capa lineal, la cual se inicializó aleatoriamente como se describe en (He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. , 2015), adicionalmente, se modificaron los parámetros del último bloque para mejorar la capacidad de discriminación. Como métodos de regularización se usó la aumentación de datos estándar de rotación, reflexión espejo y recorte aleatorio de la imagen (Simard, P. Y., Steinkraus, D., & Platt, J. C., 2003). Se usó dropout de 0.2 en el vector final de características. En total se optimizaron en Pytorch 700K parámetros por medio de RMSProp con tasa de aprendizaje de  $1 \times 10^{-3}$ , momentum de 0.9, y lotes de 32 imágenes. El entrenamiento de la red se realizó en las GPUs de uso público que provee Google Colab.

### Evaluación

Usualmente esta clase de modelos se evalúan con la matriz de confusión (Tabla 1); la cual permite cuantificar el desempeño del modelo. Para ello, el dataset se dividió en dos partes, una para el entrenamiento del modelo (70% de los datos) y otra para validación (30% de los datos). Los resultados reportados en la matriz de confusión corresponden a los alcanzados con el dataset de validación. De donde, para el caso de dos clases, se pueden calcular otros indicadores:

		Categoría asignada por el modelo	
		Clase 1	Clase 2
Categoría real	Clase 1	<b>Verdaderos Positivos (TP)</b>	<b>Falsos Negativos (FN)</b>
	Clase 2	<b>Falsos Positivos (FP)</b>	<b>Verdaderos Negativos (TN)</b>

Tabla 1. Estructura de la Matriz de Confusión

Exactitud (Accuracy): Es la proporción del número total de predicciones que fueron correctas.

$$Exactitud = \frac{(VP + VN)}{Total}$$

Sensibilidad (Recall): Es la proporción de casos positivos que se identificaron correctamente. Responde al cuestionamiento: Cuando la clase es positiva, ¿qué porcentaje se logró clasificar?

$$\text{Sensibilidad} = \frac{VP}{\text{Total positivos}}$$

Precisión: Es la proporción de los casos positivos pronosticados que fueron correctamente clasificados.

$$\text{Precisión} = \frac{VP}{\text{Total Clasificados Positivos}}$$

Coefficiente de correlación Matthews (CCM): es una medida de la calidad de las clasificaciones binarias y se considera una medida equilibrada que se puede utilizar incluso si las clases son de tamaños muy diferentes. El CCM devuelve un valor entre -1 (desacuerdo total entre la predicción y la observación) y +1 (predicción perfecta). Un coeficiente de 0 significa que la clasificación no es mejor que la predicción aleatoria

$$MCC = \frac{(TP \times TN - FP - FN)}{\sqrt{(TP + FP)(TP + FN)(TN + FP)(TN + FN)}}$$

Para el caso de clasificación multiclase, se usan las mismas métricas del caso de la clasificación binaria y se calculan como si fuera un problema de clasificación binaria, donde se elige una clase de interés como la clase uno y se agrupan todas las otras clases como pertenecientes a la segunda clase.

**Resultados:**

Con base en la preparación de los datos o imágenes, se genera un dataset de especies maderables que contienen nueve clases con 8.445 imágenes, como se observa en la tabla 2.

Nombre científico	Nombre comercial	Número de imágenes
<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto blanco	1039
<i>Dialyanthera gracilipes</i>	Cuangare	1031
<i>Cedrela Odorata</i>	Cedro costeño	1031
<i>Cedrelinga Cateniformis</i>	Achapo	1005



<i>Handroanthus chrysanthus</i>	Guayacán amarillo	991
<i>Fraxinus uhdei</i>	Urapan	950
<i>Humiriastrum procerum</i>	Chanul	919
<i>Cordia alliodora</i>	Nogal cafetero	833
<i>Campnosperma panamensis</i>	Sajo	646
Total		8445

Tabla 2. Especies maderables del Cauca que conforman el dataset de imágenes.

Se realizó el re entrenamiento del modelo de la red EffientNetB0 haciendo uso del dataset de entrenamiento (5.911 imágenes), y posteriormente, la validación del modelo empleando el dataset de prueba (2.534 imágenes). La evolución de los indicadores de desempeño para la red a medida que se examina y se adapta se presentan en la figura 4.

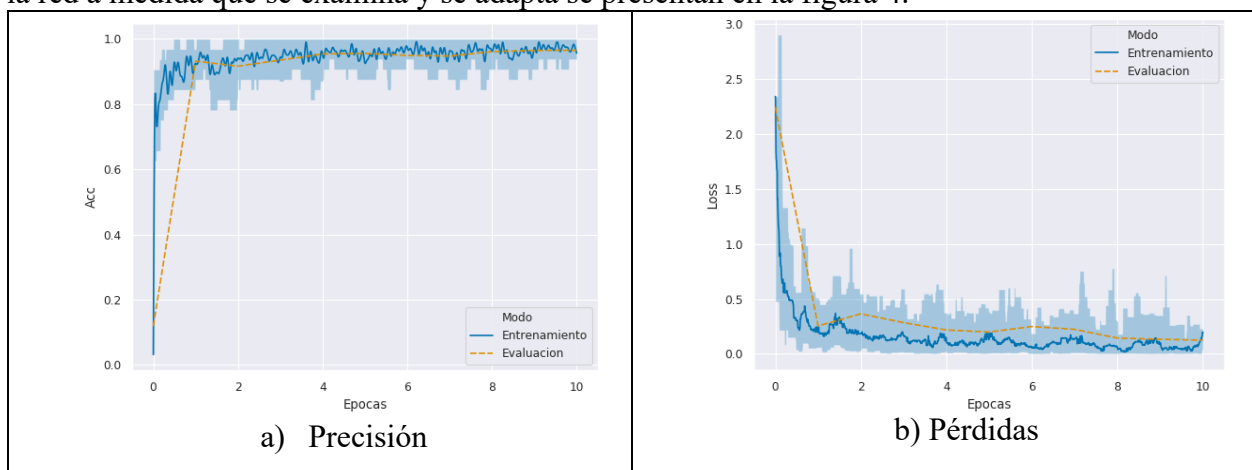


Figura 4. Gráficos de respuesta del modelo, a) Precisión, b) Pérdidas

Por otro lado, se obtuvo la matriz de confusión del proceso empleando el dataset de prueba que se muestra en la figura 5.

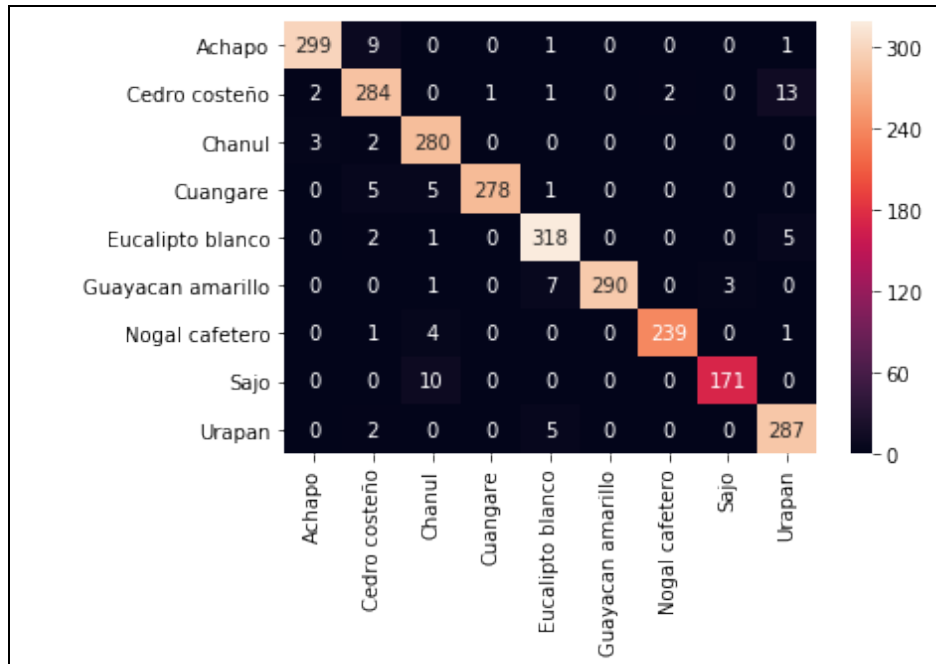


Figura 5. Matriz confusión del modelo

Los indicadores que evalúan el desempeño del modelo se detallan a continuación:

Indicador	Valor
Precisión	97%
Recall	96%
Coefficiente de Correlación de Matthews	0.96

Tabla 3. Resultados de los Indicadores de desempeño para el sistema

### Discusión de resultados:

Basados en los resultados anteriores se establece que según la tabla 1, el dataset de las imágenes de las especies maderables no fue balanceado para evitar el sobreajuste del modelo y para que refleje el desempeño en condiciones reales de operación.

En la figura 4 (gráficos) se refleja el comportamiento esperado de utilizar modelos de CNNs pre entrenados donde la convergencia para el gráfico (a) alcanza la estabilidad en las primeras épocas, el cual es un rasgo característico de este tipo de entrenamientos. De igual manera, en el gráfico (b) se observa que las pérdidas que ocurren durante la aplicación del modelo en las dos etapas de entrenamiento y prueba, se estabilizan muy rápido y ocurren en las primeras épocas. Por otro lado, es de resaltar que se ha obtenido un modelo regularizado debido a la implementación de transfer learning, el cual se puede observar en la cercanía que tienen las curvas de entrenamiento y de validación.

El modelo para identificación que se ha validado con las especies maderables seleccionadas muestra una matriz de confusión (Figura 5), que se caracteriza por tener los

aciertos sobre su diagonal, que son más altos que aquellos valores por fuera de ella; con lo cual se infiere que las equivocaciones del modelo aplicado son bajas. No obstante, es de anotar que las mejores clasificaciones se dan en especies como *Dialyanthera gracilipes*, *Handroanthus chrysanthus* y la que presenta mayor dificultad de ser identificada es la *Cedrela odorata*, que se atribuye a su alta variabilidad intra especie, lo que implica ausencia de características representativas expresadas en todas las muestras de esta clase.

Se considera que el sistema computacional basado en Deep learning empleando CNNs para la identificación de especies maderables de este trabajo, tiene indicadores de desempeño que muestran que las clasificaciones de imágenes de entrada se realizan de forma satisfactoria en la mayoría de los casos como se observa en la tabla 3, donde los coeficientes son cercanos a uno. Sin embargo, se debe evaluar cualitativamente el sistema para las diferentes equivocaciones que presenta, dado que existen múltiples factores que no lo hacen 100% fiable, como calidad de la imagen capturada, cantidad de características visibles, entre otras.

El modelo utilizado bajo los parámetros establecidos descritos en la metodología, presenta cierta robustez a pruebas que se realizan con imágenes de especies maderables, las cuales no pertenecen al dataset general o difieren en la magnificación de las capturas.

El trabajo realizado presenta un desempeño aceptable ya que al comparar los indicadores de rendimiento, se encuentran dentro de los rangos que algunos trabajos de investigación que emplean CNNs para clasificación de maderas han reportado en la literatura, como en Ravindran et al. (2018) y en Apolinario et al. (2018).

## Conclusiones

- La red neuronal convolucional (CNN) empleada en este trabajo ofrece un rendimiento aceptable como técnica computacional, que permita ser empleada como una herramienta complementaria en la identificación de especies maderables del Cauca.
- La identificación de especies maderables empleando Aprendizaje Automático tiene el potencial para avanzar hacia la aplicación sobre un mayor número de especies que mantengan la diversidad del dataset, reducción del número de imágenes y hacia la mejora en la robustez del sistema.
- Este trabajo es el primer acercamiento en la región, para aplicar algoritmos de deep learning a una problemática ambiental como lo es la tala y comercio ilegal de maderas.
- Se deben realizar pruebas de las especies maderables sobre otro tipo de arquitecturas de aprendizaje profundo que permitan evaluar y optimizar los desempeños con el propósito de generar a futuro una herramienta de apoyo para las corporaciones regionales de la zona.

## Agradecimientos

Este trabajo fue realizado gracias a los espacios e infraestructura que brinda la Universidad del Cauca, y a la disposición y colaboración por parte de la división de gestión ambiental de la corporación regional del Cauca (CRC), quienes han permitido y canalizado las herramientas para obtener un buen conjunto de imágenes de las especies maderables.

## Referencias:

[1] Affonso, C., Debiasio, A. L., Antunes, F. H., Ponce de Leon, A. C., (2017), Deep learning for biological image classification, *Journal Expert Systems with Applications*, Elsevier, Volume 85, 114-122, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.05.039>.

[2] Apolinario, M. P., Huamán, S. G., Clostre, G.,(2018), Deep Learning Applied to Identification of Commercial Timber Species from Peru, *IEEE XXV International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)*,(1), 5386-5491.

[3] Barmoutisa, P., Dimitropoulosb, K., Barboutisa, I., Grammalidisb, N., Lefakis, P., (2018), Wood species recognition through multidimensional texture analysis, *Computers and Electronics in Agriculture*, Elsevier, Volume 144, 241-248.

[4] Benefits of trees. *Nat. Clim. Chang. Editorial*, Volumen 9, 569 (2019), doi:10.1038/s41558-019-0556-z

[5] GTTN, (2019). Why wood anatomists are more in demand than ever!. Recuperado de <https://globaltimbertrackingnetwork.org/2019/05/17/why-wood-anatomists-are-more-in-demand-than-ever/>

[6] He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2015). Delving deep into rectifiers: Surpassing human-level performance on imagenet classification. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision* (pp. 1026-1034).

[7] Kornblith, S., Shlens, J., & Le, Q. V. (2019). Do better imagenet models transfer better?. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 2661-2671).

[8] Krizhevsky, A., Sutskever, I., Hinton, G. E., (2012), Imagenet classification with deep convolutional neural networks, *Advances in neural information processing systems*, 1097–105.

[9] Liu, S., Deng, W., (2015), Very Deep Convolutional Neural Network Based Image Classification Using Small Training Sample Size, 3rd IAPR Asian Conference on Pattern Recognition, 730-734.

[10] Pan, S. J., Yang Q., (2010), A survey on transfer learning. IEEE Trans Knowledge and data Engineering, Volume 22, Issue 10, 1345–1359.

[11] Ravindran, P., Costa, A., Soares R., and Wiedenhoef A., (2018), Classification of CITES-listed and other neotropical Meliaceae wood images using convolutional neural networks. Plant Methods, 14-25. <https://doi.org/10.1186/s13007-018-0292-9>.

[12] Russakovsky, O., Deng, J., Su, H., Krause, J., Satheesh, S., Ma, S., Huang, Z., Karpathy, A., Khosla, A., Bernstein, M., Berg, A. C., Fei-Fei, L., (2015), Imagenet large scale visual recognition challenge. International Journal of Computer Vision Volume 115, issue 3, 211–252.

[13] Schraml, R., Charwat-Pessler, J., Petutschnigg, A., Uhl, A., (2015), Towards the applicability of biometric wood log traceability using digital log end images, Computers and Electronics in Agriculture, Elsevier, Volume 119, 112-122.

[14] MinAmbiente, CARDER, WWF, FedeMaderas, (2009), Pacto intersectorial por la madera legal en Colombia. Recuperado de [https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/pacto-interseccional-de-madera/pacto-madera/pacto\\_intersectorial\\_maderalegal.aspx](https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/pacto-interseccional-de-madera/pacto-madera/pacto_intersectorial_maderalegal.aspx).

[15] Shustrov, D., Eerola, T., Lensu, L., Kälviäinen H., Haario, H., (2019), Fine-Grained Wood Species Identification Using Convolutional Neural Networks, Springer Nature Switzerland, Image Analysis, 67-77.

[16] Silva, N. R. D., Ridder, M. D., Baetens, J. M., Bulcke, J. V. D., Rousseau, M., Bruno, O. M., Baets, B. D., (2017), Automated classification of wood transverse cross-section micro-imagery from 77 commercial Central-African timber species, Annals of Forest Science, 74(2). doi: 10.1007/s13595-017-0619-0.

[17] Simard, P. Y., Steinkraus, D., & Platt, J. C. (2003). Best practices for convolutional neural networks applied to visual document analysis. In *Icdar* (Vol. 3, No. 2003).

[18] Simonyan, K., Zisserman, A., (2015), Very deep convolutional networks for largescale image recognition, Computer Science, ICLR2015.

[19] Talebi, H., & Milanfar, P. (2018). NIMA: Neural Image Assessment. *IEEE Transactions on Image Processing*, 27(8), 3998–4011. doi: 10.1109/tip.2018.2831899.

[20] Tou J. Y., Lau P. Y., , and Tay Y. H., (2007), Computer vision-based wood recognition system, International Workshop On Advanced Image Technology ((IWAIT).

[21] Tzoulisa, I., Zaharoula, A, (2013), Emerging Traceability Technologies as a Tool for Quality Wood Trade, 6th International Conference on Information and Communication Technologies in Agriculture, Food and Environment (HAICTA 2013), Elsevier, Procedia Technology 8, 606 – 611.

[22] WorldWildLife, Forest (n.d.), (2019). Recuperado de <https://www.worldwildlife.org/initiatives/forests>.

[23] Yang, S. J., Berndl, M., Ando, D. M., Barch, M., Narayanaswamy, A., Christiansen, E., ... Nelson, P. (2018). Assessing microscope image focus quality with deep learning. *BMC Bioinformatics*, 19(1). doi: 10.1186/s12859-018-2087-4.

## Un caso de aplicación: aprendizaje virtual aplicado a las matemáticas básicas

Lina María Montoya Suárez, María Isabel Garzón Álvarez  
Universidad Católica Luis Amigo  
Colombia

### Sobre los autores

**Lina María Montoya Suarez:** Ingeniera de Sistemas, Especialista en Ingeniería de Software, Máster en Ingeniería de Software perteneciente al grupo de Investigación SISCO. Docente de la Universidad Católica Luis Amigo. Investigadora Asociada.

<https://orcid.org/0000-0003-4381-1164>

[http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvylac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod\\_rh=0001456255](http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvylac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001456255)

**Correspondencia:** [lina.montoyasu@amigo.edu.co](mailto:lina.montoyasu@amigo.edu.co)

**María Isabel Garzón Álvarez:** Estudiante de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Católica Luis Amigo.

**Correspondencia:** [leslie.arrublava@amigo.edu.co](mailto:leslie.arrublava@amigo.edu.co)

### Resumen

**Palabras Claves:** Matemáticas básicas, aprendizaje basado en matemáticas básicas, Frameworks aplicados a las matemáticas, desarrollo web aplicado a las matemáticas.

## An application case: virtual learning applied to basic mathematics

### Abstract

**Keywords:** *Basic mathematics, learning based on basic mathematics, Frameworks applied to mathematics, web development applied to mathematics*

### Introducción

El desarrollo de software cuenta con herramientas que permiten dar soluciones novedosas, en la actualidad, se cuenta con las metodologías ágiles que orientan el desarrollo

de aplicaciones, basadas en prácticas y valores que permiten garantizar la soluciones a diferentes problemáticas y necesidades del entorno empresarial.

El manejo de inventarios es un proceso que permite conocer los productos y servicios que tiene una empresa en cuanto a costo, recurso, tiempo y stock; debido a estas necesidades se diseñó un desarrollo web versátil para los inventarios de equipos musicales, que permite saber con qué elemento se cuenta en una sala de grabación, horarios de reservas de las salas de manera profesional, agregar recordatorios de citas, asignación de espacio, alquiler de instrumentos entre otros, con el fin de reducir tiempo y optimizar el orden adecuado de los productores musicales.

Los estudios de grabación permiten reproducir material musical que se obtienen mediante registro de voz y música, estos espacios permiten tener al intérprete frente a frente, además de escuchar la producción y ser editada, poder contar con instrumentos, salas disponibles entre otros, esta necesidad llevó a desarrollar la aplicación web “Music Studio Inventory” para administrar, gestionar, reservar equipos musicales. En el trabajo se presentan los siguientes aspectos; estado del arte, framework, construcción de la página web, sugerencias para trabajos futuros y por último las conclusiones obtenidas.

### **Metodología:**

La metodología planteada se basa en una búsqueda sistemática a la literatura y con los hallazgos encontrados proponer una solución versátil que mejore el manejo de inventarios para salas de grabación usando metodologías ágiles. Esta sección presenta el método de búsqueda utilizado para identificar trabajos relacionados sobre Frameworks aplicado a inventarios, aplicativos para gestión de inventario web; se desarrolló una búsqueda de revisiones de literatura, artículos en desarrollo, artículos, libros, capítulos de libros y memorias de conferencias en bases de datos científicas con esto se revisaron artículos publicados en las siguientes revistas: *ACM*, *SciELO*, *ScienceDirect*, *RedALyC* y *IEEE*.

### **Rango de búsqueda**

El rango de búsqueda de documentos estuvo comprendido desde el año 2009 hasta la actualidad; En total se revisaron 29, de los cuales 5 publicaciones sirvieron como base para la investigación; 11 tesis, memorias de conferencias, reflexiones sobre Software aplicado a inventario y 18 artículos de revistas especializadas. Las palabras claves de búsqueda que se utilizaron fueron: *inventarios*, *desarrollo web de inventarios musicales*, *Frameworks*, *desarrollo de software de inventario*.

### ***Ecuaciones de búsqueda***

Las ecuaciones de búsqueda que se implementó en la investigación:

(1) (TITLE-ABS-KEY (Software de inventario) OR (Frameworks inventario) AND (((inventario) OR (((desarrollo web de inventario) OR ((Inventarios musicales) OR (Aplicaciones)))))) >2009



(2) (TITLE-ABS-KEY (Software de inventario) AND (Frameworks inventario) AND (((inventario) AND (((desarrollo web de inventario) AND ((Inventarios musicales) AND (Aplicaciones)))))) >2009

(3) (TITLE-ABS-KEY (Software de inventario) AND (Frameworks inventario) AND (((inventario) OR (((desarrollo web de inventario) AND ((Inventarios musicales) OR (Aplicaciones)))))) >2009

(2) (TITLE-ABS-KEY (Software de inventario) AND (Frameworks inventario) AND (((inventario) AND (((desarrollo web de inventario) AND ((Inventarios musicales) OR (Aplicaciones)))))) >2009

De la búsqueda se identificaron aplicaciones web para inventario que sirvieron como base para el desarrollo, ver Tabla 1:

*Tabla 1. Artículos sobre aplicativo web para inventario*

Nombre	Año
Sistema de facturación e inventario para centro de estética y belleza Bliss (Sistema SYSCEBLISS)	2019
Sistema web para mejorar el control de inventarios en la empresa Comercial Lucerito, 2018	2018
Implementación de un sistema web para la gestión de inventario de la empresa TEC COMPUTER S.A.C. – Huarney;	2018
Diseño e implementación de un software orientado a la web para la gestión de recetas, control de inventario y costeo para restaurante	2016

**Fuente:** elaboración de los autores

De los resultados de la búsqueda no se identificaron trabajos relacionados con la implementación de aplicaciones para inventarios musicales, adicionalmente, se buscaron aplicaciones en App Store, y no se encontraron.

### ***Proceso de construcción del software***

Para desarrollar el software de inventario se implementó un marco de trabajo basado en Scrum, una metodología ágil, reconocida y flexible que ofrece un conjunto de buenas prácticas para trabajar colaborativamente y obtener el mejor resultado posible de un proyecto (Ordaya Lock, 2015; Espana, González, Mendoza, Vera, & Morales, 2018).

Este trabajo tiene como base para el desarrollo web la implementación de Scrum con tres “sprint” de 30 días, para revisar el progreso se utilizó el tablero “Kanban” con “Trello” para cada una de las tareas e iteraciones a realizar del proyecto (Trigás Gallego, 2012) (Kniberg, Skarin, de Mary Poppendieck, & Anderson, 2010). El tablero Kanban tiene un mecanismo de control visual, con flujo de trabajo, para hacer seguimiento de los requisitos, típicamente, se usa un panel o pizarra con notas adhesivas o digital con las necesidades (Kniberg et al., 2010). Luego de realiza una serie de tareas en un periodo de tiempo para el desarrollo, en este tablero se estructuraron tres líneas de trabajo. TO DO (por hacer), DOING (haciendo) y DONE (hecho); cada tarea se organiza de acuerdo con el estado.

Para el desarrollo se definió en el primer sprint la planificación de los menús y el logging de “Music Studio Inventory”, en el segundo sprint se definió los menús usuarios, citas y salas, en el último sprint se desarrolló el inventario del aplicativo. Ver Figura 1.

De los resultados de la búsqueda no se identificaron trabajos relacionados con la implementación de aplicaciones para inventarios musicales, adicionalmente, se buscaron aplicaciones en App Store, y no se encontraron.

## Análisis de resultados o Desarrollo

Para desarrollo el software de inventario se implementó un marco de trabajo basado en Scrum, una metodología ágil, reconocida y flexible que ofrece un conjunto de buenas prácticas para trabajar colaborativamente y obtener el mejor resultado posible de un proyecto (Ordaya Lock, 2015; Espana, González, Mendoza, Vera, & Morales, 2018).

Este trabajo tiene como base para el desarrollo web la implementación de Scrum con tres “sprint” de 30 días, para revisar el progreso se utilizó el tablero “Kanban” con “Trello” para cada una de las tareas e iteraciones a realizar del proyecto (Trigás Gallego, 2012) (Kniberg, Skarin, de Mary Poppendieck, & Anderson, 2010). El tablero Kanban tiene un mecanismo de control visual, con flujo de trabajo, para hacer seguimiento de los requisitos, típicamente, se usa un panel o pizarra con notas adhesivas o digital con las necesidades (Kniberg et al., 2010). Luego de realiza una serie de tareas en un periodo de tiempo para el desarrollo, en este tablero se estructuraron tres líneas de trabajo. TO DO (por hacer), DOING (haciendo) y DONE (hecho); cada tarea se organiza de acuerdo con el estado.

Para el desarrollo se definió en el primer sprint la planificación de los menús y el logging de “Music Studio Inventory”, en el segundo sprint se definió los menús usuarios, citas y salas, en el último sprint se desarrolló el inventario del aplicativo. Ver Figura 1.



Figura 4: Sprint

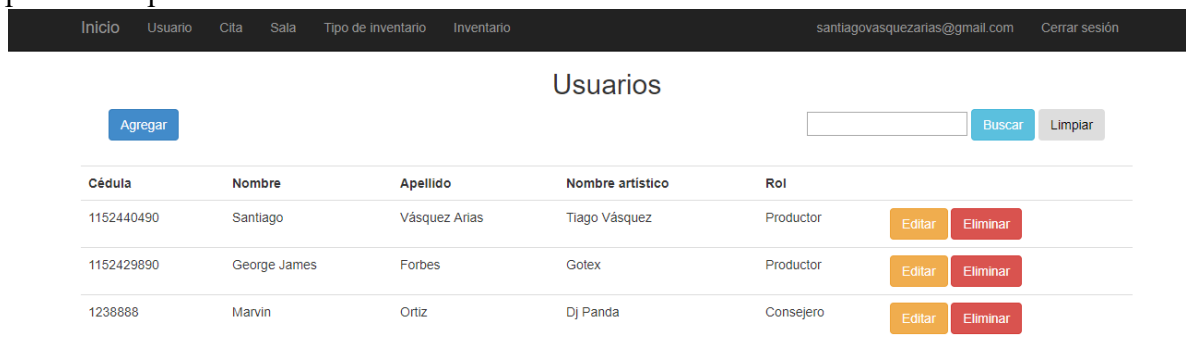
## Estructura de la página web Music Studio Inventory

La página Web está diseñada por una serie de vistas que tienen una estructura y menú, las vistas de Music Studio Inventory se desarrollaron en el lenguaje de programación Visual Studio con MySql.

En la pestaña para iniciar sección se encuentran los campos que indican introducir correo electrónico y contraseña, también un check donde se puede guardar los datos y tener la opción de reconocer tu cuenta en caso de no poder acceder o no recordar, puedes hacer un registro de ella. Además, en la pestaña registrarse, se debe diligenciar los campos requeridos. Los campos tienen validación, y en caso contrario se verificará si el correo ya se encuentra registrado y que las contraseñas tengan algún carácter mayúsculo y alfanumérico. Al iniciar sección el usuario podrá ver los menús del App Music Studio Inventory.

### Menú usuarios

Se encuentran unos botones que indican agregar, editar y eliminar y se puede observar en la figura el registro de los usuarios guardados, también tiene la opción de buscar y limpiar el campo si es necesario.



Cédula	Nombre	Apellido	Nombre artístico	Rol		
1152440490	Santiago	Vásquez Arias	Tiago Vásquez	Productor	Editar	Eliminar
1152429890	George James	Forbes	Gotex	Productor	Editar	Eliminar
1238888	Marvin	Ortiz	DJ Panda	Consejero	Editar	Eliminar

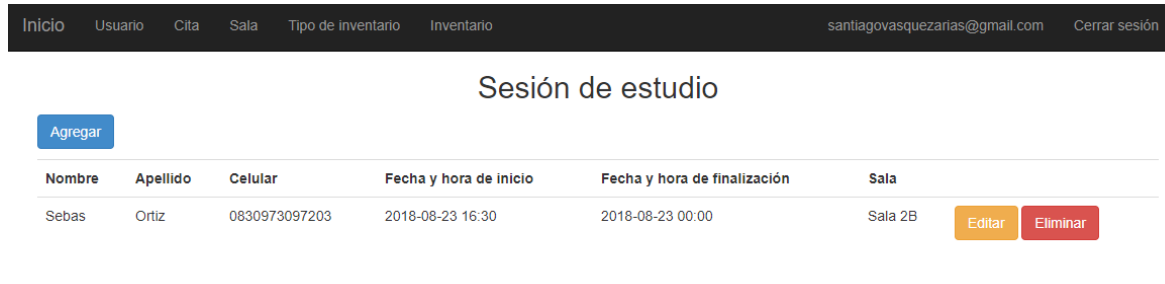
Figura 5. Usuarios

En cualquier botón que se le da clic sale el formulario con su debida acción como agregar, editar, eliminar, es importante tener presente que, al realizar la acción de eliminar, editar o guardar el sistema tiene parametrizado un mensaje de confirmación antes de proceder a cualquier acción.

### Menú Citas

Se debe tomar en cuenta que la acción de los botones es recíproca en las demás pestañas, se debe seguir el formato que indica los campos. Esta es la parte de menú citas se encuentra las reservas, cada vez que se guarda y se genera una cita, se envía un correo electrónico al

cliente donde se hace el recordatorio de la grabación o trabajo que se valla hacer en el estudio de grabación.



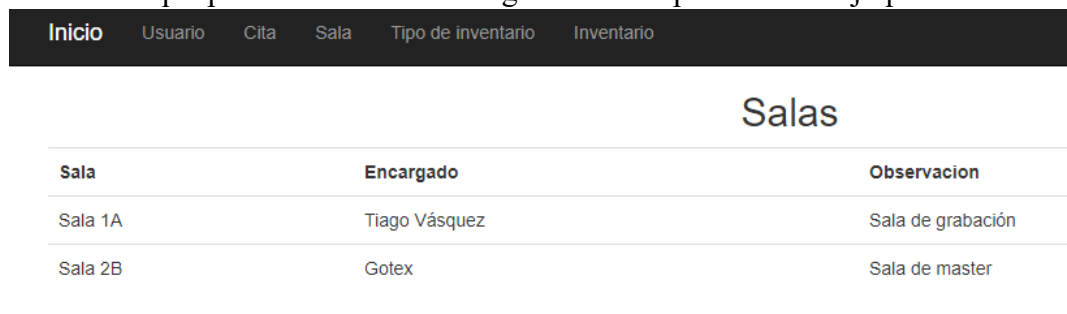
Nombre	Apellido	Celular	Fecha y hora de inicio	Fecha y hora de finalización	Sala		
Sebas	Ortiz	0830973097203	2018-08-23 16:30	2018-08-23 00:00	Sala 2B	Editar	Eliminar

Figura 6. Cita

Cuando se asigna la cita, el sistema envía un correo de confirmación al usuario que hizo la reserva.

### Menú Salas

Donde vemos que productores están a cargo de cada espacio de trabajo por salas.



Sala	Encargado	Observacion
Sala 1A	Tiago Vásquez	Sala de grabación
Sala 2B	Gotex	Sala de master

Figura 7.Sala

### Menú tipo de inventario

Donde se muestra la administración del tipo de inventario y así poder tener el control.

Inicio   Usuario   Cita   Sala   Tipo de inventario   Inventario
santiagovas

### Tipo de inventario

Agregar

Tipo	¿Es un computador?		
Instrumento	<input type="checkbox"/>	<span style="background-color: #ffc107; padding: 5px 10px;">Editar</span>	<span style="background-color: #dc3545; color: white; padding: 5px 10px;">Eliminar</span>
portátil	<input checked="" type="checkbox"/>	<span style="background-color: #ffc107; padding: 5px 10px;">Editar</span>	<span style="background-color: #dc3545; color: white; padding: 5px 10px;">Eliminar</span>
Escritorio	<input checked="" type="checkbox"/>	<span style="background-color: #ffc107; padding: 5px 10px;">Editar</span>	<span style="background-color: #dc3545; color: white; padding: 5px 10px;">Eliminar</span>

Figura 8. Tipo de inventario

### Menú Inventario

Se obtiene la parte de bodega, lo que se encuentra en cada sala, lo que cada usuario utiliza, observación, tipo y su respectiva información.

Inicio   Usuario   Cita   Sala   Tipo de inventario   Inventario
santiagovasquezarias@gmail.com   Cerrar sesión

### Inventario

Agregar

Buscar
Limpiar

Marca	Procesador	Disco duro	Memoria RAM	Serial	Observacion	Sala	Tipo		
Universal				Profile610	Targeta	Sala 1A	Instrumento	<span style="background-color: #ffc107; padding: 5px 10px;">Editar</span>	<span style="background-color: #dc3545; color: white; padding: 5px 10px;">Eliminar</span>
Apple	Core i7	1 T	16 GB	AP34P0	iMac	Sala 1A	portátil	<span style="background-color: #ffc107; padding: 5px 10px;">Editar</span>	<span style="background-color: #dc3545; color: white; padding: 5px 10px;">Eliminar</span>
Dell	Core i7	500 GB	16 GB	DLL34P1	Ultimate	Sala 2B	Escritorio	<span style="background-color: #ffc107; padding: 5px 10px;">Editar</span>	<span style="background-color: #dc3545; color: white; padding: 5px 10px;">Eliminar</span>
Ibanez				Gui765	Guitarra electrica	Sala 1A	Instrumento	<span style="background-color: #ffc107; padding: 5px 10px;">Editar</span>	<span style="background-color: #dc3545; color: white; padding: 5px 10px;">Eliminar</span>

Figura 9. Inventario

### Código Fuente Inventario Studio DAO

Esta clase se halla localizada en el directorio "Global.asax" las clases del Inventario Studio deben heredar de forma directa o indirecta de la clase "InventarioStudio" que hace parte de la infraestructura que comparten las clases del modelo en la aplicación y la estructura de directorios del Framework, ver código fuente en la Figura 7.

```

namespace InventarioStudioDAO
{
    using System;
    using System.Data.Entity;
    using System.Data.Entity.Infrastructure;
    public partial class DbInventariosStudioEntities : DbContext
    {
        public DbInventariosStudioEntities()
            : base("name=DbInventariosStudioEntities"){
        }
        protected override void
        OnModelCreating(DbModelBuilder modelBuilder)
        {
            throw new UnintentionalCodeFirstException();
        }
        public virtual DbSet<Cita> Cita { get; set; }
        public virtual DbSet<Inventario> Inventario { get; set; }
        public virtual DbSet<Sala> Sala { get; set; }
        public virtual DbSet<sysdiagrams> sysdiagrams { get;
set; }
        public virtual DbSet<Tipo> Tipo { get; set; }
        public virtual DbSet<Usuario> Usuario { get; set; }
    }
}

```

*Figura 10: Código fuente InventarioStudioDAO*

A continuación, se estructura el modelo estándar que es el responsable de definir la interfaz pública sobre los atributos de toda la clase principal ver Figura 8 y 9.

```

using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel.DataAnnotations;
namespace InventarioStudio.Models
{
    public class ExternalLoginConfirmationViewModel
    {
        [Required]
        [Display(Name = "Correo electrónico")]
        public string Email { get; set; }
    }
    public class ExternalLoginListViewModel
    {
        public string ReturnUrl { get; set; }
    }
    public class SendCodeViewModel
    {
        public string SelectedProvider { get; set; }
        public ICollection<System.Web.Mvc.SelectListItem> Providers { get; set; }
        public string ReturnUrl { get; set; }
        public bool RememberMe { get; set; }
    }
    public class VerifyCodeViewModel
    {
        [Required]
        public string Provider { get; set; }
        [Required]
        [Display(Name = "Código")]
        public string Code { get; set; }
        public string ReturnUrl { get; set; }

        [Display(Name = "¿Recordar este explorador?")]
        public bool RememberBrowser { get; set; }

        public bool RememberMe { get; set; }
    }
    public class ForgotViewModel
    {
        [Required]
        [Display(Name = "Correo electrónico")]
        public string Email { get; set; }
    }
    public class LoginViewModel
    {
        [Required]
        [Display(Name = "Correo electrónico")]
        [EmailAddress]
        public string Email { get; set; }
        [Required]
        [DataType(DataType.Password)]
        [Display(Name = "Contraseña")]
        public string Password { get; set; }
        [Display(Name = "¿Recordar cuenta?")]
        public bool RememberMe { get; set; }
    }
}

```

Figura 11. Código fuente Models

```

public class RegisterViewModel
{
    [Required]
    [EmailAddress]
    [Display(Name = "Correo electrónico")]
    public string Email { get; set; }
    [Required]
    [StringLength(100, ErrorMessage = "El número de caracteres de {0} debe ser al menos {2}.",
MinimumLength = 6)]
    [DataType(DataType.Password)]
    [Display(Name = "Contraseña")]
    public string Password { get; set; }
    [DataType(DataType.Password)]
    [Display(Name = "Confirmar contraseña")]
    [Compare("Password", ErrorMessage = "La contraseña y la contraseña de confirmación no
coinciden.")]
    public string ConfirmPassword { get; set; }
}
public class ResetPasswordViewModel
{
    [Required]
    [EmailAddress]
    [Display(Name = "Correo electrónico")]
    public string Email { get; set; }
    [Required]
    [StringLength(100, ErrorMessage = "El número de caracteres de {0} debe ser al menos {2}.",
MinimumLength = 6)]
    [DataType(DataType.Password)]
    [Display(Name = "Contraseña")]
    public string Password { get; set; }
    [DataType(DataType.Password)]
    [Display(Name = "Confirmar contraseña")]
    [Compare("Password", ErrorMessage = "La contraseña y la contraseña de confirmación no
coinciden.")]
    public string ConfirmPassword { get; set; }
    public string Code { get; set; }
}
public class ForgotPasswordViewModel
{
    [Required]
    [EmailAddress]
    [Display(Name = "Correo electrónico")]
    public string Email { get; set; }
}
}

```

Figura 9. Continuación del Código fuente Models

## Conclusiones

En este trabajo de investigación permitió desarrollar un aplicativo web con Visual Studio, el cual maneja el inventario de equipos musicales. Este desarrollo e implementación de Frameworks permite la gestión y administración de inventarios que facilita el trabajo, el uso y asignación de esta, además contribuye al incremento de su productividad, reserva y manejo de inventario generando calidad en el servicio. Se identificaron las necesidades para el control del inventario a través del análisis de sus procesos, facilitando la gestión y reserva de equipos musicales, este desarrollo facilito el manejo de la información de manera más eficaz si se compara con el proceso manual.



Los Frameworks de desarrollo son herramientas muy interesantes que cada vez se utilizan más para desarrollar aplicaciones y sitios web y que cada día solicitan más y más las empresas de este sector. Los Frameworks para el desarrollo de software permiten agilizar el proceso de desarrollo, facilitan la funcionalidad en diversos navegadores, permiten trabajar con layout simétrica, y refuerzan buenos hábitos de diseño.

## Agradecimientos

Los reconocimientos de personas, subvenciones, fondos, etc., deben ser breves. Esta sección es obligatoria **para artículos de investigación**, en esta parte del artículo el autor hace un reconocimiento a las personas o instituciones que le ayudaron en sus investigaciones. Se citan becas e instituciones que financian la investigación: firmas comerciales, entidades oficiales o privadas, asociaciones de profesionales y operarios. Esta sección **es opcional para artículos de reflexión**.

## Referencias:

- Bejarano González, J. M., & others. (2017). Inventario razonado de instrumentos musicales de la américa prehispánica en dos colecciones de la ciudad de Valladolid.
- Bustamante Gamarra, E. E., & Lozano Ruiz, K. M. (2015). Desarrollo de aplicación web basado en el modelo de revisión continua y utilizando la tecnología RFID para mejorar la gestión de inventarios de vehículos automotores menores en la empresa Lima Motor SRL.
- de la Rosa, M. (2014). *Logística y distribución comercial: modelos de gestión de inventarios con patrón de demanda potencial*. Universidad de La Laguna, Servicio de Publicaciones.
- del Rosario, J. (2018). Implementación de un sistema web para la gestión de inventario de la empresa tec computer sac--Huarmey; 2017.
- Espana, J. A. A., González, E. R., Mendoza, J. G. F., Vera, F. G., & Morales, P. G. (2018). APLICACIÓN DE MARCOS DE TRABAJO ÁGIL PARA EL DESARROLLO DE SOFTWARE EN AMBIENTES ACADÉMICOS. *Pistas Educativas*, 39(127).
- Jiménez, T., & Fernando, E. (2019). *SISTEMA DE FACTURACIÓN E INVENTARIO PARA CENTRO DE ESTÉTICA Y BELLEZA BLISS*. Quito.
- Kniberg, H., Skarin, M., de Mary Poppendieck, P., & Anderson, D. (2010). Kanban y Scrum--obteniendo lo mejor de ambos. *Prólogo de Mary Poppendieck & David Anderson*. ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA: C4Media Inc.
- Marin, J. A. P. (2016). *Diseño e implementación de un software orientado a la web para la gestión de recetas, control de inventario y costeo para restaurante*. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingenierías Eléctricas~....
- Muller, M., Sánchez, E., nchez Efra, S., Jos, H. A., & others. (2004). *Fundamentos de administración de inventarios*. Editorial norma.
- Ordaya Lock, R. A. (2015). Implementación de un sistema de información para una mype comercial con componentes de libros y facturación electrónica.
- Prawda, J. (1988). Retos del futuro. Teoría y praxis de la planeación educativa en México. *VV. AA., Antología. Mecanismos de adaptación a la implantación del proceso de*

*planeación educativa, México, INAP.*

Rios Vega, F. L. (2018). Sistema web para mejorar el control de inventarios en la empresa Comercial Lucerito, 2018.

TAHA, H. A. (1998). Investigación de operaciones una introducción .(Meza S.; R. Cruz & Fernández G., Traductores). Prentice Hall, México.

Trigás Gallego, M. (2012). Metodología scrum.

Zambrano, G., & David, C. (2017). *Desarrollo de un sistema en entorno Web para el control de la gestión del inventario de la Empresa Cuenca Llantas, utilizando como framework de Desarrollo Laravel*. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial.