

USO DE HERRAMIENTAS DE LA INDUSTRIA 4.0 EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS RURALES DE YOPAL COMO ESTRATEGIA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE COMPETENCIAS PERSONALES Y TÉCNICAS

USE OF INDUSTRY 4.0 TOOLS IN RURAL EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF YOPAL AS A STRATEGY FOR THE IDENTIFICATION OF PERSONAL AND TECHNICAL COMPETENCES



¹Andrea Isabel Barrera Siabato

²Juan Pablo Ávila Moreno

¹Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

²Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Fundación Universitaria de San Gil Unisangil.

Recibido: 31/03/20 Aprobado 12/04/20

RESUMEN

El uso de herramientas de la industria 4.0 viene posicionándose en el entorno actual como una competencia global de desarrollo tecnológico, de innovación y de aprendizaje que obliga a gobiernos, industrias, e instituciones educativas a reconfigurar la manera de concebir realidades y soluciones para las comunidades donde ejercen influencia. Las instituciones educativas rurales, no cuentan con los recursos necesarios que permitan a estudiantes y docentes el acceso a herramientas para ejecutar estrategias didácticas que den solución a problemas reales y favorezcan el desarrollo de competencias personales y específicas en ciencia, ingeniería y tecnología. Se busca caracterizar algunas de las tecnologías 4.0 disponibles para la enseñanza y el aprendizaje rural, atendiendo las necesidades que posee la comunidad desde el pensamiento disruptivo, bajo un enfoque metodológico exploratorio, descriptivo y de campo en cinco instituciones educativas rurales del municipio de Yopal, abordado bajo los principios del aprendizaje basado en problemas –APB–, desarrollando un aprendizaje significativo en el estudiante y fomentando la autonomía, el desarrollo de competencias digitales, de programación, robótica y de diseño asistido por computador con la concepción de prototipos viables y que identifiquen habilidades propias de la ingeniería en los estudiantes. Como resultado del ejercicio, desde la identificación de necesidades de la comunidad hasta el diseño de los prototipos, se expone el desarrollo de competencias necesarias en ésta cuarta revolución industrial, fortaleciendo: habilidades creativas, pensamiento crítico, adaptación al cambio, trabajo colaborativo, comunicación y el respeto a los demás, así como una primera aproximación vocacional real.

Palabras clave: aprendizaje basado en problemas, aprendizaje significativo, competencias, industria 4.0, impresión 3D, pensamiento disruptivo.

¹andrea.i.barrera@unad.edu.co, <https://orcid.org/0000-0003-2313-2471>

²jpavila@unisangil.edu.co, <https://orcid.org/0000-0003-3681-3399>

ABSTRACT

The use of Industry 4.0 tools has been positioning itself in the current environment as a global competition for technological development, innovation and learning that forces governments, industries and educational institutions to reconfigure the way of conceiving realities and solutions for the communities where they practice. influence. Rural educational institutions do not have the necessary resources to allow students and teachers access to tools to execute didactic strategies that solve real problems and favor the development of personal and specific skills in science, engineering and technology. The aim is to characterize some of the 4.0 technologies available for rural teaching and learning, attending to the needs of the community from disruptive thinking under an exploratory, descriptive and field methodological approach in five rural educational institutions in the municipality of Yopal, addressed under the principles of APB Problem-Based Learning by developing meaningful learning in the student and promoting autonomy, the development of digital, programming, robotics and computer-aided design competencies with the conception of viable prototypes and that identify engineering-specific skills in the students. As a result of the exercise, from the identification of community needs to the design of prototypes, the development of necessary competencies in this fourth industrial revolution is exposed, strengthening: creative skills, critical thinking, adaptation to change, collaborative work, communication and respect for others, as well as a real first vocational approach.

Keywords: *Problem-based learning, meaningful learning, competencies, Industry 4.0, 3D printing, disruptive thinking.*



1. INTRODUCCIÓN

En esta era de grandes cambios y transformaciones, la sociedad viene buscando una cohesión sólida entre necesidades de las comunidades, estatutos/políticas gubernamentales, requerimientos del sector productivo y modelos educativos que aporten de manera significativa a lo que demanda el mundo en ésta cuarta revolución industrial (Echeverría Samanes & Martínez Clares, 2018). De allí que emanen nuevos conceptos como el del pensamiento disruptivo desde una óptica empresarial y educacional, en donde autores como Bower y Christensen en 1995 marcaron el inicio de un enfoque de innovación, que fue ampliado más adelante en el año 2012 por Christensen, y que fundamenta su desarrollo en “crear un nuevo mercado de valor rompiendo o sustituyendo aquello que haya existido previamente con el fin de mejorarlo” (Christensen, 2016). Quiere decir esto que, desde el pensamiento disruptivo, se da la posibilidad de nuevos avances e innovaciones en los procesos de aprendizaje y reconocimiento mediante el uso de nuevas tecnologías que transforman, tiempo, espacios y tradicionales formas de aprender, solucionar necesidades reales y desarrollar competencias técnicas.

Teniendo este punto de partida es imposible no hablar de lo que se conoce hoy como aprendizaje significativo. El padre de la teoría David Paul Ausubel plantea, que un aprendizaje resulta significativo cuando “la persona interactúa con su entorno y de esta manera construye sus representaciones personales, siendo necesario que realice juicios de valor que le permiten tomar decisiones en base a ciertos parámetros de referencia” (Ausubel, Novak & Hanesian, 1983). En términos más sencillos un estudiante aprenderá y mejorará su competencia, cuando le encuentre sentido a aquello que aprende y no lo asocie de manera mecánica y memorística. Rivera Muñoz, en su estudio de 2014 menciona los requisitos básicos a considerar para que se pueda dar un aprendizaje significativo: el primero es tener en cuenta en el estudiante, experiencias previas (contenidos, conceptos, conocimientos). En segundo lugar, debe existir un mediador o facilitador que oriente el proceso de aprendizaje, estudiantes en proceso de autorealización y una interacción adecuada que desarrolle un juicio crítico que de valor y utilidad al nuevo contenido aprendido relacionándolo con el previo (Rivera Muñoz, 2014).

El aprendizaje significativo y sus fundamentos se enclava en la “corriente constructivista”, alejada completamente del aprendizaje tradicional, mecánico y memorístico. Se busca favorecer experiencias diferentes apoyadas en las inteligencias múltiples y las formas individuales de aprendizaje mediante el desarrollo de contenidos teóricos en un contexto real superando las fronteras de un salón de clases con una “apuesta que dote a los estudiantes de herramientas y competencias útiles y duraderas para el mundo de hoy” (Acosta Manganell, 2018).

Partiendo de la importancia del aprendizaje significativo en contextos sociales y experiencias reales, resulta útil identificar modelos de aprendizaje que potencialicen formas diferentes desde el crecimiento personal del estudiante, la innovación e investigación a través de “retos planteados que buscarán que los estudiantes den una respuesta y/o solución a cada iniciativa planteada” (Galván Bovaira & Manzanares Moya, 2017). Uno de estos modelos es el aprendizaje basado en problemas –ABP–, en donde el estudiante desarrolla un aprendizaje dinámico y participativo a partir de problemáticas de su entorno, identificando herramientas de solución que permitan alcanzar competencias que le preparen para continuar estudios superiores o que lo enfrenten a la vida laboral. En dichos escenarios los estudiantes interactúan con los docentes en la solución del problema por tanto es necesario que docentes y estudiantes adapten y/o modifiquen actitudes y conductas propias de la enseñanza tradicional (Díaz Barriga, 2005). Este modelo, apoyado en el estudio de Bejarano y Lirio, desarrolla en el estudiante competencia de tipo técnico, metodológico y participativo (saber, saber hacer y saber ser).

En cuanto a los modelos educativos vigentes, la enseñanza no es concebida en el marco de escenarios de vanguardia en donde estudiantes, docentes y los diferentes grupos de interés identifiquen los elementos físicos, sociales y ambientales susceptibles de mejora desde una perspectiva tridimensional para el desarrollo de habilidades ingenieriles como las mecánico-espaciales y de asociación (Rúa Ramírez, Jiménez Díaz, Gutiérrez Arias & Villamizar, 2018). En el objeto particular

del estudio, las instituciones educativas de Yopal, capital del departamento de Casanare, responden ante la Secretaria de Educación y Cultura cuyo eje misional y de gestión en los niveles de preescolar, básica y media se orienta al acompañamiento y asistencia técnica presencial y virtual mediante el sistema de gestión de la calidad educativa. Dentro de los indicadores y actividades de este sistema se reporta la articulación de los niveles educativos y el fortalecimiento de experiencias significativas en innovación, ciencia y tecnología (Alcaldía Municipal de Yopal, 2018).

Una de las metas como producto de calidad educativa es la de apoyar la creación e implementación de una herramienta tecnológica para el emprendimiento y el fortalecimiento de acciones de ciencia, tecnología e innovación en las veinticuatro instituciones educativas de Yopal con prioridad en la media técnica. Sin embargo, las capacidades y habilidades en ciencia, tecnología e innovación en Colombia tienen como factor común la concentración en las principales ciudades y áreas urbanas, dejando de lado o en plano secundario las áreas rurales. Casanare, según el Índice departamental de innovación para Colombia -IDIC- (DNP, 2017), se encuentra en un nivel de desempeño medio-bajo con grandes desafíos en instituciones y producción creativa, investigación y productos de nuevo conocimiento.

Quiere decir que, aunque existen políticas, planes y/o proyectos y metodologías con el fin de potenciar competencias de vanguardia en el estudiante, se tiene una doble resistencia al cambio, visto desde los dos enfoques trabajados en éste proyecto; por una parte, los modelos y docentes de la educación tradicional en zona rural se resisten a modificar sus estrategias y modelos de aprendizaje, al razonar que así es como se ha hecho siempre y ha resultado. Y por otra el uso de herramientas propias de la industria 4.0 crean temor y ansiedad en los mediadores, que las ven como una amenaza más que como un aliado que permitirá no solo alcanzar los resultados esperados en las asignaturas que imparten sino que a la vez solucionarán problemáticas comunes en donde el estudiante asociará conceptos previos, desplazará los actuales (pensamiento disruptivo), y propondrá un nuevo mecanismo/

prototipo que resulte en la utilidad de lo aprendido en un aula de clases y que deje ver las competencias esperadas por los futuros profesionales en ésta cuarta revolución industrial. Se trata entonces de conciliar y no refutar con la enseñanza tradicional el uso de estas tecnologías, más bien de aplicar modelos pedagógicos de innovación que orienten al alumno al logro de resultados prácticos en la era digital, y que a la vez sea el docente el encargado de crear y desarrollar nuevas estrategias didácticas que faciliten el aprendizaje significativo en temas que pueden tornarse abstractos o con una dificultad mayor de comprensión (Rúa Ramírez, Barrera Siabato & Moreno López, 2014).

Mencionando las herramientas propias de la industria 4.0, es importante contextualizar en su origen y evolución tanto en el sector productivo como el impacto que viene teniendo en el sector educativo. Los orígenes de la industria 4.0 se remontan al desarrollo tecnológico con impacto en los sistemas productivos y/o logísticos, iniciando con la máquina de vapor y la mecanización de los procesos, seguido por la producción en masa, la automatización y la robótica y de forma más reciente con la cuarta revolución industrial a través de “la integración, innovación y autonomía de procesos” (Cortés *et al.*, 2017) Estas herramientas contemplan el uso de tecnologías digitales en la fabricación de piezas para la industria y la incorporación de: “internet de las cosas, impresión 3D, la nube, cómputo móvil, big data, redes de sensores inalámbricos, sistemas embebidos, dispositivos móviles entre otros” (Wang, Wang, Gao & Váncza, 2014). Algunas de éstas tecnologías ya estaban siendo utilizadas, pero de manera aislada, en lo que tiene que ver con la industria de manufactura y su potencial de mejoramiento en indicadores de eficiencia operativa y el desempeño organizacional, que como aspecto a resaltar, apenas se están incorporando al sector educativo (Suárez, 2016).

Las herramientas más utilizadas por su facilidad de manejo y fomento a la creatividad y la innovación, corresponden a: impresoras 3D, placas de arduino, máquinas de control numérico computarizado (CNC) y robots didácticos, ampliamente utilizados en el mundo desde el pensamiento disruptivo en el ecosistema

educativo, médico e industrial (Muñoz Sánchez, Braza Lloret & Carreras de Alba, 2004). El uso principal de estas herramientas es el de explicar conceptos de modelamiento, diseño y fabricación de piezas que en algunos casos pasan a ser prototipos novedosos y que responden a una necesidad de la sociedad y principalmente de la industria (Mobile World Capital, 2015).

El uso de éstas tecnologías en el mundo, cuentan con experiencias interesantes en países como Inglaterra en donde las políticas de educación incluyen el “fomento al prototipado rápido por impresión 3D”. Este mecanismo promueve la enseñanza de la tecnología, la ciencia, la ingeniería y el diseño, apropiando de mejor manera los conceptos de la química, matemática y física al relacionarlos con situaciones cotidianas (Department for Education, 2013). Otro ejemplo exitoso lo ha desarrollado Francia, en donde la Fundación Utopía Maker, trabaja con población vulnerable. Las personas en ésta condición son vinculados para capacitarlos en herramientas tecnológicas de la industria 4.0 para desarrollar soluciones a problemáticas de personas en condición de discapacidad (Utopia Maker, 2017).

En Colombia, la Universidad del Norte en alianza estratégica con la Universidad Nacional de Medellín, son pioneras en implementar la tecnología digital inaugurando el primer laboratorio para la producción de prototipos a escala personal con máquinas controladas por computadores denominada Fablabs. Entre las novedades de este laboratorio se encuentra la de incluir programas de obras civiles haciendo uso de las impresoras 3D; estos avances han permitido que los estudiantes amplíen la capacidad de innovación y emprendimiento y se enfrenten a un mundo laboral de mejor forma a partir del desarrollo de habilidades y competencias intelectuales y de inteligencia espacial (FabLab, 2019).

A nivel regional el departamento de Casanare solo cuenta con una institución educativa pública con acceso a impresoras 3D, ubicada en Aguazul, vereda San José del Bubuy (Institución Educativa Luis María Jiménez). Sin embargo, el limitante se da frente al número de máquinas versus el número de estudiantes que

las utilizan y los docentes formados para darle uso a éstos equipos (IE Luis María Jiménez, 2017).

Finalmente, es importante resaltar que las grandes revoluciones conllevan grandes actualizaciones de todo tipo: productivo, empresarial y no puede quedar atrás el sector educativo, quien prepara los profesionales del mañana y que deben estar en perfecta alineación con lo que demanda el mundo de hoy frente al saber, saber hacer y el ser. De acuerdo con el estudio realizado por Valencia Cárdenas, *et al.*, y presentado en el Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería de ACOFI, los futuros estudiantes de ingeniería deben estar “preparados para identificar necesidades, proponer, diseñar y validar diversos componentes tecnológicos como solución, de no ser así tendría que reinventarse la profesión” (Valencia Cárdenas, Morales Gualdrón & Gaviria Giraldo, 2019).

Sin embargo, es de resaltar que la industria 4.0 no solo demanda competencias técnicas específicas, sino que requiere competencias en el ser que permitan desarrollar el trabajo en equipo mediante sanas “relaciones interpersonales, el emprendimiento, la innovación, el pensamiento crítico y la comunicación” (Amamou & Cheniti-Belcadhi, 2018). El inconveniente radica en la existencia “modelos teóricos” que, aunque muy bien estructurados son poco flexibles y prácticos e impiden el desarrollo de la “competencia del saber hacer”, entendida como la “disposición para realizar determinada acción” (Lensing & Friedhoff, 2018). Algunas de las estrategias utilizadas para la potenciación y desarrollo de las competencias a partir de la industria 4.0 se encuentran: aprendizaje basado en proyectos/problemas (Amamou & Cheniti-Belcadhi, 2018), la colaboración y articulación del sector educativo y la empresa (Harun, Isa, Mohamed, & Abdullah, 2013); las empresas de aprendizaje o Learning Factories (Abele *et al.*, 2015; Baena, Guarín, Mora, Sauza, & Retat, 2017; Sackey, Bester, & Adams, 2017) y las aulas virtuales (Azmi, Kamin, & Noordin, 2018; Schuster *et al.*, 2015).

Ya para el cierre de este estado del arte es importante mencionar que El Consejo Académico de la Cátedra

Abierta Iberoamericana de Desarrollo Tecnológico e Innovación Ibero-DeTI ASIBEL, en apoyo con la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI, Colombia, caracterizan las competencias de los estudiantes con potencial perfil para el estudio de ingeniería, bajo un enfoque de cuatro dimensiones: “académica, profesional, ambiental y social, que son perfectamente alineadas a las competencias personales y técnicas, las cuales deben ser fortalecidas no solo desde las universidades sino desde todos los niveles de formación en los contextos locales y globales y que puedan estar al paso con los grandes cambios tecnológicos y la resignificación de una sociedad cada vez más dinámica y moderna” (Giordano Lerena, 2016). Por lo tanto, se plantea el interrogante para el desarrollo del estudio sobre: ¿cuáles son las competencias específicas y personales que pueden desarrollar los estudiantes de grado décimo y once de las IE rurales de Yopal a través de la identificación de problemáticas locales y la propuesta de solución mediante el uso de herramientas de la industria 4.0?

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Tipo de investigación: el proyecto fue desarrollado bajo una metodología exploratoria, descriptiva de campo, que de acuerdo a lo mencionado por Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio (2006) desde lo exploratorio permite “contar con un panorama preliminar en relación con un tema en específico”, para éste caso de las competencias técnicas y personales, las herramientas de la industria 4.0 utilizadas en proyecto, modelo y metodología de aprendizaje significativo, aprendizaje basado en problemas que dejarán una o varias hipótesis planteada(s) para futuras investigaciones.

Desde lo descriptivo, dado que conlleva a la caracterización de “eventos, personas, herramientas, grupos o comunidades objeto del estudio”, esta información fue suministrada por Innolab 3D del oriente, como ejercicio educativo apoyado por los proyectos de impacto social de empresas privadas de la región y desde el semillero de ingeniería industrial SII de la

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD se plantea lo relevante de los hechos y desarrollo concreto de un proyecto (Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio, 2006).

2.2 Fuentes de información

Fuentes primarias: concebidas como “aquellas que contienen información original del estudio”. Corresponde a las entrevistas, apuntes e informes desarrollados por personal de Innolab 3D, encargado de ejecutar las actividades académicas propias del proyecto (Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio 2006).

Fuentes secundarias: descritas como “información resultante de la consulta especializada de datos sintetizados, elaborados con múltiples fuentes” (Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio, 2006). En este caso, se llevó a cabo la revisión documental, consultada a partir de bases de

datos indexadas en la web, Google Académico y las disponibles en la biblioteca virtual de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, relacionadas con: herramientas tecnológicas de la industria 4.0, pensamiento disruptivo, aprendizaje significativo, aprendizaje basado en problemas, indicadores del sistema educativo de Colombia y Casanare, impresoras 3D y experiencias exitosas nacionales e internacionales de proyectos, empleando las herramientas consultadas y competencias técnicas y personales requeridas en un entorno laboral.

2.3 Población de estudio y pruebas estadísticas

desarrolladas: se trabajó con una población finita de 5 instituciones educativas rurales del municipio de Yopal y un total de 210 estudiantes de grado décimo y once en las asignaturas de dibujo técnico, física general, química y tecnología para la vigencia 2018-2019. El número de estudiantes por corregimiento se registra en la Tabla 1.

TABLA 1

Instituciones educativas que participaron del proyecto

Nombre de la institución educativa	Corregimiento	Nº de estudiantes
Antonio Nariño	El Morro	90
Divino Salvador	La Niata	30
Salvador Camacho Roldán	Nunchia	30
Divino Salvador	Palo Bajito Sede 1	30
Antonio Nariño	La Yopalosa	30
Total		210

Fuente: autores a partir de información suministrada por Innolab 3D del Oriente.

2.4 Técnicas de procesamiento y análisis de datos:

se llevó a cabo la verificación y ordenamiento de datos, clasificación de criterios específicos de la investigación para el caso de fuentes primarias y secundarias, elaboración de matrices de resultados y finalmente técnicas lógicas de análisis y presentación de resultados (Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio, 2006).

Los instrumentos corresponden a: guías de observación diseñadas por el docente asignado por Innolab 3D y las conclusiones del guion de discusión grupal de cierre de la actividad. La Tabla 2 resume las técnicas e instrumentos empleados en el desarrollo del proyecto:

TABLA 2.

Técnicas e instrumentos de recolección de información

Técnica	Instrumento	Participantes	Resultado
Observación	Guía de observación en relación con los objetivos planteados. Lluvia de ideas.	Estudiantes, comunidad, docentes, sector productivo.	Identificación de necesidades no satisfechas o parcialmente satisfechas en cursos específicos (dibujo técnico, física, química y tecnología).
Entrevista	Guía de entrevista tipo pregunta abierta a estudiantes participantes del estudio.	Estudiantes participantes del estudio, comunidad.	Identificación de proyectos, competencias, perspectiva y enfoque.
Discusión grupal	Guía de discusión en el cierre de la actividad.	Estudiantes, comunidad, docentes, sector productivo.	Clasificación de competencias por perspectivas.

Fuente: adaptación de los autores a partir de Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio (2006)

2.5 Procedimiento, materiales y equipos: el proceso metodológico llevado a cabo para la recolección de información y presentación de resultados se describe en la Figura 1.

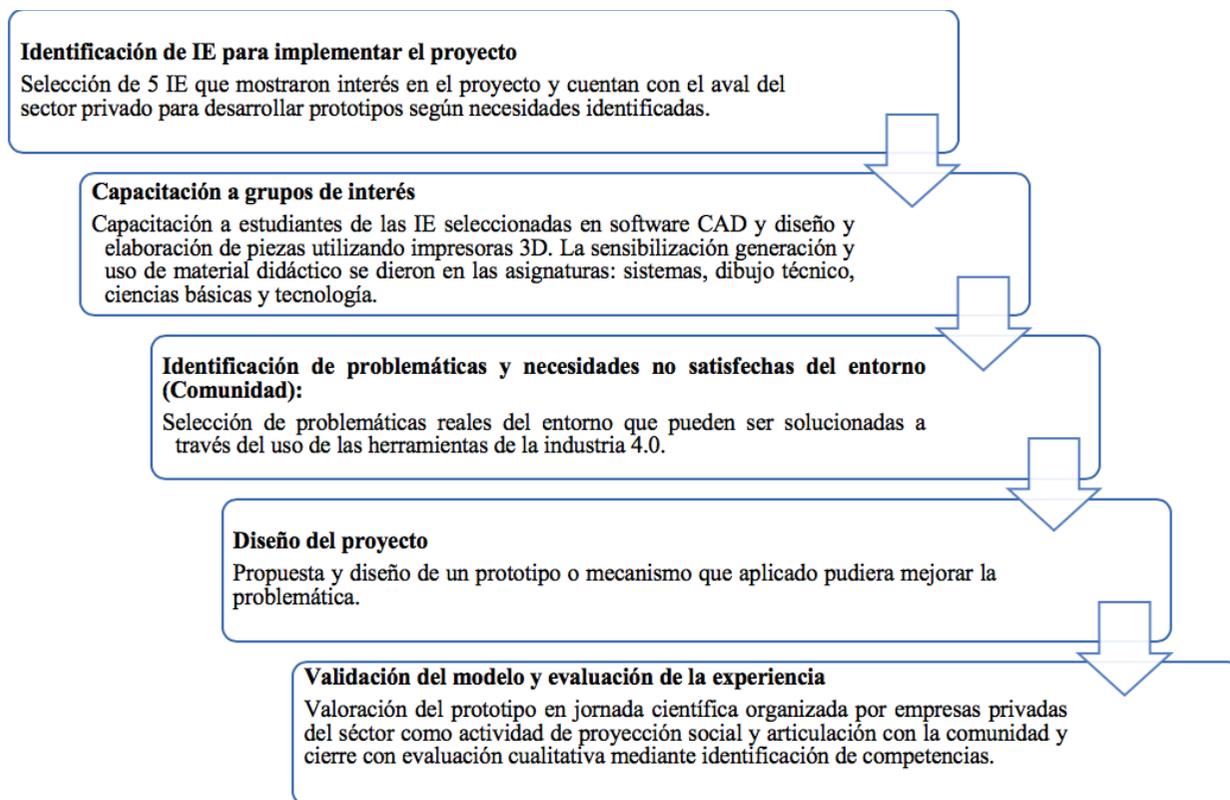


Fig. 1. Proceso metodológico para recolección de información y presentación de resultados.

Fuente: autores.

2.6 Materiales, equipos y software: los equipos empleados en los proyectos son: impresora 3D, placas de arduino, máquinas de control numérico computarizado CNC, robots didácticos. Frente a los materiales. Para el caso del software se emplearon de uso libre: FreeCAD y ThinkerCAD. Algunos de los materiales empleados para la impresión 3D de los proyectos corresponden a: PLA (poliácido láctico), PETG (tereftalato de polietileno glicol) y nylon.

entre los 14 y 16 años, de los cuales el 58 % son niños y 42 % niñas de los corregimientos rurales de El Morro, La Niata, Nunchia, Palo Bajito y la Yopalosa, zona de influencia de empresas de hidrocarburos que buscaban impactar la comunidad desde la academia, según funciones asignadas por la Agencia Nacional de Hidrocarburos –ANH–, en donde según contratos de las compañías se establecen programas sociales para las comunidades ubicadas en zonas de influencia directa, es decir donde se lleva a cabo la explotación de hidrocarburos (ANH, 2020).

3. RESULTADOS

Los resultados del proyecto son los siguientes:

3.1 Caracterización y jornadas de socialización

Los estudiantes que participaron del proyecto oscilan

Como actividad de reconocimiento para implementar uso de herramientas tecnológicas de la industria 4.0 en las instituciones educativas seleccionadas, fueron realizadas jornadas de 8 horas por institución educativa, para un total de 40 horas en todo el proyecto. La ruta metodológica seguida fue la siguiente:

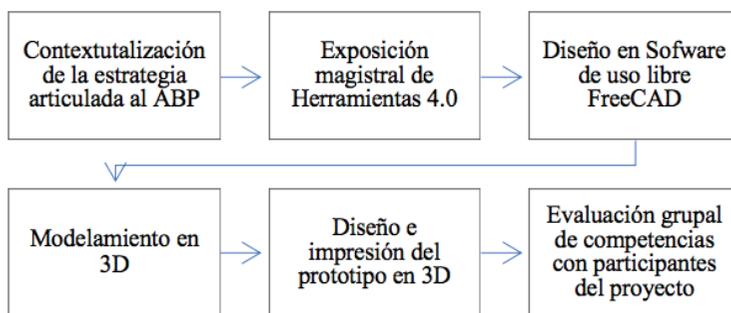


Fig. 2. Fases de sensibilización del proyecto. Fuente: autores a partir de información de Innolab 3D.

Los principales hallazgos a partir de estas jornadas es el desconocimiento total de las herramientas tecnológicas 4.0, los estudiantes manifestaron que no conocían una impresora 3D, sus alcances, beneficios y potenciales logros. Se evidencia también el potencial desarrollo del aprendizaje significativo al emplear este tipo de herramientas en la enseñanza de las ciencias básicas y el dibujo técnico bajo la asignatura de tecnología.

Las herramientas socializadas y sus aportes se describen a continuación:

Impresora 3D: las características técnicas son las siguientes: tipo prusa i3 marco en acero inoxidable de 3mm de 20x20x20 para impresión multimaterial.

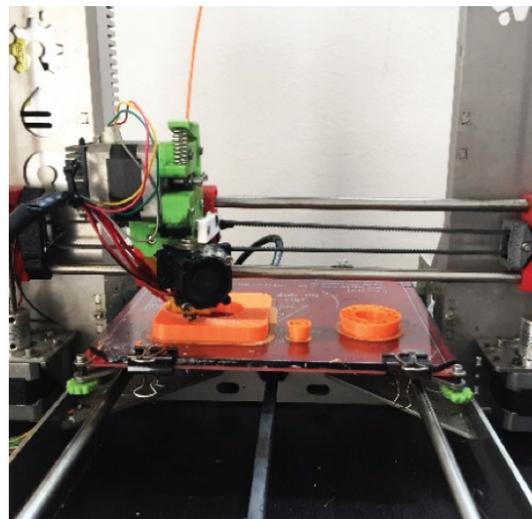


Fig. 3 Impresora 3 D. Fuente: Innolab 3D para autores.

Placas de Arduino 1: son placas de hardware libre empleadas para desarrollo de prototipos electrónicos, entre sus principales características técnicas se encuentra: microcontrolador ATmega 328, 14 pines de entrada y salidas digitales con 6 salida PWM para control de mores DC, memoria flash de 32 KB.



Fig. 4. Placas de Arduino.
Fuente: Innolab 3D para autores.

Máquinas de control numérico computarizado: estas máquinas son empleadas en la realización de Printed Circuit Board PCB de los circuitos.

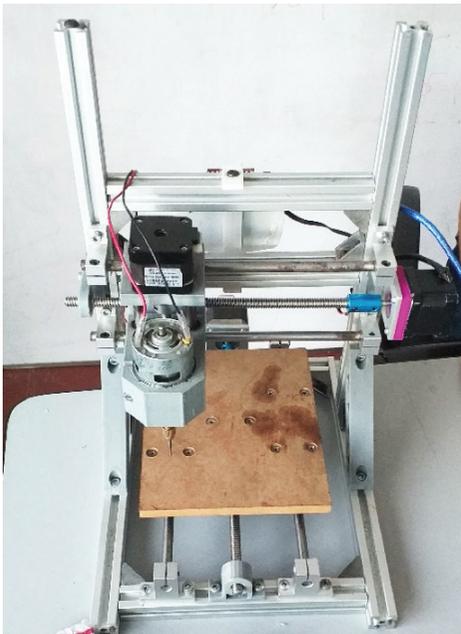


Fig. 5. Máquinas de control numérico computarizado.
Fuente: Innolab 3D para autores.

Robots didácticos: son mecanismos autónomos, los cuales son elaborados a partir de las impresoras 3D y las placas de Arduino, para fines didácticos en el aprendizaje de los estudiantes.

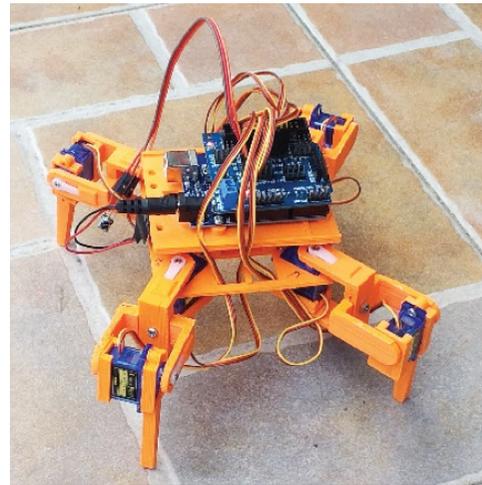


Fig. 6. Robot didáctico para competencia de fútbol-robot.
Fuente: Innolab 3D para autores.

3.2 Identificación de problemáticas de la comunidad

Con el fin de sistematizar las problemáticas para un mejor acompañamiento fueron definidas cuatro líneas de acción:

1. Generación de energías limpias (energías renovables).
2. Reducción y reutilización de residuos.
3. Riegos y cultivos.
4. Agua potable.

Estas situaciones son a las que la comunidad se enfrenta en el día a día. Cada estudiante ubicó la línea con la que mejor se relaciona y se siente cómodo trabajando para identificar las posibles soluciones a través de la herramienta lluvia de ideas. Presentados los proyectos para todas las instituciones se seleccionaron ideas representativas para la fase de diseño de proyecto aplicado teniendo en cuenta el acompañamiento y percepción del docente de curso frente a los criterios de valoración:

- Pertinencia
- Problemática que resuelve
- Factibilidad en la solución
- Disponibilidad de recursos (financiero, materia prima y tiempo)

El porcentaje por línea se resume en la Figura 6.

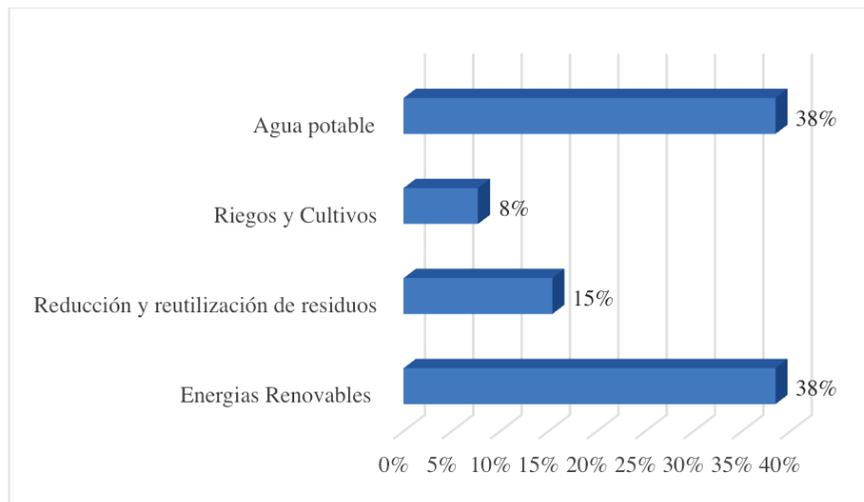


Fig. 7. Porcentaje de proyectos seleccionados según línea.

Fuente: autores.

3.3 Diseño de proyecto aplicado

Identificados los proyectos con viabilidad para el diseño del prototipo aplicado se llevó a cabo el siguiente proceso:

Verificación de recursos: identificación de materia prima, tiempo y recursos financieros necesarios para elaborar el proyecto

Diseño en software: diseño del prototipo en software de uso libre FreeCAD y ThinkerCAD para generar el modelo 3D de la carcasa del proyecto.

Impresión de prototipo: diseñado el prototipo se verifica la materia prima y se procede con la impresión según especificaciones técnicas en los equipos disponibles para tal fin.

Los siguientes proyectos y el logro de estas competencias fueron seleccionados por línea en consenso con los docentes de las asignaturas de dibujo técnico, física, química y tecnología:

TABLA 3.

Proyectos seleccionados según línea de acción

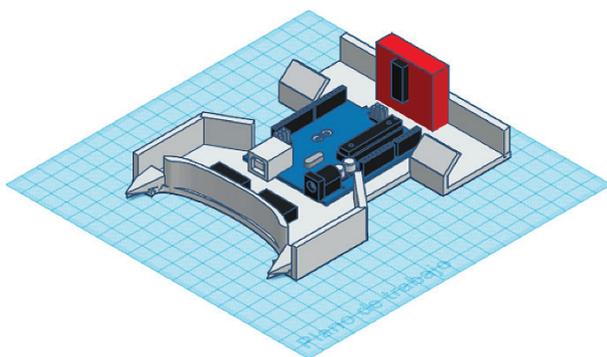
Nombre del proyecto/ competencias	agua potable	Riego y cultivos	Energías renovables	Reciclaje
Tinaja ozonizadora	X			
Sistema de recolección de aguas lluvias	X			
Sistema de recolección de neblina	X			
Sistema de osmosis inversa	X			
Reutilización de agua lluvia para cultivos	X			
Sistema de riego Palo Bajito		X		
Generador eólico vertical			X	
Generador Pelton			X	
Generador eléctrico para bicicleta			X	
Cinturón de Peltier			X	
Botella de luz solar			X	
Trituradora de basura				X
Reutilización de cascarilla de arroz				X

Fuente: autores a partir de información suministrada por Innolab 3D.

3.4 Validación del modelo y evaluación de la experiencia

La validación del modelo se da desde el mismo inicio de diseño a través del software FreeCAD y ThinkerCAD. La Figura 7 identifica, a modo de ejemplo, la validación realizada en el software, es importante tener presentes las dimensiones de la pieza para proyectar y proceder con la impresión.

Fig. 8. Plano en 3D Robot para proyecto desarrollado



Fuente: autores 2019-2020

Finalmente, la evaluación de la experiencia se da en el marco de la jornada científica patrocinada por empresas del sector hidrocarburos con influencia en la zona, las cuales verifican la funcionalidad del prototipo, su alcance y si la solución a la problemática definida resulta práctica, alcanzable y mejora las condiciones de vida de la comunidad y si se lograron las competencias esperadas en los estudiantes participantes del proyecto, las competencias son las que se mencionan a continuación:

TABLA 4
Competencias y perspectivas encontradas en los proyectos seleccionados.

Nombre del proyecto	Competencia(s) desarrollada(s) en mayor profundidad	Perspectiva evidenciada
Tinaja ozonizadora	Autoaprendizaje Trabajo en equipo Creatividad Innovación Trabajo en equipo Liderazgo Pensamiento crítico	Ambiental Académica Ocupacional Social
Sistema de recolección de aguas lluvias	Autoaprendizaje Trabajo en equipo Creatividad Respeto	Ambiental Académica Social
Sistema de recolección de neblina	Autoaprendizaje Creatividad Innovación Trabajo en equipo Adaptación al cambio	Ambiental Académica Social
Sistema de osmosis inversa	Autoaprendizaje Creatividad Innovación Pensamiento Crítico	Ambiental Académica Ocupacional Social
Reutilización de agua lluvia para cultivos	Autoaprendizaje Trabajo en equipo Comunicación	Ambiental Académica Ocupacional Social
Sistema de riego Palo Bajito	Autoaprendizaje Trabajo en equipo Liderazgo Comunicación	Ambiental Académica Ocupacional Social
Generador eólico vertical	Autoaprendizaje Creatividad Innovación Pensamiento crítico	Ambiental Académica Ocupacional Social
Generador Pelton	Autoaprendizaje Creatividad Innovación Pensamiento crítico	Ambiental Académica Ocupacional Social

Nombre del proyecto	Competencia(s) desarrollada(s) en mayor profundidad	Perspectiva evidenciada
Generador eléctrico para bicicleta	Autoaprendizaje Creatividad Innovación Pensamiento crítico	Ambiental Académica Ocupacional Social
Cinturón de Peltier	Autoaprendizaje Creatividad Innovación Pensamiento crítico	Ambiental Académica Ocupacional Social
Botella de luz solar	Autoaprendizaje Creatividad Innovación Comunicación	Ambiental Académica Social
Trituradora de basura	Autoaprendizaje Trabajo en equipo Liderazgo Comunicación	Ambiental Académica Social
Reutilización de cascarilla de arroz	Autoaprendizaje Trabajo en equipo Social Comunicación Adaptación al cambio	Ambiental Académica Ocupacional Social

Fuente Autores a partir de información suministrada por Innolab 3D

La tabla anterior describe algunas de las competencias, que a la luz del trabajo realizado, efectuaron los estudiantes participantes del estudio en donde se identifican competencias desde lo académico, profesional, ambiental y social. Durante el desarrollo de las jornadas se estableció, que los estudiantes ubicaron la competencia del saber hacer al aplicar las herramientas y seleccionar los materiales y posibles soluciones de forma adecuada con el acompañamiento del docente, según la particularidad del proyecto y el tipo del problema a resolver. Así mismo, es común en cada una de las áreas y proyectos desarrollados encontrar competencias personales (ser) al ser propositivos, proactivos, con un adecuado manejo de relaciones interpersonales y con un rasgo distintivo y es el de desarrollar el aprendizaje significativo de manera autónoma. Por último, se marca una tendencia frente al manejo de un segundo idioma

que para éste caso es el inglés, pues al manejar el software de diseño de uso libre, la gran mayoría de aplicaciones viene en inglés lo cual invita a fortalecer éste aspecto.

Los resultados anteriores se organizaron a través de perspectivas o dimensiones desarrollados por El Consejo Académico de la Cátedra Abierta Iberoamericana de Desarrollo Tecnológico e Innovación Ibero-DeTI ASIBEI, con el apoyo de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI, Colombia:

Perspectiva académica: se desarrollan conocimientos, aptitudes y habilidades en áreas de formación específica (ambiental, sistemas, electrónica, industrial). Esta perspectiva responde a una formación técnica, científica, integral y holística para asumir una problemática global mediante el uso de tecnologías de la informática y la comunicación. Va de la mano con las ciencias básicas, matemáticas y líneas propias del diseño y la ingeniería.

Perspectiva ocupacional: desempeño en tareas propias de una disciplina en específico, orientada y regulada por el entorno. Se relaciona con la transferencia de tecnologías y/o propuestas desarrolladas y que logren desde lo colectivo dar solución a situaciones problemáticas reales con valores y principios desde lo regional.

Perspectiva social: identificación de realidades sociales, económicas, culturales, para proponer soluciones con responsabilidad y ética

Perspectiva ambiental: identificación de realidades y contextos con impactos sobre el medio que afectan a la comunidad en el corto, mediano y largo plazo. Tiene en cuenta la gestión del riesgo y los diferentes componentes ambientales, de higiene y de seguridad y salud en el trabajo.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Dado que el proyecto buscaba identificar las competencias personales y específicas (técnicas), mediante

el uso de herramientas tecnológicas propias de la industria 4.0, para la solución de problemas identificados en la comunidad, articulados al proceso de enseñanza de asignaturas como dibujo técnico, física, química y tecnología, se logró cotejar que a través de elementos del pensamiento disruptivo y el aprendizaje basado en problemas, los estudiantes apropian con una mejor disposición teorías y conceptos que la enseñanza tradicional puede presentar con cierta dificultad desde las necesidades inmediatas que identifican. Esta premisa es apoyada por Marco Raúl Mejía en su escrito “La innovación: asunto central del siglo XXI” estableciendo como “asunto esencial” explicar desde la teoría con incidencia práctica las realidades e impactos de una sociedad en donde debe primar el acuerdo estratégico entre conocimiento, tecnología, nuevos lenguajes, la comunicación, investigación e innovación. (Mejía, 2017).

En el ejercicio, fue evidente que para el manejo de las diferentes herramientas propias de la industria 4.0, se debe contar con el manejo de un segundo idioma, dado que el software de diseño de uso libre y demás equipos y herramientas vienen con manuales e instrucciones en su gran mayoría en el idioma inglés, por lo que dentro de los grandes retos y oportunidades para los estudiantes de la media y básica y de las universidades, debe ser una política indispensable de fomento por el bilingüismo con miras a desarrollar competencias globales que tal y como lo explica Echeverría Samanes, B. & Martínez Clares (2018), el manejo de un segundo idioma como el inglés, “facilita el rápido desarrollo tecnológico, comercial como medio indispensable para la comunicación de sectores científicos y empresariales”.

Así mismo es evidenciable que al aplicar diferentes metodologías didácticas de aprendizaje los estudiantes desarrollan habilidades y competencias que incluso ellos mismos desconocen como la creatividad, capacidad de pensamiento convergente y divergente, capacidad analítica, diseño conceptual y espacial. Estas habilidades se constituyen en los pilares básicos de la ingeniería al abordar el conocimiento y capacidad de

aplicación real de las ciencias, facilidad en el conocimiento de su entorno y realidades y la capacidad de dar soluciones innovadoras con los recursos disponibles; elementos específicos de la ingeniería independiente de su espacialidad (Velásquez, 2001).

Los paradigmas educativos apuntan a que es necesario cambiar de actitud frente al uso de tecnología en las aulas de clase, innovando desde el docente para impactar de mejor forma a los estudiantes. En algunos casos será necesario contar con la inserción del pensamiento disruptivo en docentes o con la posibilidad del relevo generacional para incursionar en más prácticas didácticas mediante la asociación de conceptos con realidades sociales cotidianas, vistos como retos que busquen soluciones e interacciones con la comunidad, desde la comunidad y hacia la comunidad. Según premisas del liderazgo transformacional cada individuo debe comprometerse con el logro de resultados de una sociedad dejando de lado su interés personal para el enfoque exclusivo del bien común, lo anterior es aplicable para estudiantes, docentes y sociedad en general (Mendoza Torres & Ortiz Riaga, 2006).

De acuerdo con las perspectivas y tendencias que la industria 4.0 ha traído se busca impacto no solo en la “digitalización de la manufactura”, más bien que desde las empresas y la asociación con expertos se creen redes de trabajo con la academia para lograr una mayor interacción de máquinas, personas, instituciones y análisis de información para la flexibilización de la producción teniendo en cuenta las implicaciones desde lo económico, político, social y ambiental que impactan las regiones en las cuales las empresas operan y en las que en éstos momentos lo están desarrollando a través de sistemas ciberfísicos (Xu, 2011).

Existe un llamado prioritario al sector productivo, educativo, entes gubernamentales y no gubernamentales para que puedan apoyar procesos de formación innovadores en donde sea el estudiante el actor principal del proceso, y que a su vez sea involucrado en las problemáticas de su región, solo así será posible

potencializar desde las zonas rurales, cultivos, uso de energías renovables, agua potable y saneamiento básico, diseño de prótesis para personas con algún tipo de discapacidad o diferentes modelos de uso industrial con diseño local (Guzmán Villavicencio, González Suárez & Morales-Zamora, 2019).

5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Desde un enfoque técnico, específico y personal, los estudiantes participantes del proyecto lograron desarrollar competencias técnicas desde la identificación de la problemática hasta la selección de soluciones factibles y el diseño del prototipo como tal, identificando equipos y materiales pertinentes apoyados en elementos ofimáticos y el adecuado acompañamiento docente del facilitador, siguiendo los principios y pautas del aprendizaje significativo y el aprendizaje basado en problemas. Las principales competencias identificadas son: habilidades creativas en programación y robótica, pensamiento crítico en el diseño asistido por computador, adaptación al cambio, trabajo colaborativo, comunicación y respeto.

Resultado de la cuarta revolución industrial, no solo la industria sino el sector educativo está obligado a generar los mecanismos diferenciales que le permitan estar vigentes sin descuidar los preceptos y principios del aprendizaje significativo mediante modelos como el aprendizaje basado en problemas. La innovación y la tecnología presentan un común denominador y es el acelerado ritmo con el que avanza y en el que estudiantes, docentes y sector productivo deben participar acorde con valores y objetivos que busquen una mejor sociedad.

A través de elementos propios del pensamiento disruptivo y el aprendizaje basado en problemas –ABP–, estudiantes participantes del estudio lograron apropiarse con una mejor disposición conceptos y definiciones propios de asignaturas como: química, física y el dibujo técnico, al relacionarlos con problemáticas comunes y que afectan su núcleo familiar y que mediante la elaboración de prototipos lograron una mejor calidad

de vida y/o un desarrollo desde la innovación para su comunidad con especial énfasis en competencias personales del ser.

La articulación de competencias del saber, saber hacer y ser, no deben ser percibidas mediante una cualificación que, aunque necesaria no es suficiente. Hoy día el mundo demanda profesionales y sistemas educativos que aprendan a conocer, descubrir y comprender el entorno aplicando conocimientos específicos a situaciones concretas con influencia desde lo interno hacia lo externo entendiendo el concepto de interdependencia, diversidad y cooperación con decisiones responsables articuladas con la realidad del medio.

Es de suma importancia para el sector industrial, de servicios y el gubernamental, contar con personal capacitado en el uso y desarrollo de herramientas como impresoras 3D, máquinas de control numérico computarizado, Arduino y robots didácticos para fomentar la solución de problemáticas reales de la comunidad con alternativas factibles en términos de materiales, tiempo y recursos financieros.

Frente a las líneas de trabajo existen alternativas viables que impactan a la comunidad objeto de estudio, por ejemplo, la de agua potable y saneamiento básico dada la problemática que tiene la ciudad de Yopal desde el año 2011, fecha en que colapsó la planta de acueducto y alcantarillado del municipio, dejando sin agua a los habitantes del casco urbano y zona rural. Así mismo cuenta con un gran potencial el uso y apropiación de energías alternativas a partir de los recursos como la energía solar y eólica disponibles en la región.

Es evidente que las tecnologías 4.0 favorecen el aprendizaje significativo de los estudiantes al desarrollar habilidades creativas, espaciales y de integración con la comunidad como impronta del liderazgo transformador que emana desde y hacia la comunidad con un adecuado acompañamiento por parte de facilitadores, docentes y grupos de interés que hacen parte de la sociedad.

Es importante contar con más espacios dentro de las instituciones educativas públicas en el

departamento que fomenten el uso de herramientas 4.0, que procuren un mejor entendimiento de conceptos desde las ciencias naturales, la ingeniería y el emprendimiento solidario.

Se sugiere una segunda fase del ejercicio en instituciones educativas urbanas y rurales, de tal manera que se evaluará el proceso metodológico para desarrollar aprendizaje significativo mediante problemáticas reales, que sean primero identificadas y articuladas desde cursos específicos en los grados décimo y once.

A partir de éste primer pilotaje se percibe que el desarrollo de situaciones prácticas para la solución a problemáticas cotidianas mediante el uso de tecnologías articuladas a cursos específicos, pudiera ser un factor decisivo para que estudiantes de último grado en las instituciones educativas perfilen la selección del programa universitario a cursar teniendo en cuenta aspectos como: tendencias del mercado laboral en relación con la cuarta revolución industrial y sus herramientas, competencias globales requeridas por el mercado y la motivación intrínseca que lo llevan a comprender de manera más profunda una realidad.

6. REFERENCIAS

- Abele, E., Metternich, J., Tisch, M., Chryssolouris, G., Sihm, W., ElMaraghy, H., Hummel, V. & Ranz, F. (2015). Learning Factories for Research, Education, and Training. *Procedia CIRP*, 32, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.187>
- Acosta Manganell, B. (2018). Aprendizaje significativo y constructivismo. *Campus Educación Revista Digital Docente*. <https://www.campuseducacion.com/blog/revista-digital-docente/aprendizaje-significativo-constructivismo/>
- Alcaldía Municipal de Yopal. (2018). Plan de Desarrollo Municipal 2018-2019. <http://www.yopal-casanare.gov.co/normatividad/acuerdo-no-01-de-mayo-27-de-2018>
- Agencia Nacional de Hidrocarburos ANH (2020). AHN en datos. <http://www.anh.gov.co/>
- Amamou, S. & Cheniti-Belcadhi, L. (2018). Tutoring in Project-Based Learning. *Procedia Computer Science*, 126, 176-185. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050918311955>
- Ausubel, D. P., Novak, J. D. & Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Azmi, A. N., Kamin, Y., & Noordin, M. K. (2018). Towards Industrial Revolution 4.0: Employers' Expectations on Fresh Engineering Graduates. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.28), 267-272. <https://www.sciencepubco.com/index.php/ijet/article/view/22593>
- Baena, F., Guarín, A., Mora, J., Sauza, J. & Retat, S. (2017). Learning Factory: The Path to Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 9, 73-80. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917301403>
- Chacón Rangel, J. G., Flórez Fuentes, A. S. & Rodríguez Fernández, J. E. (2015). La inteligencia artificial y sus contribuciones a la física médica y la bioingeniería. *Mundo FESC*, 5(9), 60-63. <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/59>
- Christensen, C., Raynor, M. & McDonald, R. (2016). The disruption debate. *Harvard Business Review*, 94(3) <https://hbr.org/>
- Cortés, Y., Berenice, C., Izar Landeta, J. M., Bocarando Chacón, J. G., Aguilar Pereyra, F. & Larios Osorio, M. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y perspectivas futuras. *Conciencia Tecnológica*, 54, <https://www.redalyc.org/jatsRepo/944/94454631006/94454631006.pdf>
- Department for Education, UK. (October 2013). 3D printers in schools: uses in the curriculum. Enriching the teaching of STEM and design subjects. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/251439/3D_printers_in_schools.pdf
- Departamento Nacional de Planeación. (2017) Índice Departamental de Innovación para Colombia IDIC. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/Informe%20IDIC%202017.pdf>
- Díaz Barriga, F. 2005. El aprendizaje basado en problemas y el método de casos. En: *Enseñanza situada: vínculo entre la escuela y la vida*. México: McGraw Hill http://www.ecomin-ga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/4_Capitulo3AprendizajeBasadoEnProblemasMetodoDeCasosD%C3%ADazBarri-gaFrida.pdf
- Echeverría Samanes, B. & Martínez Clares, P. (2018). Revolución 4.0, competencias, educación y orientación. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 12(2), 4-34. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ridu/v12n2/a02v12n2.pdf>
- Galván Bovaira, M. J. & Manzanares Moya, M. A. (2017). El aprendizaje de la competencia socioafectiva en niños y niñas con diversidad funcional: guía de trabajo en el aula. XIV Congreso Internacional de Educación Inclusiva: Prácticas innovadoras inclusivas: retos y oportunidades. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo. <http://hdl.handle.net/10651/50177>
- García Sandoval, M. G., Ariza Torrado, H. D., Pinzón, M. L. & Flórez Fuentes, A. S. (2016). Buenas prácticas aplicadas a la implementación colaborativo de aplicativos web. *Mundo FESC*, 5(10), 27-30. <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/67>

- Giordano Lerena, R. (Comp.). (2016). Competencias y perfil del ingeniero iberoamericano, formación de profesores y desarrollo tecnológico e innovación. (Documentos Plan Estratégico ASI-BEI). <https://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2016/06/Libro-Competencias-perfil-del-ingeniero.pdf>
- Gómez Cano, C. A., Ramón Polania, L. & González Hernández, G. Reflexiones en torno a las políticas públicas. *Revista FAC-CEA*, 5(1) 12-20. <http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/facce/article/view/555/566>
- Guzmán Villavicencio, M., González Suárez, E. & Morales-Zamora, M. (2019). Metodología para gestionar la innovación tecnológica con integración del análisis complejo de proceso en la industria ronera cubana. *Tecnología Química*, 39(2), 376-389. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2224-61852019000200376
- Harun, Z., Isa, M. D., Mohamed, Z., & Abdullah, S. (2013). The Contributions of Professional Engineers at the Institutions of Higher Learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 102(22), 221-227. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.736>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación* (4a. ed.). México: McGraw-Hill.
- Lensing, K. & Friedhoff, J. (2018). Designing a curriculum for the Internet-of-ThingsLaboratory to foster creativity and a maker mindset within varying target groups. *Procedia Manufacturing*, 23, 231-236. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.04.022>
- Medina Vargas, Y. T. & Miranda Mnedez, H. A. (2015). Comparación de algoritmos basados en la criptografía simétrica DES, AES y 3DES. *Mundo FESC*, 5(9), 14-21. <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/55>
- Mejía, M. R. (2017). La innovación: asunto central de la sociedad del siglo XXI. Una búsqueda educativa por modernizar-transformar la escuela. (Spanish). *Educación y Ciudad*, 32, <https://revistas.idep.edu.co/index.php/educacion-y-ciudad/article/view/1626>
- Mendoza Torres, M. R. & Ortiz Riaga, C. (2006). El liderazgo transformacional, dimensiones e impacto en la cultura organizacional y eficacia de las empresas. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 14(1), 118-134. <https://doaj.org/article/9c5b12d0edf84d359b38d69b96615e89>
- Mobile World Capital (16 de septiembre de 2015). Impresión 3D en las aulas: Tecnología Creativa para niños. *Mobile World Capital*. Barcelona. <https://mobileworldcapital.com/es/impression-3d-en-las-aulas-tecnologia-creativa-para-ninos/>
- Muñoz Sánchez, J. M. Braza Lloret, P. & Carreras de Alba, M. R. (2004). Aproximación al estudio de las actitudes y estrategias de pensamiento social y su relación con los comportamientos disruptivos en el aula en la educación secundaria. *Anales de Psicología*, 20(1), 81-92. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/catart?codigo=876872>
- Pitkänen, K., Iwata, M. & Laur, J. (2019). Supporting Fab Lab facilitators to develop pedagogical practices to improve learning in digital fabrication activities. (2019). In Proceedings of the FabLearn Europe 2019 Conference (FabLearn Europe '19). ACM, New York. <http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe2019083026220>
- Rúa Ramírez, E., Barrera Siabato, A. & Moreno López, N. M. (2014). Aprendizaje interactivo de termodinámica de fluidos apoyado en las tecnologías de la información y comunicación. *Respuestas*, 19(2), 41-50. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5364593>
- Rúa Ramírez, E. B., Jiménez Díaz, F., Gutiérrez Arias, G. A. & Villamizar, N. I. (2018). Impresión 3D como herramienta didáctica para la enseñanza de algunos conceptos de ingeniería y diseño. *Ingeniería*, 23(1), 70-83. <https://dx.doi.org/10.14483/23448393.12248>
- Rivera Muñoz, J. L. (2014). El aprendizaje significativo y la evaluación de los aprendizajes. *Revista de Investigación Educativa*, 8(14). <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/educa/article/view/7098/6272>
- Sackey, S. M., Bester, A., & Adams, D. (2017). Industry 4.0 learning factory didactic design parameters for industrial engineering education in South Africa. *South African Journal of Industrial Engineering*, 28(1), 114-124. <http://sajie.journals.ac.za/pub/article/view/1584>
- Schuster, K., Plumanns, L., Groß, K., Vossen, R., Richert, A. & Jeschke, S. (2015). Preparing for Industry 4.0 – Testing Collaborative Virtual Learning Environments with Students and Professional Trainers. *International Journal of Advanced Corporate Learning (IJAC)*, 8(4). <https://online-journals.org/index.php/i-jac/article/view/4911>
- Secretaría de Educación Departamental de Casanare. (2017). Institución Educativa Luis María Jiménez San José del Bubuy. <https://www.datos.gov.co/widgets/vqup-4isj>
- Suárez, D. (31 de mayo de 2016). Qué es la Industria 4.0. *Ningenia*. <http://www.ningenia.com/2016/05/31/que-es-la-industria-4-0/>
- Utopia Maker (2017). Fundación Utopía Maker. <https://www.utopiamaker.com/>
- Valencia Cárdenas, M., Morales Gualdrón, S. T. & Gaviria Giraldo, M., (2019). Visión de las competencias de ingeniería industrial en industria 4.0. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería EIEI. <https://acofipapers.org/index.php/eiei2019/2019/paper/viewFile/2970/1251>
- Velásquez, F. (2001). Reseña de “Paradigmas: el negocio de descubrir el futuro” de Joel Arthur Barker. *Estudios Gerenciales*, 78, 96-98. <https://www.redalyc.org/pdf/212/21207807.pdf>
- Wang, L., Wang, X. V., Gao, L. & Váncza, J. (2014). A cloud-based approach for WEEE remanufacturing. *CIRP Annals*, 63(1), 409-412. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2014.03.114>
- Xu, I. (2011). Enterprise System: State-of-the-Art and Future Trends. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 7(4), 630-640. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6011699>