

**Diseño y desarrollo de objetos de aprendizaje basado en la plataforma Lego
Mindstorms para la asignatura Diseño de Sistemas Productivos**

Andrés Felipe Puerto Ortega

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Industrial**

Director

**Edwin Alberto Garavito Hernández
Magister en Ingeniería Industrial**

Codirector

**Leonardo Hernán Talero Sarmiento
Ingeniero Industrial**

**Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Bucaramanga**

2018

DEDICATORIA

A mi madre que me espero con relativa paciencia todos estos años.

*A todas las personas que de una manera u otra aportaron en la consecución de este
proyecto.*

*A mis hermanas, a pesar de que las conocí hace muy poco tiempo, supongo que este es el
tipo de cosas que los hermanos hacen.*

AGRADECIMIENTOS

Al docente Edwin Garavito, por su valiosa dirección y asesoramiento siempre interesante, y por tener en fe en mi durante estos años.

A Leonardo Talero, por su valiosa dirección y asesoramiento, además de siempre estar ahí y apoyarme en el momento que necesitaba.

A Laura Escobar, por disponer de su tiempo para ayudarme cada vez que lo necesitaba.

A los compañeros que participaron en las fases de pruebas de los objetos de aprendizaje, por disponer de su tiempo y buena actitud que hizo posible que este proyecto se llevara a cabo. You will never be forgotten.

A Galea y el grupo OPALO, por brindarme sus espacios de trabajo y siempre mostrarse flexibles con la ejecución del proyecto.

A la escuela de Estudios Industriales y Empresariales, por brindarme los recursos necesarios para la ejecución del proyecto.

Contenido

	Pág.
Introducción	15
1.Generalidades del proyecto.....	17
1.1.Planteamiento del problema.....	17
1.2.Antecedentes	21
2.Justificación	24
3. Objetivos.....	27
3.1.Objetivo General.....	27
3.2.Objetivos específicos	27
4.Metodología del proyecto	27
4.1.Identificación de estrategias de enseñanza en automatización en Colombia.....	27
4.2.Identificación metodologías de enseñanza basadas en Lego Mindstorms.....	28
4.2.1 Bases de datos académicas.....	29
4.2.2 Motor de búsqueda Google	29
4.3.Diseño y desarrollo objetos de aprendizaje	31
4.3.1. Etapa de análisis.....	32
4.3.2. Etapa de diseño.	32
4.3.3. Evaluación.....	33
4.3.4. Etapa de desarrollo.....	33
4.4.Validación el diseño de los objetos de aprendizaje	33
4.4.1 Primera evaluación.....	33
4.4.2 Aplicación	34
4.4.3 Segunda evaluación	34
4.5.Implementación de herramientas TIC.....	34
5.Marco teórico.....	35
5.1.Conceptos generales de las ciencias de la educación.....	37
5.2.Andragogía y Pedagogía.....	37

5.3. Teorías de aprendizaje	39
5.3.1 Conductismo.	39
5.3.2 Cognitivismo.	40
5.3.3 Constructivismo.	42
5.4. Estilos de aprendizaje	43
5.5. Diseño instruccional.	46
5.6. Estrategias de enseñanza.	47
5.7. Aprendizaje colaborativo	48
5.8. Aprendizaje basado en proyectos.	49
5.9. Aprendizaje basado en problemas	51
5.10. Objetos de aprendizaje	53
5.11. Lego Mindstorms	53
5.12. Industria 4.0 y Automatización.	55
6. Identificación estrategias de enseñanza de automatización en Colombia	57
6.1. Escuela Colombiana De Ingeniería Julio Garavito	57
6.2. Escuela De Ingeniería De Antioquia.	58
6.3. Pontificia Universidad Javeriana	59
6.4. Universidad Autónoma De Occidente	60
6.5. Universidad De Ibagué	61
6.6. Universidad De La Sabana.	62
6.7. Universidad Distrital Francisco José De Caldas	63
6.8. Universidad Icesi	64
6.9. Resultados adicionales	64
6.9.1 University of South Florida.	65
6.9.2 Korea Advanced Institute of Science and Technology	65
6.10. Análisis de resultados	67
7. Revisión web y de literatura sobre metodologías de enseñanza con Lego Mindstorms.	68
7.1. Contexto de aplicación de metodologías de enseñanza identificadas.	69
7.1.1 Perspectivas ámbito escolar.	69
7.1.2 Perspectivas ámbito universitario.	70

7.2. Metodologías de enseñanza más utilizadas; revisión web	72
7.3. Metodologías de enseñanza utilizadas en la revisión de literatura	73
8. Etapa de análisis de información	74
8.1. La necesidad de aprendizaje	74
8.2. Los recursos y herramientas.....	75
8.3. Los participantes	76
9. Etapa de diseño de los objetos de aprendizaje	76
9.1. Los objetivos de aprendizaje.....	76
9.2. Las metodologías y estrategias	77
9.3. Prototipos y propuesta de diseño	78
9.4. Fundamentación primer objeto de aprendizaje	78
9.4.1 Objetivos de enseñanza.....	78
9.4.2 Descripción	79
9.4.3 Desarrollo de actividades.....	79
9.4.4 Resultados esperados	79
9.5. Fundamentación segundo objeto de aprendizaje	80
9.5.1 Objetivos de enseñanza.....	80
9.5.2 Descripción	80
9.5.3 Desarrollo de actividades.....	81
9.5.4 Resultados esperados	81
9.6. Fundamentación tercer objeto de aprendizaje.....	82
9.6.1 Objetivos de enseñanza.....	82
9.6.2 Descripción	82
9.6.3 Desarrollo de actividades.....	83
9.6.4 Resultados esperados	83
9.7. Fundamentación cuarto objeto de aprendizaje.....	84
9.7.1 Objetivos de enseñanza.....	84
9.7.2 Descripción	84
9.7.3 Desarrollo de actividades.....	85
9.7.4 Resultados esperados	85

9.8.Herramientas de medición	86
9.9.Especificaciones de los objetos de aprendizaje	89
10.Evaluación de propuesta de diseño	92
11.Desarrollo de los objetos de aprendizaje	93
12.Primer evaluación objetos de aprendizaje.....	98
12.1.Resultados de la evaluación	100
12.2.Mejoras resultado de la evaluación.....	102
13.Evaluación de Diseño	103
14.Selección herramienta TIC	121
14.1.Página web propia.....	122
14.2.Página web de la asignatura.....	123
14.3.Repositorio digital oficial	123
14.4.Aula virtual	124
14.5.Servicio de almacenamiento de archivos en la nube	124
14.6.Análisis de resultados	125
14.7.Divulgación de resultados.....	128
15.Conclusiones	130
16.Recomendaciones	132
Referencias bibliográficas.....	135

Lista de figuras

Figura 1. Modelo de procesamiento de información.....	41
Figura 2. Modelo de aprendizaje de Kolb.	45
Figura 3. Fases del modelo ADDIE.	47
Figura 4. Ciclo de aprendizaje metodología basada en problemas.	52
Figura 5. Laboratorio de manufactura.	58
Figura 6. Robot manipulador.....	59
Figura 7. Motoman SDA10D.	60
Figura 8. Robot NaoV3R.....	63
Figura 9. Sistema dos máquinas y un buffer.	66
Figura 10. Ensamblador de aviones.	86
Figura 11. Mano robot h25.....	101
Figura 12. Fichas base.....	102
Figura 13. Fichas con color.....	102
Figura 14. Implementación de actividades módulo 1.....	104
Figura 15. Estudiantes durante la demostración en el semillero de OPALO.....	105
Figura 16. Graficas de caja criterios de evaluación de materiales.....	107
Figura 17. Grafica de caja criterio de ejecución.....	113
Figura 18. Grafica de caja criterio de pertinencia.....	114
Figura 19. Grafica de caja criterio de recursos.....	115
Figura 20. Grafica de caja criterio de metodología.....	116
Figura 21. Socialización en laboratorio Galea.....	129

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Cumplimiento de objetivos	16
Tabla 2. Ecuación de búsqueda	29
Tabla 3. Criterios de inclusión y exclusión	29
Tabla 4. Conjuntos de palabras	31
Tabla 5. Teorías de estilos de aprendizaje más destacadas	43
Tabla 6. Estrategias de enseñanza	48
Tabla 7. Estrategias utilizadas por las diferentes Universidades.....	57
Tabla 8. Metodologías de enseñanza revisión web	73
Tabla 9. Metodologías de enseñanza revisión de literatura.....	74
Tabla 10. Resultados primera evaluación.....	100
Tabla 11. Resultados evaluación de materiales segunda prueba piloto.....	106
Tabla 12. Media de resultados obtenidos en ejecución de actividades	110
Tabla 13. Media de resultados obtenidos de la pertinencia de los objetos de aprendizaje	110
Tabla 14. Media de resultados obtenidos de los recursos y guía recibida.....	110
Tabla 15. Media de resultados obtenidos de la influencia de la metodología utilizada	110

Lista de Apéndices

- Apéndice A. Programas de ingeniería industrial con acreditación de alta calidad
- Apéndice B. Malla curricular programa ingeniería industrial Universidad de Antioquia
- Apéndice C. Syllabus de la asignatura Automatización
- Apéndice D. Análisis bibliométrico
- Apéndice E. Formatos de evaluación
- Apéndice F. Propuesta de diseño
- Apéndice G. Guías docente y estudiante
- Apéndice H. Formato de evaluación Galea
- Apéndice I. Listas de asistencia y formatos de evaluación diligenciados
- Apéndice J. Evidencia fotografica primera prueba piloto
- Apéndice K. Evidencia fotografica, listas de asistencia y formatos de evaluación diligenciados segunda prueba piloto
- Apéndice L. Resultados evaluacion final

Resumen

Título: Diseño y desarrollo de objetos de aprendizaje basado en la plataforma Lego Mindstorms para la asignatura Diseño de Sistemas Productivos¹

Autor: Andrés Felipe Puerto²

Palabras Clave: Aprendizaje basado en proyectos, Aprendizaje basado en proyectos, Lego Mindstorm, Diseño de sistemas Productivos, Objetos de Aprendizaje

Descripción:

El presente trabajo busca fortalecer las competencias de los estudiantes de la asignatura Diseño de sistemas productivos de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales acerca nuevas tendencias que puedan incidir en cómo se planea y diseña un sistema productivo, como es el caso de la cuarta revolución industrial o Industria 4.0. Con este objetivo se diseñan y desarrollan 4 objetos de aprendizaje apoyados en la metodología de aprendizaje basada en proyectos, la metodología de aprendizaje basada en problema y la plataforma Lego Mindstorm, seleccionado esta última debido a que permite simular sistemas automatizados a pequeña escala. Los objetos de aprendizaje son organizados en forma de módulos, cada uno de estos módulos consta de una guía docente, una guía estudiante y anexos para cada guía; y aunque estos módulos son independientes, están diseñados para ser aplicados sucesivamente. Para su desarrollo, se requirió la revisión de estrategias para la enseñanza de automatización y robótica en entidades universitarias en Colombia además de la identificación de metodologías de enseñanza más utilizadas con la plataforma Lego Mindstorm y se utilizó la información recolectada como insumo, los contenidos y actividades de los objetos de aprendizaje se diseñaron y desarrollaron. Posterior a ello, estos objetos de aprendizaje son evaluados y como resultado se determina si son adecuados y cumplen con el objetivo propuesto, finalmente, éstos se añaden a una plataforma web de modo que estos puedan ser usados en el futuro.

¹ Trabajo de grado

² Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: M.Sc. Edwin Alberto Garavito Hernández, Ingeniero Industrial. Co-director Ingeniero Leonardo Hernán Talero Sarmiento.

Abstract

Project Title: Design and development of learning objects based on the Lego Mindstorms platform for the Design of Productive Systems course³

Author: Andrés Felipe Puerto Ortega⁴

Keywords: Project-based learning, Project-based learning, Lego Mindstorm, Productive systems design, Learning objects

Description:

The present work seeks to strengthen the competences of the students belonging to the Design of productive systems subject of the Industrial and Business School focus on the new trends in the production systems, as is the case of the fourth industrial revolution o Industry 4.0. With this objective, 4 learning objects are designed and developed based on the project-based learning methodology, the problem-based learning methodology, and the Lego Mindstorm platform. Regarding the last platform, it was selected because it allows the simulation of small-scale automated systems. The learning objects are organized in modules, each of these modules consists of a teaching guide, a student guide, and annexes for each guide. Although these modules are independent, they are designed to be applied successively. For its development, revision of strategies for the teaching of automation and robotics in university entities in Colombia was developed, in addition to the identification of teaching methodologies most used with the Lego Mindstorm platform. Using this information as an input, the contents and activities of learning objects are designed and developed. Finally, these learning objects are evaluated, as a result, it is determined if they are adequate and comply with the proposed objective, moreover, learning objects are added to a web platform so that they can be used in the future.

³ Bachelor Thesis

⁴ Faculty of Physic Mechanical Engineering. Industrial and Business School. Director: MSc. Edwin Alberto Garavito Hernández, Co-director: Eng. Leonardo Hernán Talero Sarmiento

Introducción

Una de las tendencias que actualmente se encuentra en auge es la llamada Industria 4.0 o cuarta revolución industrial, que se espera genere grandes cambios en el sector industrial en el futuro. Ésta se refiere a la aplicación (de manera conjunta) de tecnologías relacionadas a conceptos como robots autónomos, realidad aumentada, Big Data y análisis de datos, entre otros, con el fin de que éstos incrementen su desempeño (Rüßmann et al., 2015). En este contexto todos los *stakeholders* del sector industrial deben evolucionar para adaptarse a esta nueva tendencia, siendo el ámbito educativo uno de los sectores relacionados más importantes, debido a que éste es el lugar donde se forman los profesionales que actuarán en las empresas en el futuro.

Bajo este contexto, la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander, en su interés de agregar la enseñanza de estos conceptos al plan de estudios del programa de Ingeniería Industrial, adquiere varias unidades de la plataforma Lego Mindstorms EV3, dado que, gracias a su estructura basada en bloques y programación se plantea como una herramienta flexible que permite la enseñanza de varios de los conceptos relacionados con la temática de Industria 4.0, como robótica y sistemas autónomos.

De este modo, dentro de las múltiples asignaturas del plan estudios del programa se percibió que la asignatura Diseño de Sistemas Productivos se presenta como la más adecuada para incorporar estos conceptos, debido que ésta se basa en la importancia de la planeación del diseño de este tipo de sistemas, en especial respecto a su infraestructura y distribución, por lo tanto, un profesional que esté en capacidad de diseñar estos sistemas, debe conocer todas las posibilidades de diseño y tecnologías que se puedan aplicar.

De este modo, en el presente proyecto se busca el desarrollo de las actividades que permitan el aprendizaje de estos conceptos a través de la plataforma Lego Mindstorms con estudiantes de la asignatura Diseño de Sistemas Productivos; para esto, primero se identifican metodologías de enseñanza utilizadas en ámbitos de ingeniería con Lego Mindstorms, además de hacer una revisión de estrategias de enseñanza de los conceptos de automatización e Industria 4.0 en programas acreditados de ingeniería industrial en el país, con el objeto de que sirvan como insumo para el diseño y desarrollo de las actividades que son el fin último de este proyecto.

Tabla 1
Cumplimiento de objetivos

Objetivos específicos	Cumplimiento
Desarrollar una revisión enfocada a la identificación de estrategias aplicadas para la enseñanza de los componentes básicos de la automatización industrial en los programas acreditados de Ingeniería Industrial en Colombia.	Capítulo 6
Identificar metodologías de enseñanza basadas en Lego Mindstorms aplicados en ingeniería a partir de una revisión de literatura y contenidos web.	Capítulo 7
Diseñar objetos de aprendizaje para la enseñanza de los conceptos de automatización con la herramienta Lego Mindstorms basado en la información recopilada.	Capítulo 9
Validar el diseño de los objetos de aprendizaje mediante la aplicación de una prueba piloto a estudiantes de la asignatura Diseño de Sistemas Productivos.	Capítulo 13
Implementar el uso de herramientas TIC para soportar el desarrollo de los objetos de aprendizaje.	Capítulo 14

1. Generalidades del proyecto

1.1. Planteamiento del problema

La Industria es una parte muy importante de la sociedad y economía modernas, debido a que se encarga de la producción de bienes a partir de diversos procesos que van desde los artesanales hasta los complejos y automatizados. Desde el surgimiento de la industrialización hace dos siglos, se han desarrollado grandes progresos en la tecnología, que han llevado a la generación nuevas tendencias, que al ser aplicadas en masa generan cambios en la estructura de producción. La última de estas tendencias se muestra en el campo de la producción industrial en Alemania, y es la llamada Industria 4.0; ésta se basa en la aplicación de sistemas *ciberfísicos* y *cibernéticos* (Lasi, Fettke, Kemper, Feld, & Hoffmann, 2014) en la industria, que permiten la obtención y visualización de todo tipo de datos, con el objeto de mejorar y controlar el proceso de producción. Bajo este esquema aparecen relaciones entre conceptos como *sensores*, *big data*, control, robótica y automatización industrial y fábricas inteligentes, siendo este último referente a las fábricas donde los conceptos de Industria 4.0 son aplicados.

Para el manejo de este nuevo tipo de fábricas se suele recurrir a profesionales de ciertas ramas de la ingeniería, como electrónica, mecánica y de sistemas, debido a que estos, dentro de su área de desempeño poseen conocimientos sólidos en temas directamente relacionados con esta nueva tendencia. En este sentido, Humberto & Rojas (2005) declaran que “La educación, la automatización y la mecatrónica significan integración de los fundamentos de ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica / electrónica e ingeniería de computación y sistemas de información para configurar el perfil profesional de las nuevas fábricas del tercer milenio”, esta perspectiva aunque correcta, puede ser complementada desde la concepción la Ingeniería Industrial, que Ross W. Hammond propone como (citado en (ICFES-ACOFI, 2003)):

“La Ingeniería Industrial abarca el diseño, la mejora e instalación de sistemas integrados de hombre, materiales y equipo. Con sus conocimientos especializados y el dominio de las ciencias matemáticas, físicas y sociales, juntamente con los principios y métodos del diseño y análisis de ingeniería, permite predecir, especificar y evaluar los resultados a obtener de tales sistemas”

Bajo esta esta definición, también los conceptos de Industria 4.0 y automatización son parte del área de acción de la ingeniería industrial, debido a que estos nuevos sistemas tienen que ser sujetos a procesos de diseño y análisis, siendo así susceptibles a evaluación y posibles mejoras. De este modo, la Ingeniería Industrial actúa como principio integrador entre los elementos que conforman el sistema y el área de acción de las ramas de ingeniería mencionadas anteriormente, viendo estos sistemas como generadores de valor, creando así la necesidad que los profesionales en Ingeniería Industrial posean habilidades en conceptos relacionados con Industria 4.0, de modo que pueda aplicar sus conocimientos y cumplir con su propósito como ingenieros.

En Colombia, esta nueva tendencia está generando interés en el sector industrial. En una encuesta realizada por la Asociación de Industriales de Colombia (2016) acerca de automatización e Industria 4.0 en Mayo del 2016, se encontró que aunque 56,3% de los empresarios no conoce del tema, un 78,5% considera importante el promover el uso de estas nuevas tecnologías y tendencias emergentes, y un 21,9% espera que en el futuro cercano en su empresa se apliquen estas tecnologías. Esto es gracias a la difusión que esta tendencia ha tenido en Colombia en los últimos años, en este periodo se han realizado varios eventos, entre ellos el V Automatiza en junio del 2015 organizado por la *International Society Of Automation* y en el año 2016 el Congreso Empresarial Colombiano CEC organizado por la

Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI) llamado “Colombia en la cuarta revolución industrial”, donde se presentaron y discutieron las nuevas tecnologías provenientes del entorno de las Industria 4.0 y automatización. Sin embargo, en Colombia se presenta una gran brecha en la aplicación de este tipo tecnologías y tendencias, debido a que éstas se han visto aplicadas solo en las grandes industrias, a causa de el gran costo inherente a su aplicación, y a la falta de talento humano preparado para estas tareas (Asociación de Industriales de Colombia, 2016; Redacción Revista Mundo Eléctrico, 2015), de ahí que el entorno de educación universitaria en Colombia deba preparar a sus futuros egresados en Ingeniería Industrial en el campo descrito, facilitando su implementación en todo tipo de empresas.

En el área educativa colombiana, universidades como la Francisco José de Caldas y la Pontificia Universidad Javeriana, ofrecen dentro de su programa de ingeniería Industrial la oportunidad de estudiar conceptos relacionados con fábricas inteligentes como automatización y robótica. La primera de ellas ofrece una asignatura electiva llamada automatización, que dentro de sus contenidos programáticos incluye conceptos como, sensores, sistema de control, automatización (Contreras & Tristancho, 2015). Por otro lado, la Pontificia Universidad Javeriana posee un laboratorio donde se encuentran equipos automatizados, para la operación, programación, y control de procesos, enfocados al desarrollo de talleres de formación académica en las diversas asignaturas del programa de ingeniería industrial (Centro Tecnológico de Automatización Industrial, 2013).

En el ámbito local, la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander, no cuenta dentro de su plan de estudios con una asignatura o laboratorio enfocado a la temática de automatización o Industria 4.0; sin embargo, cuenta de

dentro de su plan de estudios con la asignatura *Diseño de Sistemas Productivos*, que se fundamenta en la necesidad de planear de manera adecuada la infraestructura y distribución de sistemas productivos; diseño que afectará de manera positiva o negativa en el desarrollo de las actividades dentro de la misma empresa. A partir de esto, se presentan modelos conceptuales y matemáticos y metodológicos para cumplir con este cometido, lo cual permite considerar esta asignatura como la más idónea para integrar dentro de su contenido conceptos relacionados con la temática de automatización.

La escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander consiente de este tipo de necesidades, además de estar comprometida con la mejora del proceso de enseñanza de sus estudiantes, apoya la creación del grupo de aplicación de lúdicas como estrategia de aprendizaje (GALEA) en el año 2012. Este Grupo se encarga del diseño y ejecución de actividades de enseñanza para las clases, incorporando nuevas metodologías de enseñanza-aprendizaje que complementan los contenidos de diferentes asignaturas. Dentro del plan de apoyo al Galea, la escuela adquiere 5 unidades de Lego Mindstorms EV3 (más 3 que ya habían sido adquiridos anteriormente), con el fin de utilizarlos en el diseño de actividades de enseñanza en la escuela. Estos consisten en un kit de creación y programación de módulos robóticos de forma interactiva, contienen bloques programables, sensores, motores modulares y elementos de construcción, utilizados principalmente en el contexto de educación secundaria para la enseñanza de conceptos básicos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemática (Alemdar & Rosen, 2011); sin embargo, autores como Lai-yuen (2008) y Oates (2010) proponen que estos también son medios significativos y flexibles para reforzar conceptos en automatización industrial y robótica, en ámbitos de ingeniería, debido a su estructura que permite la simulación de sistemas

automatizados, guardando las proporciones. De acuerdo con lo anterior, se plantea la pregunta ¿Cómo aprovechar la plataforma Lego Mindstorms EV3 de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales para reforzar el proceso de enseñanza aprendizaje en la asignatura diseño sistemas productivos con el fin de mejorar el perfil del egresado?

1.2. Antecedentes

El presente proyecto dentro de su ejecución cuenta con variedad de conceptos de diversas áreas como la educación en automatización e Industria 4.0, ciencias de la enseñanza y aprendizaje en ingeniería, plataforma Lego y sus aplicaciones, además de la asignatura Diseño de Sistemas Productivos. De este modo, es difícil encontrar un trabajo que recopile todos estos factores en uno; sin embargo, si es posible encontrar trabajos que aporten en uno o varios de estos tópicos mencionados anteriormente, presentándose a continuación cuatro de ellos.

El primero de estos trabajos es el desarrollado por Gallegos & Gallegos (2015) titulado “Evaluación de la plataforma didáctica Lego Mindstorms EV3 para el concurso ecuatoriano de robótica en la categoría creatividad lego”. Éste hace referencia al desarrollo de actividades para el programa de ingeniería en telecomunicaciones de la Universidad Católica de Guayaquil, que tenía como objetivo permitirles asistir y competir a un concurso de robótica en Ecuador. Dentro del trabajo, se parte del hecho del gran desarrollo que ha tenido el área de la robótica y automatización las últimas décadas, además del impacto creciente que tendrá en el futuro, y permitiendo que los ingenieros en telecomunicaciones de dicha universidad estén preparados para afrontar esta tendencia; a partir de esto, se hace una revisión y selección de la plataforma de enseñanza, concluyéndose que la plataforma Lego Mindstorms (en su generación EV3) es la más adecuada, lo que finalmente desembocó en el desarrollo de

actividades, bajo el marco del concurso en creatividad Lego. Esto aporta al presente trabajo conocimiento acerca del desarrollo del concepto de automatización y su relación con la robótica, además de cómo se relacionan este concepto y la plataforma de Lego Mindstorms, del mismo modo ofrece un respaldo a la justificación de la necesidad de educación en automatización en el programa de ingeniería industrial del presente proyecto.

El segundo proyecto es el desarrollado Barrón & Cortes (2015) titulado “Programación con lego para la educación”, éste trata sobre el desarrollo de actividades para la enseñanza de robótica y programación de estudiantes de licenciatura de ciencias computacionales e ingeniería de software de la universidad de Hidalgo. Parte de la necesidad de mejorar el proceso de enseñanza de software y hardware en los programas antes mencionados, por este motivo inicialmente se realiza una evaluación de la situación actual, para posteriormente hacer una exhaustiva revisión del concepto de enseñanza y aprendizaje además de varias estrategias de enseñanza que puedan ser aplicadas en su contexto, complementándolo con una revisión enfocada a la enseñanza a través de la plataforma Lego Mindstorms, para al final integrar los conocimientos adquiridos en estas dos revisiones y generar así nuevas estrategias de enseñanza para los programas objetivo. Los aportes de este proyecto están relacionados a los tópicos de enseñanza-aprendizaje en ingeniería además de la plataforma Lego Mindstorms y sus aplicaciones, debido a que provee conocimiento acerca de estrategias probadas para la enseñanza con la plataforma Lego Mindstorms, además de ejemplos de actividades desarrolladas para esta plataforma.

El tercer proyecto es el desarrollado por Martínez & Vargas (2014) titulado “Adaptación e integración de una estrategia de aprendizaje basada en lúdicas para las asignaturas de Análisis de Procesos e Ingeniería de la Calidad”, en este proyecto se generaron actividades lúdicas

para dos asignaturas del programa de ingeniería industrial de la Universidad Industrial de Santander. Este se basa en la existencia de nuevas tendencias en el área de la educación que complementan la enseñanza y la vuelven más eficaz, por tanto, se resalta la necesidad de adaptar esta estrategia al contexto local, siendo las lúdicas la estrategia a aplicar. Para cumplir este objetivo se inicia con una revisión del concepto de lúdicas en el contexto internacional, complementado con un análisis de los contenidos de las asignaturas seleccionadas, para así generar diversas actividades que fueron aplicadas a los estudiantes de las mencionadas asignaturas y quienes posteriormente participaron en un proceso de evaluación, donde se examinaron el contenido y ejecución de las actividades desarrolladas y los conocimientos adquiridos. Este trabajo genera un aporte en forma de conocimiento acerca de la aplicación de estrategias de enseñanza en asignaturas específicas en el mismo entorno del presente proyecto, refiriéndose entorno, al programa de pregrado y las características de los estudiantes; además presenta una metodología para la evaluación de este tipo de actividades, lo que puede servir como guía en el desarrollo del sistema de evaluación propio del presente proyecto.

El cuarto trabajo fue el desarrollado por Castiblanco, Cruz, Ruiz, Pedraza, & Londoño (2017) titulado “Implementación de *Invention System Kits* como metodología de enseñanza y aprendizaje en ingeniería industrial. Caso de estudio: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito”. Este proyecto tenía como fin encontrar que metodologías de enseñanza se pueden utilizar con los *Invention systems kits* (Como los *Legó Mindstorms*), para fortalecer las competencias técnicas de los estudiantes de Ingeniería Industrial de su Universidad, basándose en dos premisas, primero, el uso de herramientas como los *Invention system kits* han demostrado ser un gran complemento en los procesos de enseñanza-aprendizaje en

diversos entornos, y segundo, la posibilidad que ofrecen estas herramientas para simular procesos de ingeniería especialmente en el sector de la manufactura,. A partir de esto, se seleccionaron estudiantes de Ingeniería Industrial (mayormente provenientes de un semillero de investigación en producción) para participar en el proyecto, con ellos se desarrollaron una serie de actividades que estuvieron clasificadas en tres niveles, en el primero los estudiantes construían sistemas anteriormente desarrollados y documentados, en el segundo modificaban estos sistemas con la idea de hacerlos más robustos, y en el tercero, los estudiantes generaban un sistema completamente nuevo. Como resultado (además de los elementos contruidos con los Lego Mindstorms) se encontró que las metodologías evidenciadas en el proyecto son la basada en descubrimiento, en proyectos y aprendizaje colaborativo. Este trabajo genera un aporte desde la perspectiva del enlace del área de la Ingeniería Industrial y el uso de los Lego Mindstorms, lo que demuestra que, si es posible utilizar esta herramienta en el entorno de la Ingeneria Industrial, además aporta ejemplos de actividades desarrolladas con esta plataforma en el área de conocimiento del presente proyecto.

2. Justificación

Desde sus inicios, la industria ha estado relacionada con los avances tecnológicos que surgen en la sociedad, algunos de estos que son aplicados en el entorno empresarial, tienen tanto impacto, que conllevan a revoluciones de la industria. Este hecho ya ha sucedido tres veces: primero con la aparición de le mecanización; segundo, la aparición de la energía eléctrica junto con el concepto de línea de producción y finalmente la computación y digitalización (Lasi et al., 2014). Actualmente Alemania lidera un nuevo proceso de transformación hacia la cuarta revolución conocida como la Industria 4.0 (Lee, Kao, & Yang, 2014).

Este concepto se basa en la aplicación de sistemas ciberfísicos y cibernéticos en la industria, con el objeto de permitir el monitoreo y sincronización de datos a través de sensores y software entre el sistema físico y el ciberespacio, además de procesar la información obtenida mediante algoritmos para que la planta trabaje de manera más eficiente y coordinada (Lee, Bagheri, & Kao, 2015). Este avance industrial comprende gran cantidad de aplicaciones y beneficios en el manejo de la producción; sin embargo, conlleva importantes retos para su implementación en las compañías, debido a que aquellos que las dirigen deben poseer ciertos conocimientos clave como robótica, análisis de *Big Data*, automatización industrial, simulación de procesos discretos entre otras, para lograr desenvolverse en este nuevo escenario (Keller, Rosenberg, Brettel, & Friederichsen, 2014; Rüßmann et al., 2015).

Para cumplir con estas nuevas demandas, el entorno educativo debe evolucionar para darle a sus futuros egresados las competencias necesarias. Por consiguiente, en el entorno nacional la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander, está llamada a asimilar y generar estrategias pedagógicas que permitan el diseño de materiales y actividades de instrucción, basadas en conceptos como la Industria 4.0, que sean no sólo eficaces en transmitir conocimiento sino, además, siguiendo las tendencias educativas actuales, aseguren las competencias necesarias y sean incluyentes a todo tipo de estudiantes a partir de sus estilos de aprendizaje.

En este contexto, el uso de Lego Mindstorms ofrece una valiosa herramienta para ser usada como plataforma de enseñanza con el fin de abarcar las nuevas necesidades en el conocimiento, debido a que incluye una variedad de elementos tales como, bloques programables, sensores, motores modulares y elementos de construcción aptos para realizar simulaciones y desarrollar los conceptos clásicos de la Industria 4.0 como la automatización

industrial (Coşkun, Gençay, & Kayıkcı, 2016). Asimismo, tienen la ventaja de su flexibilidad, que permite que sus elementos sean usados de manera creativa para transmitir toda clase de conceptos en entornos de trabajo colaborativo; además, estos pueden incrementar el desempeño y motivación de los estudiantes en el aprendizaje de temas complejos relacionados con este tipo de tecnología (Panadero, Roman, & Kloos, 2010).

Teniendo en cuenta lo anterior, este proyecto estará orientado a la asignatura Diseño de Sistemas Productivos, debido a que uno de sus propósitos consiste en definir y analizar conceptos concernientes al diseño y planeación de instalaciones industriales (Universidad Industrial de Santander, 2016), por consiguiente, para cumplir este objetivo adecuadamente, los estudiantes deben estar al tanto de todas las tendencias que puedan incidir en cómo se planea y diseña un sistema productivo, como es el caso de la cuarta revolución industrial o Industria 4.0.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Desarrollar objetos de aprendizaje basados en la plataforma Lego Mindstorms para la asignatura Diseño de Sistemas Productivos

3.2. Objetivos específicos

- Desarrollar una revisión enfocada a la identificación de estrategias aplicadas para la enseñanza de los componentes básicos de la automatización industrial en los programas acreditados de Ingeniería Industrial en Colombia.
- Identificar metodologías de enseñanza basadas en Lego Mindstorms aplicados en ingeniería a partir de una revisión de literatura y contenidos web.
- Diseñar objetos de aprendizaje para la enseñanza de los conceptos de automatización con la herramienta Lego Mindstorms basado en la información recopilada.
- Validar el diseño de los objetos de aprendizaje mediante la aplicación de una prueba piloto a estudiantes de la asignatura Diseño de Sistemas Productivos.
- Implementar el uso de herramientas TIC para soportar el desarrollo de los objetos de aprendizaje.

4. Metodología del proyecto

4.1. Identificación de estrategias de enseñanza en automatización en Colombia

Con el propósito de encontrar las estrategias aplicadas en Colombia respecto a la enseñanza de automatización en el ámbito de la Ingeniería Industrial, se realizará una revisión exploratoria de contenidos web. Con este fin se seleccionaron las universidades que ofrecen el

programa de ingeniería industrial con acreditación de alta calidad vigente, siendo esta información proveída por el Ministerio de Educación Nacional. En el apéndice A se añade una captura de pantalla de la página web del comité nacional de acreditación donde se muestran programa de ingeniería industrial con acreditación de alta calidad vigente.

A partir de esta información se procederá a identificar la página institucional de cada universidad, y dentro estos sitios se seleccionarán los espacios donde se encuentra alojada la información del programa de Ingeniería Industrial. Para delimitar la búsqueda, se eligen los términos automatización y robótica, como conceptos representativos para realizar la búsqueda en los sitios seleccionados, y además la búsqueda se enfocará en tres elementos comunes en todos los sitios web, planes de estudio, laboratorios y perfil del egresado.

A partir de esta información se realizará un informe descriptivo de las estrategias encontradas en la Universidades selección, comparándolo con la situación actual de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander, para generar las conclusiones correspondientes.

4.2. Identificación metodologías de enseñanza basadas en Lego Mindstorms

Esta revisión se encuentra basada en la metodología presentada en el artículo: “Applying systematic review search methods to the grey literature: a case study examining guidelines for school-based breakfast programs in Canada” (Godin, Stapleton, Kirkpatrick, Hanning, & Leatherdale, 2015), donde se presentan algunas directrices sobre cómo realizar revisiones incluyendo literatura gris proveniente de sitios web en la internet. Teniendo en cuenta lo anterior, durante la presente revisión se tendrán en consideración dos tipos de fuentes: bases de datos académicas como Web of Science y Scopus, y el motor de búsqueda Google.

4.2.1 Bases de datos académicas. Para la primera fuente de información, referente a bases de datos académicas, se seleccionaron las bases de datos Web of Science y Scopus, y se diseñó una ecuación de búsqueda presentada en la Tabla 2.

Tabla 2.
Ecuación de búsqueda

TS= ("Lego mindstorm") AND ("engineer*" OR "academy" OR "college" OR "undergraduate") AND ("project based" OR "problem based" OR "cooperative learning" OR "active metho*" OR "flipped classroom" OR "competen* based" OR "gamification" OR "challenge based" OR "active learn*" OR "active*

Para los criterios de inclusión y exclusión, se ponderó el maximizar el número de resultados, debido a los pocos resultados encontrados en una revisión previa, por lo tanto, solo se agregó una condición de exclusión referente al lenguaje, y se agregó un criterio de inclusión permitiendo artículos de conferencias. En la Tabla 3 se presentan los criterios mencionados.

Tabla 3.
Criterios de inclusión y exclusión

<i>Criterio</i>	<i>Descripción</i>
Inclusión	Se incluyeron artículos, y artículos de conferencias.
	Se incluyeron artículos en inglés y español
	Se incluyeron documentos de todos los años disponibles
	Se incluyeron documentos provenientes de las bases de datos Web of Science y Scopus
Exclusión	Documentos que no estén en inglés o español.

4.2.2 Motor de búsqueda Google. La segunda fuente de información es el motor de búsqueda Google, éste permite el acceso a una vasta cantidad de información que se encuentra alojada en la red. En una revisión realizada por Kaval (2011) sobre impactos ambientales que incluía literatura gris, donde obtuvieron aproximadamente 462,000 resultados al aplicar su

estrategia de búsqueda en el motor antes mencionado, de ahí que la revisión y evaluación de estos datos se pueda convertir en una gran empresa, además, no existen de herramientas de clasificación sofisticadas como las ofrecidas en bases de datos científicas que permitan filtrar la información (Hopewell, Claarke, & Mallett, 2005), de modo que solo se obtenga la información pertinente.

En este sentido, autores como Godin et al (2015); Mahood, Van Eerd, & Irvin (2014), proponen que una posible estrategia de búsqueda consiste en generar frases en texto o ecuaciones de búsqueda cortas a través una combinación de los términos clave definidos en la búsqueda, debido a que frases largas producen resultados insatisfactorios, del mismo modo para afrontar el problema de la cantidad de resultados no existe un consenso claro, autores como Arvai, Campbell-Arvai, & Steel (2012); Papania & Papania (2010); Kaval (2011), han tomado diferentes decisiones sobre cómo realizar una revisión, de un lado algunos solo tuvieron en cuenta las primera páginas, pero del otro lado algunos hicieron una revisión de los 500 primeros resultados.

Teniendo en cuenta lo anterior, para la presente revisión se diseñaron diversas estrategias de búsqueda, basadas en las palabras clave utilizadas en la ecuación de búsqueda diseñada para la revisión en bases de datos científicas, y se encuentran compuestas por tres palabras, siendo cada una de éstas perteneciente a uno de los conjuntos de palabras que se encuentran separadas por el operador lógico “AND” en la ecuación original. En la Tabla 4 se presentan los conjuntos de términos. El conjunto 1 contiene solo un término, el segundo 4 y el último contiene 10, es decir que al final se obtuvieron 40 ecuaciones de búsqueda.

Tabla 4.
Conjuntos de palabras

<i>Conjunto 1</i>	<i>Conjunto 2</i>	<i>Conjunto 3</i>
Lego Mindstorms	Engineer, academy, college, undergraduate.	Project based, problem based, cooperative learning, active method, flipped classroom, competency based, gamification, challenge based, active learning, active teaching.

Finalmente, en conjunto con los directores del proyecto se acota la revisión solo a la primera página de repuestas considerando primero, que cada página genera entre 8 a 11 resultados, y si se aplican 40 estrategias, la cantidad de resultados a analizar tendría un valor entre 320 a 440; segundo, ampliar la cantidad de páginas aumentaría enormemente la cantidad de tiempo necesario para evaluar los resultados, tercero, debido a que ésta no es la única fuente de información (también se contempla hacer una revisión de literatura estándar), y cuarto, el sistema de búsqueda de Google organiza los resultados por orden de relevancia, siendo los más relevantes los primeros en la lista (en la primera página). Finalmente, en los conjuntos 2 y 3 debido a que el uso de asteriscos para configurar la búsqueda no funciona del mismo modo que en Google, se seleccionaron las palabras más representativas posibles y se eliminó el asterisco.

4.3. Diseño y desarrollo objetos de aprendizaje

El propósito de este objetivo consiste en generar propuestas de diseño para los objetos de aprendizaje basados en la plataforma Lego Mindstorms, que previa aprobación, permitan el desarrollo de prototipos y su posterior aplicación y validación. El desarrollo de este objetivo y el subsecuente referente a la validación de los objetos de aprendizaje, se basan en el modelo de análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación (ADDIE), siendo éste el modelo más conocido y utilizado dentro de la metodología de diseño instruccional para el desarrollo de actividades como la del presente proyecto (Brito, 2009). Para la ejecución del objetivo se

tendrán en cuenta las etapas de análisis, diseño y desarrollo, considerando que la etapa de evaluación es aplicable al finalizar cualquier etapa; al respecto, se presentará una fase de evaluación posterior a la etapa de diseño.

4.3.1. Etapa de análisis. La etapa de análisis se centra en recopilar información, someterla a un análisis para definir los parámetros y características que se deben tener en cuenta en las etapas subsecuentes, por lo tanto, como resultado del análisis en esta etapa se definirán los siguientes aspectos:

- La necesidad de aprendizaje.
- Los recursos y herramientas.
- Los receptores de la enseñanza.

En esta fase también se tendrá acompañamiento del grupo Galea, que prestará apoyo y asesoría en el diseño este tipo de actividades.

4.3.2. Etapa de diseño. Esta se refiere a utilizar el conocimiento adquirido en la etapa anterior, para generar la estructura que van a seguir los objetos de aprendizaje, además de la forma en que estos serán validados por los estudiantes, por consiguiente, en esta etapa se definirán los siguientes aspectos:

- Objetivos de aprendizaje.
- Las metodologías y estrategias.
- Especificaciones de los prototipos.
- Propuesta de diseño.

- Herramientas de medición.

4.3.3. Evaluación. En esta etapa se realizará una evaluación a la propuesta de diseño generada en la etapa anterior, esta será llevada a cabo por los directores del proyecto (previa presentación) y de acuerdo con la retroalimentación obtenida, la propuesta será adaptada antes de pasar a la etapa de desarrollo.

4.3.4. Etapa de desarrollo. En esta etapa, de acuerdo a lo establecido en la etapa de diseño y la posterior de evaluación, el contenido será desarrollado; en esta fase se debe recopilar, almacenar y redactar toda la información que compone todos los objetos de aprendizaje, los productos en esta etapa consisten en: las herramientas de medición, guías en versión para estudiantes e instructores de acuerdo con los formatos definidos en la etapa de diseño, ya sean en formato físico, videos, diapositivas, etc.

4.4. Validación el diseño de los objetos de aprendizaje

Tomando como base los prototipos desarrollados en la etapa anterior, el propósito de este objetivo es aplicar los objetos de aprendizaje, dentro del modelo ADDIE esto sería el equivalente a la implementación. Este objetivo estará dividido en tres etapas, la ya citada aplicación, y dos etapas de evaluación que garanticen la idoneidad de los objetos de aprendizaje.

4.4.1 Primera evaluación. Esta etapa evaluación consiste en la aplicación de los prototipos a miembros del grupo Galea, simulación y diseño de sistemas productivos, con el fin de que estos brinden retroalimentación, para mejorar la idoneidad de las actividades. Además, esta etapa tiene como propósito secundario la transmisión de conocimiento a los miembros del grupo Galea acerca de la ejecución de las actividades.

4.4.2 Aplicación. Se seleccionarán estudiantes (mediante criterios definidos por los docentes de la asignatura Diseño de Sistemas Productivos) para participar en la ejecución del proyecto, estos deben estar cursando la asignatura Diseño de Sistemas de Productivos del programa de Ingeniería Industrial UIS; las sesiones se establecerán de acuerdo con la disponibilidad de los estudiantes y lo definido en las etapas precedentes.

4.4.3 Segunda evaluación. A finalizar la aplicación, los estudiantes validaran los objetos de aprendizaje a través de una herramienta de medición cuantitativa generada en la etapa de diseño, por lo tanto, en esta etapa se obtendrá como resultado un informe de validación del diseño de los objetos de aprendizaje.

4.5. Implementación de herramientas TIC.

Este objetivo busca asegurar la sostenibilidad de los objetos de aprendizaje en el tiempo, en este punto se plantean dos estrategias que conjuntas se espera motiven y faciliten el uso de los objetos de aprendizaje en el futuro, la primera estrategia viene definida de acuerdo por lo establecido por Callejas (2011) acerca de las características de los objetos de aprendizaje, donde se remarca que estos deben ser reutilizables, es decir, se hace necesario almacenar todos los contenidos de los objetos de aprendizaje de modo que puedan ser utilizados en cualquier momento; por consiguiente, se procede seleccionar una herramienta web como plataforma de almacenamiento, debido a su flexibilidad y fácil acceso a través de la internet.

Para la selección de esa herramienta se tendrán en cuenta el formato de los contenidos de tal manera que se facilite el acceso a estudiantes y tutores, además de permitir una organización adecuada del contenido. Entre las opciones a evaluar se encuentran:

- Páginas web propia

- Página web de la asignatura
- Repositorio digital oficial
- Aula virtual
- Repositorio propio
- Servicio de almacenamiento de archivos (Google Drive, Dropbox, etc.).

La segunda estrategia tiene que ver (ya con la primera estrategia desarrollada) con divulgar los resultados del proyecto a personas directamente relacionadas con el mismo, como lo son los docentes de la asignatura Diseño de Sistemas Productivos y miembros del grupo Galea; esto debido a que los docentes son lo que decidirán si se ejecutan los objetos de aprendizaje en la asignatura en el futuro, y los miembros de Galea, debido que se necesitara de su apoyo para la ejecución de los objetos de aprendizaje (en caso que se ejecuten). Para esto, se plantea realizar una exposición de dos horas con las personas antes mencionadas, donde se muestren los resultados del proyecto, experiencias de la prueba piloto, y una explicación de cómo se acceden los materiales que conforman los objetos de aprendizaje (considerando que ya han sido digitalizados), todo esto con el fin de motivar (como ya se mencionó anteriormente) y facilitar el uso de los objetos de aprendizaje en el futuro y estos sean sostenibles en el tiempo.

5. Marco teórico

Una tendencia que está surgiendo en el entorno industrial del planeta, es la conocida cuarta revolución industrial o Industria 4.0, que se espera genere grandes cambios en el entorno empresarial y especialmente el industrial en los próximos años (Keller et al., 2014; Lee et al., 2014). Bajo este contexto, el ámbito educativo debe integrar esta tendencia y generar materiales y actividades que permitan la transmisión de conocimientos y la generación de

competencias en los futuros profesionales. Con esta perspectiva, la teoría del diseño instruccional se presenta como una estrategia valiosa para tal fin, puesto que ésta se encarga de “trasladar los principios del aprendizaje e instrucción en especificaciones para materiales de instrucción y actividades”, (Ertmer & Newby, 1993, p. 1) es decir, ofrece un marco lógico que permite diseñar estos elementos de una manera más efectiva.

El encargado de generar estos recursos es llamado Diseñador, y debe conocer todos los aspectos inherentes al proceso de aprendizaje y enseñanza, tales como la pedagogía, andragogía, teorías de aprendizaje, estrategias de enseñanza-aprendizaje, entre otras; con el fin de trasladar este conocimiento en actividades instruccionales⁵ para que estos sean eficaces y mejoren al máximo el proceso de aprendizaje de los estudiantes, para tal fin una revisión acerca de estos conceptos es presentada en la siguiente sección.

El objetivo de este capítulo es presentar información relacionada con metodologías de enseñanza, además de definir bases teóricas relacionadas con aprendizaje. Para ello se realiza una revisión organizada en seis grandes grupos. El primer grupo trata los conceptos más generales de las ciencias de la educación, partiendo de conceptos claves como educación, enseñanza, aprendizaje y competencias, seguido posteriormente de la pedagogía y la andragogía; a continuación, en el segundo grupo se hace un repaso de las diferentes teorías de aprendizaje: conductismo, cognitivismo y constructivismo. Luego, en el tercer grupo, se revisa la teoría de los estilos de aprendizaje; seguido por el cuarto grupo donde se hace una revisión del concepto de diseño instruccional (el cual ofrece el marco de desarrollo de los

⁵ Palabra utilizada para hacer referencia a la teoría del diseño instruccional, es similar al término “de instrucción”.

productos de este proyecto); a continuación, en el quinto grupo, se presentan diferentes estrategias de enseñanza que serán consideradas en aplicación del proyecto, para finalizar en el último grupo con los conceptos de objetos de aprendizaje, que tendrán gran impacto en la ejecución del proyecto.

5.1. Conceptos generales de las ciencias de la educación

Con el fin de sustentar las bases relacionadas con el proceso enseñanza-aprendizaje se realiza una revisión donde se presenta la temática comparativa de pedagogía y andragogía debido a que esta se relaciona con los procesos de aprendizaje educación y enseñanza.

5.2. Andragogía y Pedagogía

La pedagogía y andragogía, tienen un objetivo similar; “el estudio de los métodos y actividades aplicados a la enseñanza”, (Cambridge University Press, 2017), en pocas palabras, el estudio del proceso de enseñanza-aprendizaje pero con varias diferencias, entre ellas, el sujeto final del proceso educativo, partiendo desde su origen etimológico:

- El termino Pedagogía proviene de las palabras *paidon* que significa “niño” y *agogus* que significa “líder o guía”, que literalmente significa el arte o la ciencia de enseñar a niños, (Holmes & Abington-Cooper, 2000).
- Andragogía está basada en la palabra griega *aner* con la raíz *andra* que significa “Hombre” y *agogus* que significa “líder o guía” que Knowles (1980) define como “el arte de y ciencia de ayudar al aprendizaje de los adultos”.

Esta disyuntiva ha generado un gran debate en la literatura, retrasando el desarrollo de la andragogía, debido que la mayoría de los autores quienes abordan el tema se centran la mayor

parte del tiempo en el problema de la edad, basados en que existen diversos factores que pueden afectar la interpretación de lo que es un adulto, según Holmes & otros (2000, p.1) :

“Piense en los muchos conceptos posibles de un adulto, como la definición de un diccionario o las definiciones biológicas, fisiológicas, legales, sociales, psicológicas, espirituales y morales. Estos conceptos incluyen la definición de un adulto como plenamente desarrollado y maduro, como alguien que puede reproducirse a sí mismo, como alguien que es responsable de sus propias acciones, como alguien que puede votar legalmente, y como alguien que exhibe un comportamiento que indica un sentido del bien y del mal.”

No obstante, Knowles (principal defensor de la teoría de la andragogía), le ha restado importancia al tema declarando que la pedagogía y andragogía son válidas tanto para adultos como para niños (Davenport & Davenport, 1985), esto dependiendo de los parámetros del entorno que se esté analizando y, asimismo, ciertas afirmaciones en las que se basa su teoría no están restringidas a una edad en específico sino a un estado mental. Darkenwald & Merriam, (1982), Davenport (1987), Knowles (1973; 1980), plantean que (1) una persona madura evoluciona su auto concepto de una perspectiva de dependencia hacia una de autonomía; (2) la madurez trae consigo una acumulación de experiencia que se convierte en un recurso de aprendizaje valioso para él mismo y para otros; (3) Una persona madura tiene disposición de aprender orientada hacia los roles sociales; (4) Una persona madura cambia su orientación en el aprendizaje de una centrada en el tema a una centrada en problemas. (Citado en Holmes & Abington-Cooper, 2000). Concluyendo que, desde la perspectiva de la andragogía, los estudiantes ven la educación como el proceso de desarrollar sus competencias para alcanzar todo su potencial en la vida.

Estas aseveraciones permiten resaltar las diferencias entre lo que Knowles llama una persona adulta, desde su perspectiva una “persona madura”, y un niño, además de permitir deducir la diferencia clave que existe entre las dos teorías y la razón que lo llevo a la creación de la teoría de la andragogía, primero el concepto de competencia y segundo como ésta cobra gran importancia en el entorno social y laboral de una persona adulta. Para Knowles, en las personas que están más relacionadas con mercado laboral, la perspectiva del proceso de enseñanza aprendizaje cambia de una basada en conocimiento a una basada en competencias; por lo tanto, el entorno educativo también debería cambiar enfocándose en crear experiencias de aprendizaje basadas en el desarrollo de las competencias (Malcom Knowles, 1980), siendo esto aplicable en una mayor medida en el contexto universitario debido a la cercanía de sus estudiantes a su desempeño profesional.

5.3. Teorías de aprendizaje

Con el fin de evaluar cómo se produce este aprendizaje, en esta sección se hace una revisión de las teorías más destacadas: el conductismo, el cognitivismo y el constructivismo.

5.3.1 Conductismo. El conductismo nació en el área de la psicología a inicios del siglo XX, como declaran Watson (1924), Murray, Kilgour, & Wasylkiw (2000), “si la psicología se quería convertir en una verdadera ciencia, ésta debía someterse al proceso de observación y medición científico, siendo así la conducta material adecuado para estudiar por los psicólogos, debido que la experiencia de la personas no es observable y no se puede confiar que estas sean reportadas apropiadamente ”, (Citado en Schunk, 1996); de este modo el conductismo se apoya en el uso de estímulos y la observación de la conducta subsecuente o respuesta al estímulo para realizar mediciones y obtener conclusiones, limitando el concepto de aprendizaje hacia la adquisición de una nueva conducta (Pritchard, 1998).

El conductismo está cimentado en el concepto de condicionamiento; éste tiene como objetivo la generación de una reacción a cierto estímulo y que éste perdure en el tiempo, por ejemplo, forzando la salivación de un perro a través de la combinación de varios estímulos como alimento y un silbato. El condicionamiento se encuentra dividido en varias vertientes, entre las más destacadas son el condicionamiento clásico y el condicionamiento operante (Mergel, 1998), el primero trata acerca del reforzamiento de alguna conducta que aparece ante cierto estímulo neutro, la segunda vertiente trata sobre el uso de estímulos positivos o negativos para incrementar o mejorar la probabilidad de ocurrencia de cierta conducta.

La aplicación de esta teoría en la enseñanza se basa en un cambio o formación de cierta conducta que pueda ser generalizada en los estudiantes (Ertmer & Newby, 1993), mediante el uso de estímulos; es posible por ejemplo reforzar una buena conducta como participación en la clase mediante un estímulo positivo, o la presentación de conceptos un teorema matemático basado en la repetición de un solo ejercicio y que partir de éste el estudiante esté capacitado para aplicar el teorema en otros ejercicios.

5.3.2 Cognitivismo. “El cognitivismo se basa en el análisis de los procesos internos de la mente, la identificación de los componentes que permiten el procesamiento de la información, filtros, almacenamiento a corto plazo, codificación para almacenamiento a largo plazo, y recuperarla cuando sea necesario” (Cooper, 1993, p. 3), es decir que el cognitivismo se enfoca en cómo se recoge, procesa y almacena la información; se diferencia con la teoría del conductismo en que toma a las personas como un ente pensante más que uno que solo responde a estímulos; la Figura 1 muestra un modelo de procesamiento de información desde la perspectiva cognitiva.

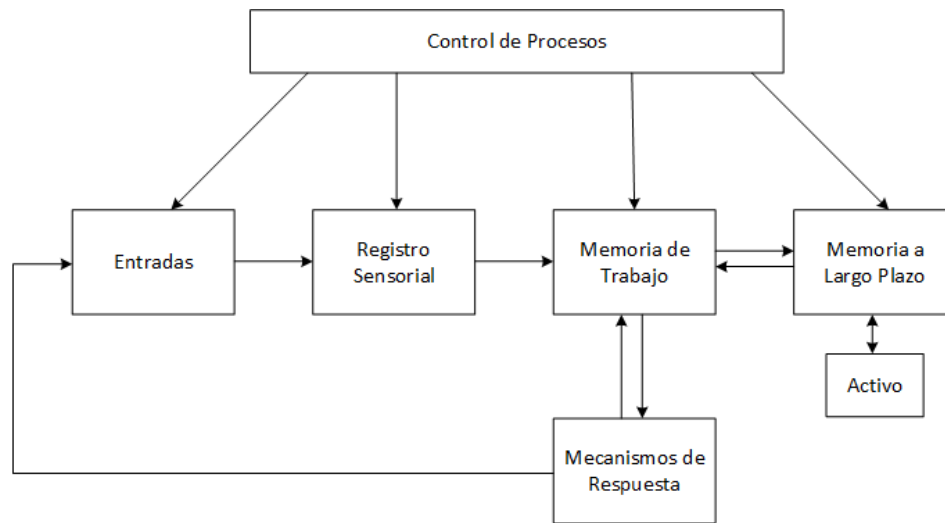


Figura 1. Modelo de procesamiento de información. Adaptado de Schunk, D. H. (1996). Learning theories. Printice Hall Inc., New Jersey (p. 166).

Una de las bases de este modelo se relaciona con las tecnologías de la información, que estuvieron en auge en esa época y motivaron la reevaluación del proceso de aprendizaje de las personas. Pozo (1989) estudia aspectos como la memoria, la atención, percepción, la codificación, con el fin de entender como procesan la información las personas y utilizar esta información para hacer el proceso de enseñanza lo más eficiente posible. Los postulados del cognitivismo promueven la simplificación y la estandarización de la información, es decir, la información que se va a presentar debe ser analizada, descompuesta y simplificada en bloques (Ertmer & Newby, 1993), de la tal manera que sea más fácil de procesar. En conclusión, los educadores deben ser capaces de controlar las condiciones ambientales y estructurar la información basado en el conocimiento de la estructuras mentales y procesamiento de información, de tal manera que lo que sea presentado sea simple de procesar y se relacione

con lo que tenían ya almacenado, creando así un nuevo significado y logrando que éste sea retenido en la memoria de manera definitiva (Ertmer & Newby, 1993).

5.3.3 Constructivismo. El enfoque del constructivismo sugiere que el conocimiento es el resultado de una construcción mental; la mente es lo que da significado a las cosas, el conocimiento no es impuesto por entes externos ni solamente formado en su interior, la realidad que crea una persona en su mente no es necesariamente válida para otra persona (Schunk, 1996). En el constructivismo se resalta la importancia de la interacción y la generación de ambientes que permitan el aprendizaje activo debido a que a partir de estos es que se genera el conocimiento.

Desde una perspectiva de diseño instruccional, el constructivismo direcciona el diseño de actividades en un ambiente significativo, debido a que las actividades que serán almacenadas como experiencias estarán inexorablemente conectadas al entorno en que fueron realizadas, lo que aduce que las actividades deben ser cercanas o similares a lo que sucede en el mundo real, de la tal manera que pueda relacionar fácilmente su experiencia con el problema que estén afrontando.

Para finalizar, en esta revisión bajo el enfoque del diseño instruccional podría surgir la duda de cuál sería el mejor enfoque al momento de crear actividades u objetos de enseñanza, en este caso el diseñador no debería preguntarse ¿Cuál es la mejor teoría? Sino como afirma Ertmer (1993), ¿Cuál es la teoría más efectiva en crear dominio en tareas específicas y para aprendices específicos?. Para responder a esta pregunta, se debe seleccionar fundamentándose en la información recolectada sobre el nivel de competencia de los estudiantes y el tipo de

tarea de aprendizaje, los métodos apropiados para lograr los resultados óptimos de instrucción en una situación determinada.

5.4. Estilos de aprendizaje

Los teoría de los estilos de aprendizaje podría asimilarse como otra de las teorías de aprendizaje (Conductismo, cognitivismo, etc.) mencionadas en la sección anterior; sin embargo, ésta se ha distanciado debido al hecho que se centra en los sujetos de aprendizaje como individuo, basándose en los diferentes modos en que los estudiantes aprenden, por ejemplo, observando, escuchando, imitando, actuando, razonando; según Velasco (1996, p. 4):

“Los estilos de aprendizaje se definen como el conjunto de características biológicas, sociales, motivacionales y ambientales que un individuo desarrolla a partir de una información nueva o difícil, para percibirla y procesarla, retenerla y acumularla, construir conceptos, categorías y solucionar problemas que, en conjunto, establecen sus preferencias de aprendizaje y definen su potencial cognitivo.”

Existe una gran cantidad de bibliografía al respecto; en la Tabla 5 se resumen varias de las teorías más destacadas.

Tabla 5.
Teorías de estilos de aprendizaje más destacadas

Autor o nombre	Categorías o dimensiones
Honey and Mumford (1992)	Activos, Reflexivos, Teóricos, Pragmáticos.
Programación neuro-lingüística (PNL)	Visual, Auditivo, Kinestésico.
Kolb (1984)	Acomodador, Convergente, Asimilador, Divergente.
Inteligencias múltiples	Lingüístico verbal, Lógico matemático, Espacial visual, Físico kinestésico, Musical, Personal.
Cuadrantes cerebrales	Teóricos/Racionales, Organizadores/Cuidadosos, Innovadores/Experimentadores, Humanitarios/Emotivos.

Nota: Adaptado de Coffield, F., Moseley, D., Hall, E., & Ecclestone, K. (2004). Learning styles and pedagogy in post-16 learning A systematic and critical review. Learning and Skills Research Centre

Se hace evidente que para un diseñador, decidir entre los muchos modelos pueden ser un gran reto; Cassidy (2004) sugiere que es posible basarse en la cantidad de veces que un modelo ha sido utilizado en investigación, teniendo en cuenta primero, que a muchos de estos modelos se les ha prestado muy poca atención desde su aparición, y segundo, que un modelo muy utilizado tendrá un gran cantidad de literatura relacionada que permite al docente estudiar los que otros han hecho y así decidir cuál de los modelos se adecua más su entorno o sus objetivos de enseñanza.

Uno de los modelos más destacados en este área es la teoría del el ciclo de aprendizaje basado en la experiencia desarrollado por Kolb, para él “el aprendizaje se define como el proceso por el cual el conocimiento es creado a través de la transformación de la experiencia”, (Citado en Coffield, Moseley, Hall, & Ecclestone, 2004). En su modelo presentado en la Figura 2, Kolb, propone que existen 4 preferencias de aprendizaje; las dos primeras, experiencia concreta y conceptualización abstracta que se refieren a la manera en que las personas perciben las experiencias, y las dos últimas experimentación activa y observación reflexiva, se refieren a la manera en la que la experiencia se transforma. Estas cuatro preferencias definen a su vez cuatro estilos de aprendizaje, de acuerdo a las preferencias del estudiante: Divergente, Acomodador, Convergente y Asimilador (Lowy & Hood, 2004; Sternberg & Zhang, 2001).



Figura 2. Modelo de aprendizaje de Kolb. Adaptado de Pritchard, A. (1998). Ways of learning. Routledge (p. 50).

- El estilo convergente se caracteriza por ser bueno en resolución de problemas, toma de decisiones, aplicación práctica de ideas y prefiere los problemas técnicos sobre los interpersonales.
- El estilo divergente es imaginativo y consciente de los significados y valores, percibe las situaciones desde diferentes perspectivas, prefiere aprender a través de la observación.
- El estilo asimilador prefiere razonar inductivamente, y creador modelos, piensa que es más importante que las ideas sean lógicas que prácticas.
- El estilo acomodador se centra en la experimentación, le gusta hacer cosas, tener nuevas experiencias, y es bueno adaptándose a los cambios.

Para que los procesos de enseñanza basados en este modelo de estilos de aprendizaje tengan éxito Coffield (2004), sugiere que los docentes deben estar conscientes de los diferentes estilos de sus estudiantes y modificar sus metodologías con base en esto, y en caso que se trabaje sobre grupos grandes donde no sea posible trabajar sobre ciertos estilos en específico, se sugiere ver estos cuatro cuadrantes como un ciclo y presentar la información de tal manera cubra el ciclo completo.

5.5. Diseño instruccional

“Diseño instruccional se define como un proceso sistemático y reflexivo de trasladar los principios del aprendizaje y la instrucción a materiales, actividades, recursos y evaluaciones” (Smith & Ragan, 2005, p. 4). Tiene como fin principal mejorar la eficacia del proceso de enseñanza aprendizaje pero además como propone Andrews (1980), esto asegura al educador que cada parte de su instrucción será utilizada, sin importar el contenido, y tenga una base teórica reconocible, es decir que las actividades que representen en clase no sea asunto del azar y la creatividad del docente.

Uno de los modelos más conocidos y antiguos del diseño instruccional es el modelo de análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación, (ADDIE), cuyo nombre proviene de la letra inicial de las diferentes fases que lo componen; este se presenta en la Figura 3.

Las fases del modelo ADDIE se inician con en el análisis de los objetivos de aprendizaje de los estudiantes, los recursos con los que se cuenta y el entorno; basado en esta información se diseñan los materiales, actividades y recursos, posteriormente se desarrollan y distribuyen entre la audiencia, siendo la evaluación transversal, permitiendo al diseñador volver a etapas previas de ser necesario (Belloch, 2013).

de sus conocimientos del aprendizaje e instrucción, deberá seleccionar las actividades más adecuadas dependiendo a los objetivos de aprendizaje que desee alcanzar. En la Tabla 6 se muestra una lista de algunas de las estrategias más importantes.

Tabla 6.
Estrategias de enseñanza

Autor o nombre	Categorías o dimensiones	Descripción
Metodologías clásicas	Diagramas	Representaciones esquemáticas que inducen al estudiante a organizar información
	Lectura	Se utiliza para presentar información aludiendo a la comprensión de lectura de los estudiantes
	Analogía	Estrategia que permite relaciones entre eventos o hechos que guarden cierta semejanza
	Taller Personal	La aplicación de conocimientos en una tarea específica.
Metodologías activas	Simulación	Es una estrategia que pretende presentar situaciones de la vida real que la que se tenga que solucionar un problema o experimentar una situación dada.
	Proyecto	Consisten en sumergir a un estudiante en una situación o problemática real. Requerido generar una propuesta para su solución
	Estudio de caso	Trata de describir un suceso real complejo, que permite aplicar conocimientos y habilidades para resolver un problema.
	Problema	Se presenta una situación antes de dar el conocimiento. Posteriormente se presenta y adquiere el conocimiento, se aplica en la solución del problema. En este, los estudiantes deben seleccionar el conocimiento para solucionar el problema.

Nota: Adaptado de González, M., Marchueta, J., Vilche, E. A., Woolfolk, A., & Pimienta Prieto, J. H. (2010). Estrategias de enseñanza-aprendizaje - SD Estrategias de enseñanza-aprendizaje.pdf. Psicología Educativa.

5.7. Aprendizaje colaborativo

“Trabajo colaborativo se refiere a un método de instrucción en el cual los estudiantes de varios niveles de desempeño y estilos trabajan juntos en pequeños grupos en busca de un objetivo común” (Anuradha, 1995, p. 1). En otras palabras, en este enfoque se busca que los estudiantes trabajen en pequeños grupos interactúen y colaboren entre sí para cumplir cierto objetivo ya sea, crear significado, solucionar un problema o crear un producto.

El enfoque de aprendizaje colaborativo tiene muchas ventajas, entre estas se encuentran:

- Los estudiantes que trabajan cooperativamente alcanzan mayores niveles de comprensión y retienen información por más tiempo comparado con los que trabajan individualmente. (Anuradha, 1995).
- Promueve el involucramiento de los estudiantes en sus procesos de enseñanza.
- Permite a los estudiantes formar hábitos de participación en ambientes de comunidad, a través del diálogo, deliberación y creación de consenso.
- Expone a los estudiantes al análisis e interpretación de diferentes perspectivas, creadas por sus compañeros.
- Los estudiantes se encuentran más preparados para situaciones en la vida real, que en su mayor parte son colaborativas (“Collaborative Learning: Group Work,” 2012).
- Puede ser aplicado a todo tipo de estrategias de enseñanza como estudio de casos, simulación, aprendizaje basado en problemas, proyectos (“Collaborative Learning: Group Work,” 2012; B. Smith & Macgregor, 1992)

Finalmente, el utilizar el enfoque de trabajo colaborativo presenta grandes oportunidades, pero también muchos retos para el diseñador, debido a que, desde el inicio del desarrollo de sus actividades u objetos de enseñanza, éste debe tener en mente el tamaño y manejo de los grupos, qué tareas le serán asignadas y cómo éstas serán evaluadas, las reglas de juego, además de que de esto depende el éxito de la instrucción. (B. Smith & Macgregor, 1992).

5.8. Aprendizaje basado en proyectos

El aprendizaje basado en proyectos como su nombre lo indica, se refiere a enfocar la educación a ejecución de proyectos dentro del entorno educativo; estos proyectos se basan en crear inquietudes en los estudiantes (o presentar un problema), que motive a los estudiantes a

diseñar, investigar, resolver problemas, y trabajar de manera autónoma, finalizando con productos finales realistas (Thomas, 2000). En general se pueden definir variedad de características asociadas a los procesos de enseñanza basados en proyectos, entre otros Blumenfeld et al. (2016) destaca dos de sus componentes considerándolos esenciales; primero el proyecto se debe basar en un problema y segundo debe tener como resultados un elemento que solucione el problema, debido a que su concepción no necesariamente estará a cargo del instructor, en realidad, estos pueden ser casi completamente generados por los estudiantes, permitiendo que trabajen de manera autónoma para, partiendo de una situación descrita, definir el problema, decidir el curso de las actividades y la forma final del elemento o artefacto que solucione el problema.

Respeto al trabajo autónomo de los estudiantes, éste se considera vital a la hora de aplicar la metodología de enseñanza basada en proyectos; por lo tanto, es importante discutir que tanto debe participar el instructor durante la ejecución del proyecto. Existe un acuerdo en que el instructor debe actuar más como un guía, consejero o consultor, en vez de un líder de proyecto, dejando que la mayor libertad posible a los estudiantes, siendo este un aspecto en que los instructores deben tener especial cuidado para que la metodología sea aplicada correctamente. Barron et al. (1998) y Blumenfeld et al. (2016), proponen que un instructor debe ofrecer oportunidades aprendizaje a través de acceso a información, controlar el avance, proveer de retroalimentación, diagnosticar problemas: todo esto, sin ser un actor directo en el proceso, por ejemplo proveyendo retroalimentación a través de direccionar el acceso a cierta información que permita la solución de la incertidumbre, sin llegar a proveer la solución directamente.

5.9. Aprendizaje basado en problemas

El aprendizaje basado en problemas se encuentra estrechamente relacionado con la metodología basada en proyectos, debido que ambas están basadas en la solución del algún problema, además que se encuentran enfocados en la colaboración y el aprendizaje a través de la experiencia (Hmelo-Silver, 2004); sin embargo, el origen de la metodología basada en problemas es el entorno médico, donde se utiliza para enseñar el diagnóstico de enfermedades (Wilson, 1996); además, la metodología basada en problemas se encuentra más enfocada en el problema que en la solución del mismo; por lo tanto, diversos autores han generado diversas metodologías para la resolución de problemas que modela el aprendizaje de los estudiantes durante el proceso. Una de estas metodologías es la propuesta por Hmelo-Silver (2004), que se presenta en la Figura 4; esta inicia con una presentación de un problema o situación, a continuación los estudiantes identifican los hechos, para a partir de estos estos, generar hipótesis para la solución del problema, luego se identifican las necesidades de aprendizaje relativas al problema (la información que no se conoce pero es necesaria para resolver el problema), lo que conlleva a adquirir y aplicar nuevo conocimiento al contrastarlo con las hipótesis planteadas inicialmente, y finalmente al resolver el problema se refleja el conocimiento abstracto ganado.

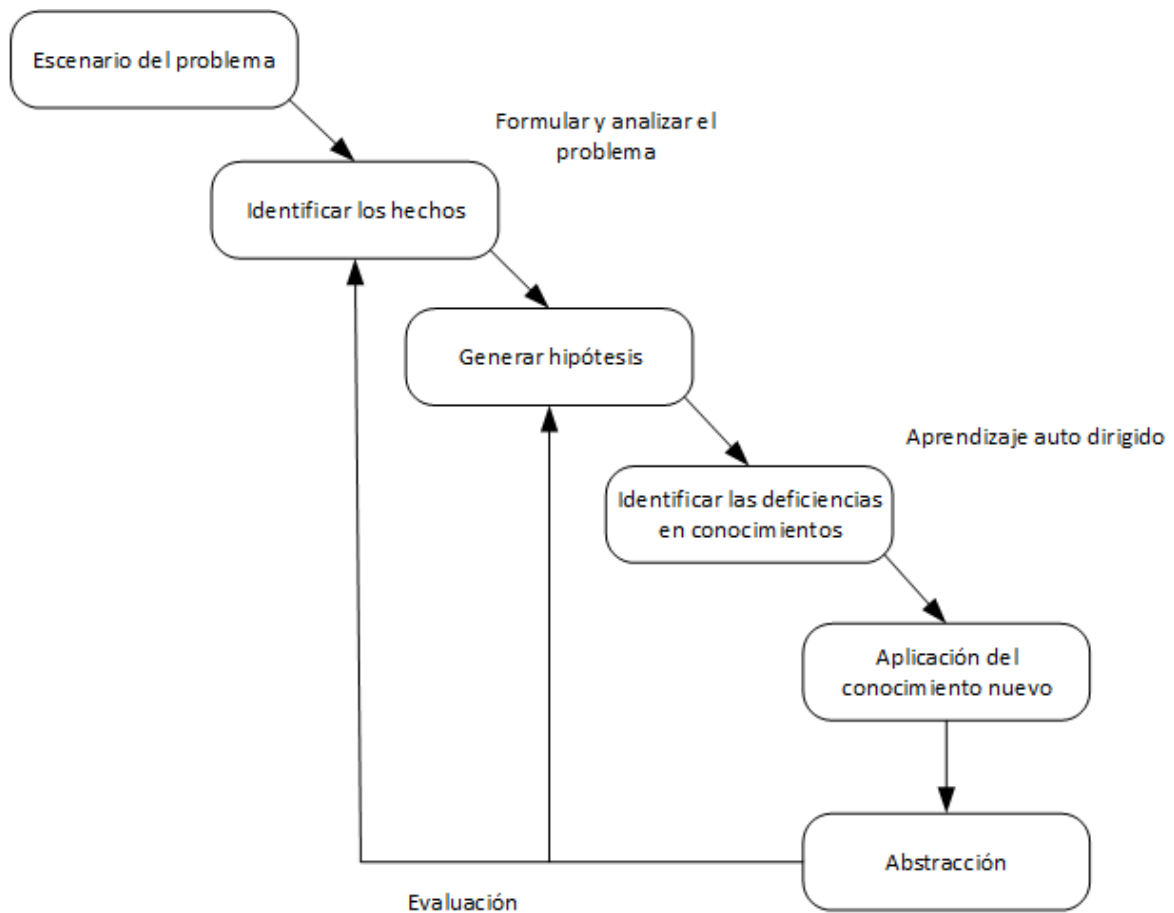


Figura 4. Ciclo de aprendizaje metodología basada en problemas. Adaptado de Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? Educational Psychology Review, (p. 237).

El aprendizaje basado en proyectos presenta una mayor libertad a la hora de prestar asesoramiento a los estudiantes, aunque también es posible (y se recomienda) seguir lo planteado en la metodología basada en proyectos en la que el instructor actúa como guía y motiva una independencia máxima de los estudiantes; en este caso también puede ser necesario que este sea parcial o totalmente dirigido por el instructor (Barrows, 1986), dependiendo de las condiciones en las que se presentan el problema, como acceso a información o la preparación de los estudiantes.

5.10. Objetos de aprendizaje

Desde una perspectiva general, un Objeto de Aprendizaje es cualquier entidad digital o no digital que puede ser usada, re-usada o referenciada para el aprendizaje soportado en tecnología, que tiene como finalidad integrar el proceso de enseñanza-aprendizaje, ofreciendo a los estudiantes la posibilidad de mejorar su rendimiento y satisfacción (Universidad Politécnica de Valencia, 2007).

Los objetos de aprendizaje deben cumplir ciertas características para ser considerados como tales, la primera consiste en que éstos deben ser granulares; es decir, cada objeto de aprendizaje se considera independiente y puede ser acoplado con otros objetos de aprendizaje de diversas maneras, generando que pueda ser usado en diferentes contextos y propósitos, y la segunda se refiere a que los objetos de aprendizaje deben ser reutilizables, esto genera un gran reto para el diseñador debido a que los objetos de aprendizaje deben cumplir con enseñar la temática de manera adecuada y además deben cumplir con las características propias de éstos (Callejas et al., 2011).

Finalmente, el desarrollo de objetos de aprendizaje se fundamenta como una estrategia de enseñanza centrada en el alumno, por lo tanto, estos deben seguir una estructura de diseño que permita su comprensión y manejo, debe incluir introducción, marco teórico, la metodología de aplicación de las actividades aprendizaje y los métodos de evaluación. (Callejas et al, 2011).

5.11. Lego Mindstorms

Los robots Lego conocidos como Mindstorms fueron resultado de una alianza entre el instituto tecnológico de Massachusetts (MIT) por sus siglas en inglés y la compañía Lego en el año 1996, con la idea generar un bloque “inteligente”. Esto dio como resultado el

lanzamiento de los Lego Mindstorm RCX en 1998, siendo inicialmente concebido como un juguete educativo para niños. Desde este punto se han lanzado otras dos versiones, la primera fue llamada Lego Mindstorms NTX, que fue lanzada en el año 2006, la segunda es conocida como Lego Mindstorm EV3 y fue lanzada en el año 2013. Esta plataforma se conforma por un kit con entre 500 a 800 piezas, entre las que se incluyen piezas de construcción, motores y sensores, además de un bloque controlador multipropósito encargado del procesamiento de la información, y un software que permite su programación, empleando un lenguaje de programación visual, basado en bloques, especialmente diseñado para la plataforma.

La última generación conocida como EV3 se diferencia principalmente de la generación anterior de la plataforma (NTX), en que además de las mejoras en el poder de procesamiento, diseño y conectividad, esta viene en dos versiones diferentes (además de un kit especial de expansión) dándole un enfoque diferente a cada una. La primera, es la versión “Home” que incluye 594 piezas técnicas y se destaca por su diseño atractivo, y tiene un enfoque de juguete educativo, la segunda versión es la conocida como “Education”, estando conformada por 541 piezas, diferenciándose de la versión comercial en el diseño y en tener un enfoque a la educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, o STEM por sus siglas en inglés; esto se logra, al dar la posibilidad al comprador de acceder a herramientas como videos, tutoriales, talleres relacionados con la temática, además de la posibilidad de grabar videos al momento de usar el software, entre otras.

Desde sus inicios esta plataforma ha sido muy popular en diferentes ámbitos, y una de las razones es que la plataforma Lego Mindstorm es muy flexible y puede adaptarse a todo tipo de proyecto en muchas áreas de la ciencia, gracias a su estructura que vincula hardware (sensores y motores), software (programación), y construcción (la plataforma se basa en

piezas con las que se puede construir infinidad de elementos), lo que permite por ejemplo enseñar programación (La plataforma es de código abierto) y ver como esta actúa sobre el hardware, permite a través de la construcción enseñar contos básicos de mecatrónica, o permite generar sistemas de producción (a escala) que permiten la enseñanza a estudiantes Ingeniería Industrial.

5.12. Industria 4.0 y Automatización

Debido al avance en las tecnologías de la información y a la comunicación, muchos países están en busca de aplicar estas tecnologías en su entorno industrial, siendo unos de sus focos Alemania, debido a que allí se ha generado un enfoque conocido como “Industria 4.0” (Baena, Guarín, Mora, Sauza, & Retat, 2017). Aunque no existe un acuerdo claro de acerca de su definición, una descripción simple de la Industria 4.0 sería la aplicación de tecnologías de la información y comunicación de manera conjunta a procesos industriales para incrementar su productividad, (Baena et al., 2017; Coşkun et al., 2016; Lasi et al., 2014; Lee et al., 2015; Rübmann et al., 2015); en otras palabras, estas tecnologías permiten la comunicación e interacción constante del entorno físico y el computacional, permitiendo sincronizar toda la información del proceso y permitiendo aumentar su eficiencia en tiempo real, conociéndose estos sistemas como sistemas ciberfísicos y cibernéticos (Keller et al., 2014; Lee et al., 2014). Respecto a las tecnologías mencionadas anteriormente, tampoco existe un acuerdo claro; sin embargo, Rübmann et al (2015) proponen que existen nueve pilares con sus consecuentes tecnologías, en las que se soporta la Industria 4.0 que son:

- Robots Autónomos
- Simulación
- Integración vertical y horizontal de los sistemas

- El internet de las cosas
- Ciberseguridad
- Almacenamiento en la nube
- Manufactura aditiva
- Realidad aumentada
- “Big Data” y análisis de datos

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede afirmar que el concepto de Industria 4.0 va más allá del término automatización debido a que, primero, la idea inicial de la automatización es más simple y consiste en el reemplazo de la mano de obra humana por robots controlados por computador para la realización de ciertas tareas (Parasuraman, Sheridan, & Wickens, 2000), y segundo, la Industria 4.0 se refiere a la aplicación de sus conceptos en un sistema productivo completo y no sólo en ciertas tareas como el concepto inicial de automatización. Por otro lado, se debe aclarar que las pautas básicas de la automatización no son inválidas y de hecho sirven como base (y precursores) de la Industria 4.0; por lo tanto, conceptos como la pirámide de la automatización, que desde su versión más simple de tres niveles, siendo el primer nivel referente a los procesos y sensorial, el segundo nivel de control y el tercero de toma de decisiones (Keller et al., 2014; Sauter, Soucek, Kastner, & Dietrich, 2011; Schlechtendahl, Keinert, Kretschmer, Lechler, & Verl, 2014), aportan la base para la aplicación de las tecnologías clave de la industrial 4.0, desde la perspectiva de integración de todos estos niveles en un sistema completo.

6. Identificación estrategias de enseñanza de automatización en Colombia

A partir de los resultados obtenidos de la ejecución de la búsqueda, se encontró que en 8 universidades con un programa de Ingeniería Industrial acreditado en Colombia se hace algún tipo de esfuerzo para la enseñanza de automatización, y a su vez se identificaron y definieron dos métodos para la enseñanza de automatización dentro de estas universidades, la primera de ellas consiste en poseer asignaturas enfocadas netamente a la automatización en el plan de estudios, ya sea como asignatura obligatoria o electiva, y el segundo método consiste utilizar laboratorios conformados por todo tipo mecanismos automáticos, para apoyar la enseñanza de una asignatura en específico, o la enseñanza de diversas asignaturas desde la perspectiva de la automatización. La Tabla 7 muestra cuales universidades utilizan dichos métodos y además de cual método en específico

Tabla 7.
Estrategias utilizadas por las diferentes Universidades

Universidad	Ciudad	Laboratorio	Asignatura
Escuela Colombiana De Ingeniería Julio Garavito	Bogotá	✓	
Escuela De Ingeniería De Antioquia	Medellín		✓
Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá	✓	
Universidad Autónoma De Occidente	Cali		✓
Universidad De Ibagué	Ibagué	✓	
Universidad De La Sabana	Chía	✓	✓
Universidad Distrital Francisco José De Caldas	Bogotá	✓	✓
Universidad Icesi	Cali	✓	

Nota: El valor ✓ indica que se aplica la estrategia.

Teniendo en cuenta lo anterior a continuación se presenta un resumen de las estrategias aplicadas por cada una de estas universidades.

6.1. Escuela Colombiana De Ingeniería Julio Garavito

En la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito poseen un laboratorio de manufactura (ver Figura 5), enfocado a la enseñanza de todo tipo de procesos industriales, centrándose en

la selección de materiales y la tecnología adecuada, además de la gestión de plantas de producción. Este laboratorio cuenta con todo tipo de equipos y materiales que van desde tornos, y fresadores hasta centros de mecanizado industrial CNC, a fin de presentar desde los procesos más simples o mecanizados, hasta procesos totalmente automatizados dependiente de un sistema de programación. Teniendo en cuenta lo anterior, se puede ver que este laboratorio no se encuentra directamente enfocado a la temática de la automatización sino más bien a la de procesos industriales; sin embargo, con los recursos que poseen si hacen un esfuerzo por mostrar el concepto de automatización desde un enfoque de comparación, partiendo de procesos más simples hasta los completamente automatizados, exponiendo sus ventajas y beneficios.



Figura 5. Laboratorio de manufactura. Recuperado de: <https://www.escuelaing.edu.co/es/laboratorios/1>

6.2. Escuela De Ingeniería De Antioquia

En la Escuela de Ingeniería de Antioquia, los estudiantes del programa de ingeniería industrial durante el octavo semestre deben cursar una asignatura llamada “Automatización de procesos” de tres créditos (la malla curricular de este programa se encuentra en el apéndice B), esta asignatura tiene como predecesora la asignatura “Automatización y redes industriales” y esta tiene como antecesoras las asignaturas llamadas “Electricidad y electrónica” y “Física de campos”. Aunque se hicieron contactos con la citada universidad a

través de correo electrónico y telefónicamente desafortunadamente no fue posible conseguir más información respecto de la asignatura, como los contenidos de esta o sus objetivos.

6.3. Pontificia Universidad Javeriana

La Pontificia Universidad Javeriana cuenta con el Centro Tecnológico de Automatización Industrial o “CTAI”, adscrito al departamento de ingeniería industrial. Este fue concebido como centro tecnológico en el año 1998 al integrar a un antiguo laboratorio de manufactura, elementos de automatización y robótica, hoy en día es uno los laboratorios mejor equipados de Latinoamérica para las prácticas docentes en automatización, producción y factores humanos (Pontificia Universidad Javeriana, n.d.). En este espacio de funciona principalmente como un espacio de formación de estudiantes de la universidad y otras entidades de educación superior, a través del desarrollo de prácticas de laboratorios, aunque también se utiliza como un centro investigación y desarrollo, y de extensión. El laboratorio integra tecnologías como la neumática, la electroneumática, la electrohidráulica, el control lógico programable y la robótica, basados en artefactos como el Centro Integrado de Manufactura (CIM), compuesto por tres estaciones conectadas: un módulo AS/RS (*automatic storage/ retrieval system*), una banda transportadora y un robot manipulador como se aprecia en la Figura 6.



Figura 6. Robot manipulador. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=utAcIKUzezY>

Además de lo presentado anteriormente este laboratorio también cuenta con diferentes recursos como una sala de robótica, una sala SAP, una sala de automatización, una sala CAD/CAM, todos integrados entre sí y apoyados con elementos como robots los industriales Yaskawa Electric's Motoman SDA10D (Figura 7) o el Kuka Youbot, una impresora 3D de referencia Object Eden 260V, además de Lego Mindstorm NXT, entre otros. Estos recursos apoyan el desarrollo de asignaturas como Procesos Industriales, Control Lógico y Secuencia, Procesos Avanzados de Manufactura, Manufactura Flexible y Cursos de Maestría como Automatización Industrial.



Figura 7. Motoman SDA10D. Recuperado de: <https://www.eurobots.es/yaskawa-motoman-sda10d-usado-robot-es.html>

6.4. Universidad Autónoma De Occidente

El programa de ingeniería industrial de la Universidad Autónoma De Occidente cuenta con una asignatura electiva profesional llamada “Automatización industrial”, esta materia es de tres créditos y tiene como requerimiento que el estudiante tenga cien créditos aprobados, su principal objetivo es:

“Entender la importancia del control automático en el desarrollo de la humanidad, comprendiendo las técnicas aplicadas en el análisis de sistemas de control lineales y reconociendo diferencias entre lazo abierto y lazo cerrado, sistemas continuos y discretos. Además, manejar herramientas computacionales que permitan el análisis de sistemas de control.”

Para cumplir este objetivo dentro del diseño de la asignatura se definieron diversos temas que la conforman, estos se presentan a continuación:

- Regulación y sistemas secuenciales.
- Principio de funcionamiento de los sensores y actuadores de las principales variables en procesos industriales.
- Redes Industriales.
- Redes Scada.
- Control secuencial (Lógica Programada).
- Controladores lógicos programables (Implementación).
- Teoría de control.

Como se puede apreciar, esta asignatura trata la temática de la automatización desde una perspectiva del control, que está muy relacionado o es muy común encontrar en el área de la ingeniería electrónica, siendo esto una parte importante dentro de la automatización, aunque no lo cubre en su totalidad.

6.5. Universidad De Ibagué

En la universidad de Ibagué se menciona dentro de la sección de laboratorios de la página web de la carrera de ingeniería industrial, que poseen un laboratorio especializado en

automatización (entre otros), seguido esto de especificaciones de gran cantidad de recursos y materiales, como tornos, bancos de pruebas de calidad, compresores, etc. Sin embargo, no se aclara la relación de estos elementos con el laboratorio ni la función del laboratorio en sí. Otro elemento encontrado fue el anuncio de una nueva dotación para el laboratorio de ingeniería industrial, este consistía en 3 sistemas de producción en línea automáticos, basado en cintas transportadoras y centros de trabajo, además de un sistema Kaban, esto fue agregado el día 13 de diciembre del 2017. Aunque se intentó contactar a la universidad por su página web y través de llamadas no fue posible obtener más detalles al respecto.

6.6. Universidad De La Sabana

La Universidad de la Sabana dentro de su programa de ingeniería industrial cuenta con una asignatura y un laboratorio enfocados a la enseñanza de automatización y robótica, estando ambas relacionadas. La asignatura es llamada “Automatización y sistemas integrados de manufactura”, es de dos créditos y se cursa en el séptimo semestre, además se la clasifica como una asignatura teórico-práctica, y tiene como requisito haber visto las asignaturas electrotecnia y gestión de operaciones 1. El laboratorio es conocido como “Laboratorio de automatización y robótica”, este posee entre su equipo un NaoV3R (ver Figura 8). Dentro de la información recopilada, se evidencia que el área práctica de la asignatura se realiza en el citado laboratorio.

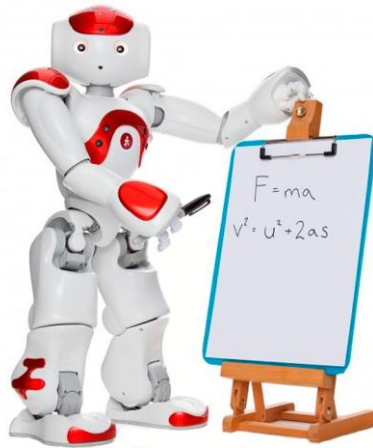


Figura 8. Robot NaoV3R. Recuperado de: <http://aliverobots.com/nao/>

6.7. Universidad Distrital Francisco José De Caldas

El programa de ingeniería industrial de la Universidad Distrital Francisco José De Caldas cuenta con una asignatura electiva llamada “Automatización”, es de dos créditos y se clasifica como una asignatura teórico-práctica, esta tiene como objetivo:

“Se espera que, al finalizar el curso, el estudiante de ingeniería industrial haya adquirido las habilidades cognoscitivas y manuales, que le permitan tener las competencias básicas en la solución de los problemas productivos reales a través de la aplicación de las tecnologías empleadas para la automatización”

Para cumplir este objetivo dentro del diseño de la asignatura se definieron diversos temas que la conforman, estos se presentan a continuación:

- Introducción a la Automatización
- Automatización por eventos discretos/secuenciales.
- Neumática, Hidráulica, Electro-neumática y PLC

- Automatización continúa.
- Sistemas dinámicos, control por realimentación y PID
- Tecnologías de automatización para procesos de producción

Como se puede evidenciar, este curso está basado en el área de hidráulica y neumática, por tanto, en las horas prácticas utilizan un laboratorio hidráulico conocido como “SABIO”, en este cuentan con diversos implementos de práctica de marca Festo. Además, también se puede observar que este curso está enfocado a la automatización de procesos continuos basados en fluidos, y no tiene en cuenta la producción en sistemas discretos. El syllabus de la asignatura se encuentra en el apéndice C.

6.8. Universidad Icesi

En la Universidad Icesi, en el año 2014 inauguraron el laboratorio del programa de ingeniería industrial, este está dividido en cuatro secciones, siendo una de ellas centrada en Automatización Industrial, esta consta de diversos elementos como una cinta transportadora o un brazo robot (de especificaciones desconocidas), en este sentido se menciona que por ahora este equipo se trabajara mediante el concepto de manufactura flexible, aunque se espera que en un futuro esto se pueda integrar con otro elementos hasta llegar a un CIM o Manufactura Integrada por Computador en donde la producción es enteramente controlada desde un computador (Universidad Icesi, n.d.).

6.9. Resultados adicionales

Durante la revisión realizada en acerca de metodologías de enseñanzas basadas en Lego Mindstorms (segundo objetivo del presente proyecto), se encontraron dos documentos que se consideraron útiles para complementar la identificación de estrategias de enseñanza de

automatización en el entorno de la ingeniería industrial, de modo que estos fueron agregados en esta sección. Es importante aclarar que, aunque los programas donde se generaron estas experiencias no son iguales a la ingeniería industrial en Colombia, son muy similares.

6.9.1 University of South Florida. En un artículo titulado “Using lego to teach and learn micromanufacturing and industrial automation”, se presenta una experiencia de aplicación (en el año 2007) de una estrategia de enseñanza basada en prácticas de laboratorio donde se utilizaban dos elementos, primero, el software “LEGO Digital Designer”, para enseñar el proceso de *surface micromachining* o micromecanizado, que se refiere a la fabricación a través de capas colocadas una sobre otra, pudiendo ser emulado a través de bloques Lego en el software. Segundo, se utilizaba Lego Mindstorms NTX (la generación anterior a los utilizados en el presente proyecto), para la enseñanza de conceptos de automatización y robótica a través de la ejecución de un proyecto a lo largo del semestre donde los estudiantes generarían un sistema de transporte autónomo. En esta experiencia participaron estudiantes de las asignaturas automatización y robótica, y procesos de manufactura, teniendo en cuenta lo anterior, la mayor parte de los estudiantes pertenecía al programa de *Industrial and Management Systems Engineering*, aunque también se contó con la participación de estudiantes de los programas de ingeniería mecánica y civil.

6.9.2 Korea Advanced Institute of Science and Technology. En un artículo titulado “Lego Robotics Based Project FOR Industrial Engineering Education”, se presenta una estrategia de enseñanza a través del uso de Lego Mindstorms EV3 para la enseñanza de los conceptos de automatización, motivados en que estas tecnologías se están integrando con los procesos de manufactura, de modo un nuevo enfoque es necesario para la enseñanza de la ingeniería industrial (Jang & Yosephine, 2016). Para este caso en específico, la enseñanza se

centró en el concepto del comportamiento del flujo dinámico en procesos de manufactura, esto a través del diseño de un LAPS o *LEGO-based automated production system*, como proyecto de la asignatura de innovación en procesos de manufactura, este LAPS tenía que funcionar bajo un sistema de dos máquinas y un buffer como se ve en la Figura 9.

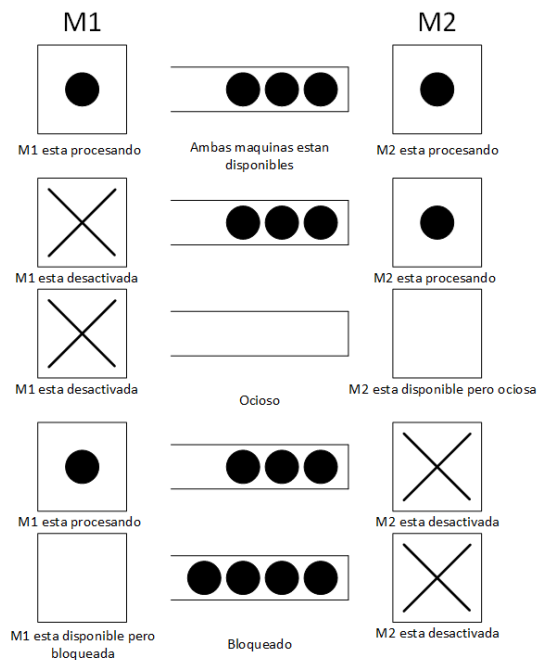


Figura 9. Sistema dos máquinas y un buffer. Adaptado de Jang, Y. J. A. E., & Yosephine, V. S. (2016). LEGO Robotics Based Project for Industrial Engineering Education. *International Journal of Engineering Education*, (p. 1272).

En este proyecto los estudiantes debían diseñar el sistema por sí mismos, usando Matlab como lenguaje de programación. Esta estrategia se empezó aplicar en el año 2013 como prueba piloto hasta el año 2015 donde finalmente se hizo su aplicación formal.

6.10. Análisis de resultados

De acuerdo con lo presentado en los incisos anteriores, se evidencia que, en la muestra de universidades definida se hace un esfuerzo para la enseñanza de los elementos de automatización y robótica, dado que en 8 de las universidades se encontraron algún tipo de estrategias de enseñanza en temas asociados. Estas estrategias se pueden visualizar desde diferentes perspectivas debido a que estas son muy variadas, la primera perspectiva es acerca de su clasificación en laboratorios y estrategias (que se presentó anteriormente en la Tabla 7), donde se encontró que existen 6 laboratorios y 4 asignaturas enfocadas o con alguna relación a la enseñanza de automatización y robótica. La segunda perspectiva es desde su complejidad, debido a que las estrategias van desde las más simples como utilizar elementos comunes de procesos industriales (como centros de mecanizado industrial CNC), para la enseñanza de automatización en la Escuela Colombiana De Ingeniería Julio Garavito, hasta los más avanzados como el laboratorio CTAI de la Pontificia Universidad Javeriana. La tercera, es la relación que existe entre los laboratorios y las asignaturas, muchos de estos laboratorios son utilizados en varias asignaturas, es decir, los conceptos de automatización se presentan de manera diseminada y aplicada en diversas asignaturas, como el laboratorio de la Pontificia Universidad Javeriana, por otro lado están los laboratorios que están ligados a una asignatura de automatización y robótica, como sucede en la Universidad Distrital Francisco José De Caldas, otras perspectivas podrían ser los recursos de los laboratorios o en que conceptos de automatización y robótica se enfoca cada estrategia, aunque esto último no se presenta por la falta de información concreta en muchas de las estrategias presentadas.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede concluir que no existe un patrón claro en las estrategias encontradas, de modo que no se puede definir una estrategia que sea más aplicable

que otras; sin embargo, si es posible concluir que en el país (al menos dentro del alcance de revisión), se está haciendo un esfuerzo en la enseñanza de las temáticas de automatización y robótica (bases de la Industria 4.0), dado que en 8 de las universidades se encontró algún tipo de estrategia; sin embargo, hasta ahora en el área de ingeniería industrial de la Universidad Industrial de Santander, no se aplica o no se hace ningún esfuerzo en la enseñanza de esta temática, lo cual justifica el desarrollo de este proyecto, considerando que éste le permitiría a la Escuela Estudios Industriales y Empresariales relacionarse con esta tendencia, y no quedarse atrás con lo sucede en el país y en el mundo (viendo los resultados adicionales) además, este proyecto puede servir como base y motivación para que realicen otros proyectos con el mismo enfoque, permitiendo fortalecer la enseñanza de estas temáticas en la escuela.

7. Revisión web y de literatura sobre metodologías de enseñanza con Lego Mindstorms

Para la presente revisión se tendrán en cuenta dos fuentes de información: bases de datos científicas, e información provista por la web a través de la plataforma Google (el análisis bibliométrico de los resultados obtenidos se presenta en el Apéndice D). Previa ejecución de la revisión, se decide presentar los resultados en dos partes: una sección basada en la información obtenida en la revisión web y la información obtenida en las bases de datos científicas.

Esto se debe a que la información obtenida en la revisión web proviene de toda clase de fuentes, partiendo de iniciativas personales y grupales sin vinculación a ninguna institución educativa, a empresas que se dedican a la producción y “comercialización” de actividades para la enseñanza con Lego, hasta artículos presentados en ponencias en diversos países; por consiguiente, mucha esta información carece de solidez obtenida en artículos y ponencias provenientes de bases de datos científicas como Scopus o ISI Web of Knowledge.

Teniendo en cuenta lo anterior, también se debe aclarar que esta información puede resultar igualmente valiosa para la ejecución del proyecto debido a que presenta una estructura más flexible a la hora de presentar los resultados, permitiendo por ejemplo, que detalles que normalmente pasan desapercibidos en este tipo de publicaciones se muestre aquí de manera más amplia, como la ejecución de las actividades; además esto permite acceder a todo tipo información sin importar que haya sido necesaria su publicación en una revista científica o se haya presentado como ponencia, considerando que no todos los proyectos de este tipo que se realizan en universidades son publicados de esta manera, lo que los haría inaccesibles si la revisión solo toma en cuenta bases datos científicas.

7.1. Contexto de aplicación de metodologías de enseñanza identificadas

Antes de continuar con los resultados es necesario aclarar las características de los elementos encontrados, puesto que estos son muy variables y no se ciñen a un patrón claro; sin embargo, para facilitar su comprensión, estos se pueden clasificar inicialmente en dos categorías dependiendo del nivel educativo donde se aplica la estrategia; en este caso el escolar y el universitario (el universitario posee sus propias características que se revisarán posteriormente), por lo tanto inicialmente se realiza una descripción de estas categorías.

7.1.1 Perspectivas ámbito escolar. En el entorno escolar la mayoría de los resultados vienen definidos por el término “STEM” proveniente de las iniciales en inglés de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas; este es un enfoque educativo que busca motivar los estudiantes jóvenes a entrar en el mundo de los tópicos incluidos en el STEM, además de prepararlo para afrontar de mejor manera su educación universitaria y sus diferentes ocupaciones en el futuro (Allan, 2017; U.S. Department of Education, n.d.). Por este motivo muchas de las variables medidas tienen que ver con motivación hacia el aprendizaje de las

temáticas del STEM y la mejora del aprendizaje de dichos tópicos. En este punto además, se ha encontrado que los robots presentan muchas oportunidades para la enseñanza del STEM (Saygin, Yuen, Shipley, Wan, & Akopian, 2012); bajo esta premisa se han generado variedad de trabajos, como los realizados por Saygin (2012), Strautmann (2011) , McKay, Lowes, Tirthali, & Camins (2015) y McGrath, Sayres, Lowes, S., & Lin (2008) entre otros, en los que se utiliza la robótica para motivar y mejorar los conocimientos de sus estudiantes acerca de éstas temáticas.

Otro aspecto importante es que especialmente en Estados Unidos existen otras entidades (universidades y compañías privadas) como la “Virginia Space Flight Academy” o “Carnegie Mellon Robotics Academy” que favorecen la aplicación de robótica para la enseñanza del STEM, a través de la oferta de cursos de verano o curriculares, además de favorecer la participación en competencias con robots de todo tipo, como la “Mini-Urban Challenge”, “First Lego League” y “Vex robotics competition”, lo que incrementa la motivación para la utilización de robótica en otras entidades.

7.1.2 Perspectivas ámbito universitario. En el ámbito universitario existe una gran variedad de aplicaciones, con diferentes enfoques y perspectivas, lo cual dificulta su clasificación; sin embargo, éstas varían de acuerdo con diversas características (como se indicaba anteriormente); la primera de ellas es el programa de pregrado en que la estrategia fue aplicada; la segunda, la metodología de enseñanza utilizada y; la última, es el objetivo de enseñanza o el fin que la estrategia aplicada buscaba alcanzar.

7.1.2.1 Entorno. Este se refiere al tipo de programa de pregrado en cuestión; en los resultados de la revisión casi en un 70%, todos estos programas están centrados en ingeniería,

especialmente en área de sistemas y computación; sin embargo, se encuentran también trabajos en el área de ingeniería mecánica, mecatrónica, electrónica, eléctrica, industrial y procesos, además toman toda el área de ingeniería como objeto de estudio. Del mismo modo, existen algunos casos especiales, como una aplicación de una estrategia a estudiantes de un programa de educación básica (maestros de primaria), con la idea que de la replicaran cuando estuvieran enseñando a niños en el futuro.

7.1.2.2 Metodologías. Esta trata sobre las metodologías de enseñanza en la que se basaron para aplicar las estrategias utilizadas en los diferentes trabajos, en este caso se encontraron un total de 10 metodologías, y partiendo de la ecuación de búsqueda utilizada, sólo la metodología “inquiry-based” no fue utilizada como una palabra en ésta ecuación; las metodologías se listan a continuación:

- Active learning (incluía todos los términos relacionados con metodologías activas)
- Colaborative learning.
- Challenge based learning.
- Competency based learning.
- Discovery-based learning.
- Flipped classroom.
- Gamification.
- Inquiry based learning.
- Project-based learning.
- Problem-based learning.

7.1.2.3 Objetivo de enseñanza. Este se refiere los diferentes fines que buscan los investigadores en los documentos encontrados en la revisión. Uno de los más comunes consiste en facilitar la enseñanza de programación de estudiantes de primeros semestres, teniendo en cuenta que el lenguaje de fábrica de los Lego Mindstorms es muy fácil de interpretar; del mismo modo, esta plataforma también se utiliza para enseñar programación de alto nivel, debido a que su *firmware* es de código abierto lo que permite su programación en casi cualquier lenguaje. Otros objetivos de enseñanza consistieron en incrementar la motivación de enseñanza en tópicos de ingeniería, desarrollo de la habilidad de resolución de problemas, el manejo de sistemas, mejora en la creatividad, enseñanza de robótica, e incluso la enseñanza del algoritmo genético y aprendizaje automático.

7.2. Metodologías de enseñanza más utilizadas; revisión web

Al ejecutar la revisión, los diferentes elementos son categorizados de acuerdo a las metodologías de enseñanza que se utilizaron; los resultados de estas categorizaciones se presentan en la Tabla 8, (teniendo en cuenta la sección anterior) ésta se encuentra dividida de acuerdo al ámbito de aplicación (en las columnas), y la metodología de enseñanza utilizada (en las filas), el número total de metodologías encontradas fue 90, respecto a la disparidad que existe entre el número total de resultados admitidos (un total de 75) y la metodologías encontradas, esto se debe a que en algunos casos varias metodologías fueron aplicadas al mismo tiempo.

Tabla 8.
Metodologías de enseñanza revisión web

Estrategia	Ámbito escolar	Ámbito universitario
Project based	9	20
Problem based	3	22
Active learning	2	6
Challenge based	7	2
Competency based	0	1
Discovery-based	1	1
Flipped classroom	0	3
Gamification	0	2
Inquiry based	2	0
Colaborative learning	6	3
Total	30	60

A partir de la Tabla 8 se hace evidente que las metodologías más utilizadas fueron la basada en proyectos (Project-based) y la basada en problemas (Problem-based), obteniéndose un total de 54 resultados de un total de 90, lo que equivale a más de 50% de los resultados totales. En consecuencia, es posible deducir que, si se siguiera esta tendencia, estas metodologías tendrán prioridad a la hora de diseñar y desarrollar los objetos de aprendizaje considerando el supuesto de su eficacia en este tipo de ambientes de enseñanza; sin embargo, esto no es concluyente debido que hace falta la segunda parte de la revisión, desarrollada en las bases de datos científicas, la cual se presenta en la siguiente sección.

7.3. Metodologías de enseñanza utilizadas en la revisión de literatura

Para la revisión de literatura se utilizaron los mismos preceptos de la revisión web, es decir, al avanzar la revisión, los resultados se fueron clasificando de acuerdo al ámbito y la metodología de enseñanza utilizadas; en este caso se obtuvieron un total de 35 resultados, entre las metodologías utilizadas en el ámbito escolar y universitario. Los resultados se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9.
Metodologías de enseñanza revisión de literatura

Estrategia	Ámbito escolar	Ámbito universitario
Active learning	0	3
Flipped Classroom	0	1
Gamification	1	1
Inquiry based	0	1
Problem Based	1	9
Project based	2	16
Total	4	31

Los resultados obtenidos indican que la metodología más utilizada es la basada en proyectos con un total de 18 resultados, que equivale aproximadamente el 50% del total; el segundo es la metodología basada en problemas con un total de 10 resultados, que equivale aproximadamente a un 30% de los resultados, lo que significa que entre las dos ocupan un 80% de los resultados. Teniendo en cuenta esto y los resultados obtenidos en la revisión web, se puede deducir que las metodologías que tendrán mayor preponderancia en el presente proyecto serán la basada en proyectos y la basada en problemas, debido a que esto provee la base necesaria para aplicarlas en el contexto propio, permitiendo junto con la metodología de diseño instruccional y objetos de aprendizaje, dar el sustento metodológico al presente proyecto.

8. Etapa de análisis de información

8.1. La necesidad de aprendizaje

La necesidad de aprendizaje se encuentra definida de manera implícita dentro de la justificación y planteamiento del problema del presente proyecto; sin embargo, esta se puede resumir como la necesidad de los estudiantes de la Escuela de Estudios Empresariales e Industriales de la Universidad Industrial de Santander de desarrollar competencias en los temas relacionados con automatización e Industria 4.0, debido a que esta es nueva tendencia

que se aplica cada vez más en el sector industrial. Teniendo en cuenta lo anterior, se debe aclarar que la Industria 4.0 se basa en la aplicación en conjunto de varios conceptos (estos conceptos implican la aplicación de diversas tecnologías) en el sector industrial, y, por lo tanto, no es posible abarcar todas debido a su gran amplitud y a la estructura de la plataforma de enseñanza (Lego Mindstorms); teniendo en cuenta lo anterior, la enseñanza se enfoca a la robótica, automatización y sistemas autónomos, que se ajustan a la herramienta y hacen parte de los conceptos clave de Industria 4.0.

8.2. Los recursos y herramientas.

Dentro de este proyecto se cuentan con diversos recursos y herramientas, la primera (parte del título de este proyecto) es la plataforma Lego Mindstorm EV3, de esta se cuenta con:

- 3 kit básicos en la versión EV3 Education.
- 5 kits básicos en la versión EV3 comercial.
- 8 kits de expansión en la versión Education EV3.

Esta plataforma requiere el uso de computadores para programar los robots, en este caso se recomienda el uso computadores portátiles debido a su practicidad; en consecuencia, en este punto existen dos opciones, primero, lo estudiantes pueden utilizar un computador portátil de su propiedad, o segundo en la escuela se cuenta con computadores portátiles para su préstamo, por lo tanto, se elegirá una u otra de acuerdo a cada estudiante.

Otro de estos recursos necesarios es el espacio para la realización de las actividades, en este caso el espacio propuesto es la sala 316 del laboratorio Galea; sin embargo, debido a que las actividades no se han diseñado esto no es concluyente, dado que pueden existir

requerimientos que en la citada sala no se cumplan, por lo tanto, al final de la etapa desarrollo se define de manera definitiva.

8.3. Los participantes

El grupo de estudiantes que hacen parte de la aplicación del presente proyecto se encuentran cursando la asignatura “Diseño de Sistemas Productivos”. Esta asignatura se cursa durante el noveno semestre del programa de Ingeniería Industrial, y normalmente cuenta con tres cursos con un promedio de 30 estudiantes por grupo. Los estudiantes que participen en el proyecto son seleccionados por el docente dentro del salón de clase (al iniciar el semestre) y se les solicita su participación en el proyecto (tendrán la posibilidad de negarse a participar). En este momento no es posible determinar la cantidad de estudiantes total, debido a que no se conoce el diseño de las actividades; sin embargo, es posible determinar que el tamaño de los grupos es de alrededor de cuatro personas por grupo, considerando la conformación de grupos en trabajos similares, además, se tiene en cuenta que un grupo con un mayor número de integrantes es más difícil de manejar y un grupo menor cantidad puede hacer que el tiempo de ejecución de las actividades sea muy alto, igualmente este tipo de parámetros serán probados en las fase previa a su implementación con el grupo Galea.

9. Etapa de diseño de los objetos de aprendizaje

9.1. Los objetivos de aprendizaje

Para definir los objetivos de aprendizaje, es necesario remitirse a varios aspectos que ya han sido mencionados anteriormente, y que tienen relación con el proyecto. Ellos son: la asignatura Diseño de Sistemas Productivos, la plataforma Lego Mindstorm y los conceptos de Industria 4.0. Primero. La asignatura se basa en la necesidad de planear de manera adecuada

la infraestructura y distribución de sistemas productivos y la plataforma Lego Mindstorms permite simular sistemas automatizados donde se aplican conceptos clave de la Industria 4.0. Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de enseñanza se enfoca en la enseñanza de esos conceptos a través del desarrollo de sistemas (o parte de ellos), con la plataforma Lego Mindstorms. En resumen, el objetivo de aprendizaje general es “La apropiación de conceptos por parte de los estudiantes acerca del manejo funcionamiento y diseño de este tipo de sistemas automatizados”, por lo tanto, a partir de este objetivo general se generarán los objetivos de cada uno de los objetos de aprendizaje.

En este aspecto también se define que uno de los objetivos de los objetos de aprendizaje debe estar enfocado al entrenamiento de los estudiantes previo a la aplicación de los objetos de aprendizaje enfocados en sistemas, debido a que, aunque la plataforma sea un sistema fácil de dominar, igualmente se requiere un entrenamiento acerca de la programación y construcción con los mismos. Además, esto tiene como objetivo brindar a los estudiantes todo el conocimiento necesario acerca de la plataforma de modo que pueda ser utilizada en los demás objetos de aprendizaje, lo que puede disminuir la cantidad de asesoramiento necesario por parte del instructor y, por tanto, el tiempo de ejecución de las actividades.

9.2. Las metodologías y estrategias

De acuerdo con los resultados obtenidos durante la fase de revisión, las metodologías de enseñanza principales que se usan para el desarrollo y ejecución de los objetos de aprendizaje son las basadas en proyectos y la basada en problemas, puesto que al haber sido aplicadas en un mayor número (en contextos similares al presente proyecto), se cuenta con ejemplos de aplicación de diversas estrategias que prestan la base experiencial necesaria para el presente proyecto. Además, respecto al objetivo de aprendizaje de entrenamiento se utiliza una

metodología de taller teórico-práctico, ya que la mayor parte del material disponible en la web para el entrenamiento en la plataforma utiliza esta metodología.

9.3. Prototipos y propuesta de diseño

Para la definición de las especificaciones de los prototipos y la posterior definición de una propuesta, primero se idearon un total de 4 objetos de aprendizaje, que se nombran a continuación:

- Primer objeto de aprendizaje: Entrenamiento
- Segundo objeto de aprendizaje: Problema de transporte
- Tercer objeto de aprendizaje: Problema de ensamble
- Cuarto objeto de aprendizaje: Proyecto de ensamble, clasificación y transporte

Para cada uno de los objetos de aprendizaje, se establecen los objetivos, la metodología a utilizar, y una breve descripción de las actividades a realizar (ésta desde la perspectiva del instructor) y los resultados que se esperan obtener, sirviendo esta información como base para generar la propuesta de diseño que se presentará a los directores de proyecto para su aprobación, lo que da paso al desarrollo de las guías, las pruebas de prototipos y su implementación final.

9.4. Fundamentación primer objeto de aprendizaje

9.4.1 Objetivos de enseñanza. Objetivo general: Brindar a los estudiantes el conocimiento y dominio necesario acerca del uso de la herramienta Lego Mindstorm.

Objetivos específicos:

- Identificar todas las funciones del software de programación Lego Mindstorm,

- Conocer la construcción y manejo de las estructuras construidas con Lego Mindstorm más comunes.

9.4.2 Descripción. En esta práctica se espera que los estudiantes obtengan dominio de la plataforma Lego Mindstorm, en lo referente al software (programación), hardware (Sensores y servomotores); por lo tanto, se ofrecen talleres prácticos, donde se prueban diferentes funciones del software y hardware. Consiste en una contextualización teórica de un tema, seguido de un reto de aplicación del mismo donde se utilice el conocimiento adquirido. Estas sesiones tienen una duración de 4 horas con la posibilidad de hacerse de manera consecutiva.

En este caso estas actividades están basadas en los recursos de entrenamiento ofrecidos por Seshan & Seshan (2018) en su página web “Ev3lessons”, considerando que el material ofrecido se encuentra organizado, debido a que éste se distribuye por temas y niveles de dificultad; por lo tanto, este material es adaptado y resumido para ser aplicado. El material de enseñanza se basa en diapositivas; sin embargo, también se define una guía docente y una guía de estudiante donde se presentan más detalles y recursos adicionales.

9.4.3 Desarrollo de actividades

- Introducción al sistema (tiempo estimado: 20 min)
- Desarrollo de actividades de nivel principiante (tiempo estimado: 2 horas)
- Desarrollo de actividades de nivel medio (tiempo estimado: 2 horas)
- Desarrollo de actividades de nivel avanzado (tiempo estimado: 3 horas)

9.4.4 Resultados esperados. En este caso los resultados esperados no se evidenciarán en elementos o estructuras físicas, se espera que los estudiantes dominen la plataforma de tal manera que este conocimiento pueda ser aplicado en fases posteriores.

9.5. Fundamentación segundo objeto de aprendizaje

9.5.1 Objetivos de enseñanza. Objetivo general: Explorar y reconocer diferentes tipos de sistemas de transporte autónomos que puedan ser desarrollados con Lego Mindstorms.

Objetivos específicos:

- Idear un sistema de transporte autónomo.
- Construir un sistema de transporte autónomo.

9.5.2 Descripción. En este módulo se busca que los estudiantes adquieran conocimiento sobre los diferentes tipos de transportes autónomos que pueden existir en un sistema automatizado. Al inicio se plantea una situación (problema) de transporte de materiales de un punto “A” a un punto “B”. Basado en la metodología basada en problemas y el modelo propuesto por Hmelo-Silver (2004), la primera parte de este objeto de aprendizaje está orientada a la ideación de diferentes soluciones (o hipótesis) al problema, para posteriormente seleccionar una de ellas. Ya con la idea seleccionada, se proceder a su desarrollo, para finalmente hacer una demostración de la solución planteada.

Para el desarrollo de la actividad, se utiliza un espacio de trabajo definido por baldosas como sistema de referencia, es decir, en el espacio de trabajo se puede definir como cuatro por cinco baldosas, y dentro de esa área se establecen las áreas donde se reciben y se entregan los recursos (pueden ser más de dos áreas), y cada una de estas áreas puede ser una baldosa o parte de ellas. Los recursos a transportar serán bloques de Lego, o elementos alternativos en caso de que estos no se desempeñen adecuadamente, en este caso su color definirá el punto de llegada y el punto de entrega del material.

También es importante aclarar que existe una gran cantidad posible maneras de resolver este problema, entre estas se encuentran vehículos autónomos guiados por posición, por color, y sistemas de cintas (ver sección de resultados esperados), además es posible que se planteen soluciones que no se encuentren en esta lista; por lo tanto, el instructor debe estar preparado para apoyar la solución seleccionada y en dado caso al momento de la selección de la solución influir para llegar a alternativas realizables, sin llegar a sesgar demasiado la selección de la solución al problema por parte de los estudiantes.

9.5.3 Desarrollo de actividades

- Planteamiento del problema (tiempo estimado: 10 min)
- Ideación y selección de hipótesis de solución (tiempo estimado: 30 min)
- Desarrollo de la solución planteada (tiempo estimado: de 3 a 7 horas)
- Demostración del elemento desarrollado (tiempo estimado: 1 hora)

9.5.4 Resultados esperados. En este caso como se mencionó anteriormente, existen diferentes posibles soluciones esperadas para este módulo; sin embargo, a continuación, se plantean algunas de las alternativas aplicables:

- Vehículos guiados por líneas (seguidores de líneas)
- Vehículos guiados por posición o programación de motores
- Cintas de transporte (no se recomienda por falta de recursos)

Cabe aclarar que además estos vehículos deben tener algún tipo de funcionalidad que permita sostener la ficha durante el trayecto y liberarla al llegar al punto destino, para esto se puede utilizar manos robot, plataformas móviles, puertas de apertura etc.

9.6. Fundamentación tercer objeto de aprendizaje

9.6.1 Objetivos de enseñanza. Objetivo general: Identificar y desarrollar diferentes métodos de ensamblaje autónomo que se puedan realizar con Lego Mindstorms.

Objetivos específicos:

- Idear un sistema de ensamblaje autónomo.
- Construir un sistema de ensamblaje autónomo.

9.6.2 Descripción. En este módulo se busca que los estudiantes adquieran conocimiento sobre los diferentes tipos de sistemas de ensamblaje autónomos que pueden existir en un sistema automatizado. En este caso se plantea una situación (o problema) donde se deberá realizar el ensamble de dos piezas de manera autónoma. Al igual que el objeto de aprendizaje anterior, la primera parte está orientada a la ideación de diferentes soluciones (o hipótesis) al problema para posteriormente seleccionar una de ellas. Ya con la idea seleccionada se procederá a su desarrollo, para finalmente hacer una demostración de la solución planteada.

Para el desarrollo de la actividad se utilizará un espacio de trabajo definido utilizando baldosas como sistema de referencia, es decir, que en el espacio de trabajo se puede definir como cuatro por cinco baldosas. Los recursos a ensamblar serán bloques de Lego, o elementos alternativos en caso de que estos no se desempeñen adecuadamente, teniendo en cuenta esto, debido a que este módulo no está enfocado al transporte, los bloques de lego podrán ser introducidos dentro del sistema de manera manual, con la condición de que la menos dos de las 3 piezas (2 piezas del subensamble y la pieza ensamblada) del sistema se muevan de su posición en algún momento, estos debido que sin esa condición, el ensamblaje sería muy simple, y la idea es en el siguiente objeto de aprendizaje complementar esto con un

sistema de transporte, por lo tanto tener claro los movimientos de entrada y salida del sistema de ensamble es útil.

En este caso es importante aclarar dos cosas, la primera es que la dificultad de este módulo puede llegar ser mucho mayor que la modulo anterior, debido que con esta plataforma se pueden generar sistemas muy complejos de ensamble, utilizando una gran cantidad de piezas y, por tanto, requiriendo una enorme cantidad de tiempo para su construcción (estos ejemplos se agregaran a las guías finales como recursos). De este modo, es clave que el instructor incida durante la fase de planeación para que la soluciones sean lo más simples posible; en este punto aparece el segundo elemento aclarar, existen también una gran cantidad de soluciones posibles a este problema; sin embargo, en este caso solo se recomiendan dos, un sistema con cintas de ensamble a presión lateral y un sistema de grúa o brazo robótico.

9.6.3 Desarrollo de actividades

- Planteamiento del problema (tiempo estimado: 10 min)
- Ideación y selección de hipótesis de solución (tiempo estimado: 45 a 60 min)
- Desarrollo de la solución planteada (tiempo estimado: de 4 a 8 horas)
- Demostración del elemento desarrollado (tiempo estimado: 1 hora)
- Inventario de la plataforma (tiempo estimado: 2 horas)

9.6.4 Resultados esperados. En este caso existen varias posibles soluciones para este módulo, pero solo se tendrán en cuenta dos, primero un sistema de ensamblaje lateral y segundo un brazo robótico, estos deben estar complementados con otro elemento que lleve las piezas a la posición correcta, puede ser un vehículo en el caso del brazo robot o una cinta en el caso del ensamblador lateral.

9.7. Fundamentación cuarto objeto de aprendizaje

9.7.1 Objetivos de enseñanza. Objetivo general: Identificar y desarrollar un sistema de transporte, ensamble y clasificación autónomo con la plataforma Lego Mindstorms.

Objetivos específicos:

- Idear un sistema de transporte, ensamble y clasificación autónomo,
- Construir un sistema de transporte, ensamble y clasificación autónomo.

9.7.2 Descripción. En este módulo se busca que los estudiantes con el conocimiento adquirido desarrollen un sistema completo que transporte, ensamble y clasifique elementos, en este caso se utiliza la metodología basada en proyectos. Primero se plantea una situación después, se define una solución, se planea el diseño de la solución y cómo esta será llevada a cabo, para posteriormente proceder con su desarrollo, y finalmente su demostración o puesta en práctica. En esta fase se cuenta con el conocimiento de los estudiantes adquirido en fases anteriores, cabe resaltar que este proyecto es la combinación de los dos módulos anteriores, en el cual se le da una mayor importancia a la clasificación de elementos.

Para este módulo se utilizan lineamientos muy similares al de los módulos anteriores, es decir, limitar las soluciones complejas y las condiciones de área de trabajo, tipos de ensamblaje etc. Además, se recomienda utilizar los mismos tipos de transporte y ensamble definidos en las fases anteriores, es decir, que es posible reutilizar los diseños y programación de las fases anteriores con el fin de ahorrar tiempo, debido a que, al ser un sistema completo, su construcción puede tomar una gran cantidad de tiempo.

9.7.3 Desarrollo de actividades

- Planteamiento del proyecto (tiempo estimado: 20 min)
- Fase de planeación (tiempo estimado: 1 a 2 horas)
- Desarrollo de la solución planteada (tiempo estimado: de 8 a 14 horas)
- Demostración del elemento desarrollado (tiempo estimado: 2 hora)
- Inventario de la plataforma (tiempo estimado: 4 horas)

9.7.4 Resultados esperados. En este punto ya no es posible definir de manera específica un resultado esperado debido que en la literatura se encuentra muy poco al respecto; sin embargo, en este caso es posible citar el artículo realizado por Castiblanco & otros (2017) en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, donde se realizó un trabajo similar, aunque en su mayor parte basado en largas cintas (sin vehículos autónomos), como se aprecia en la Figura 10. Debido a la cantidad de recursos disponibles, no se puede contar con esa cantidad de cintas en el presente proyecto, de modo que se espera que las soluciones sean sistemas mixtos, con diferentes configuraciones basadas en elementos desarrollados en fases anteriores; por lo tanto, en este caso el instructor debe ser parte activa en la fase no solo de planeación sino además de construcción y desarrollo, para garantizar que la solución sea factible, y cumpla con los parámetros establecidos.

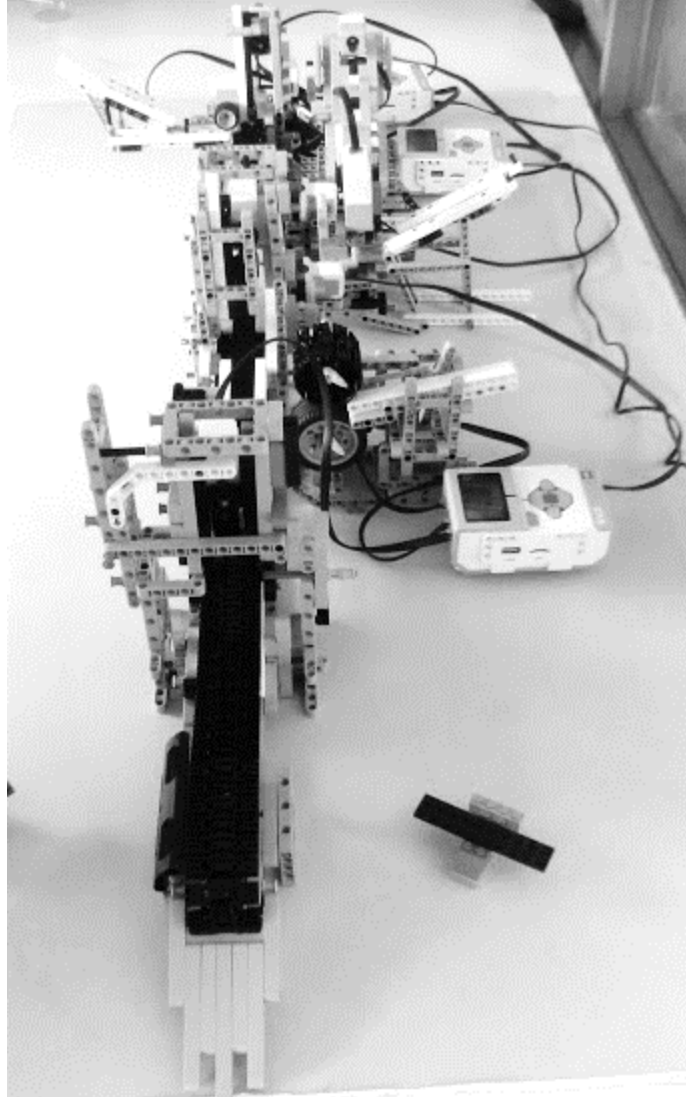


Figura 10. Ensamblador de aviones. Castiblanco, I. A., Cruz, J. P., Ruiz, C. R., Pedraza, L. D. C., & Londoño, D. C. (2017). Implementación de Invention System Kits como metodología de enseñanza y aprendizaje en ingeniería industrial. Caso de estudio: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Educación En Ingeniería, (p 35).

9.8. Herramientas de medición

Según lo planteado en la metodología de diseño instruccional, este parámetro de herramientas de medición se refiere a la evaluación del elemento instruccional desarrollado (en este caso objetos de aprendizaje); sin embargo, al revisar la literatura se encuentran dos diferentes

tendencias respecto a la evaluación. Primero, una relacionada con la obtención de las competencias definidas en el objetivo de aprendizaje; en este punto se plantea que las metodologías principales utilizadas en este proyecto (metodología basada en problemas y proyectos) son consideradas como activas; en consecuencia, los medios estándar de evaluación pueden ser tediosos, causar frustración y confusión en los estudiantes e incluso al tutor (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 2004; Lai & Tang, 2000), de modo que se proponen sistemas alternativos que complementen o reemplacen los sistemas estándar de evaluación, como autoevaluación, evaluación de pares, evaluación de dispositivos desarrollados, exposiciones. Por otro lado, la segunda tendencia se relaciona con la evaluación de la actividad (en este caso basada en la metodología basada en problemas y la metodología de objetos de aprendizaje) como un todo, es decir, que si las actividades están bien desarrolladas (en cuestión de material y ejecución), la metodología es adecuada y ayuda a fortalecer competencias como trabajo en equipo, resolución de problemas, entre otras, y si lo que se intenta transmitir a los estudiantes les es útil de algún modo dentro de su vida profesional.

Teniendo en cuenta lo anterior, para el presente proyecto se define lo que se requiere evaluar es la actividad es lo relacionado con la segunda tendencia, debido a que este proyecto tiene como fin el desarrollo de objetos de aprendizaje validados, que puedan ser aplicados en el futuro por un docente de la asignatura Diseño de Sistemas Productivos (dependiendo de su disponibilidad, apoyado en el grupo Galea). De modo que es necesario garantizar que los objetos de aprendizaje se encuentren bien desarrollados respecto a su material, ejecución y relevancia. Teniendo en cuenta esto, se diseñaron dos cuestionarios en escala de 0 a 100, basados en el trabajo realizado por Shamsan & Syed (2009), Rashid (2011), Lai & Tang

(2000), Paineán, Prieto, & Torres (2012), y el Prince Edward Island Department of Education (2008). El primer cuestionario está enfocado en la evaluación de los materiales (guías, diapositivas, etc.) y es aplicado al finalizar cada objeto de aprendizaje, debido a que cada uno de éstos requiere materiales diferentes. El segundo cuestionario está enfocado a la ejecución de las actividades, su relevancia en el área de la ingeniería industrial y la influencia de la metodología basada en problemas, además de un apartado especial de recursos y guía (Lego, Espacio de trabajo, etc.) que se aplica al finalizar todos los objetos de aprendizaje, estos formatos se encuentran en el apéndice E.

Respecto a la evaluación relacionada con la primera tendencia acerca de los objetivos de aprendizaje, ésta también es tomada en cuenta en el presente proyecto, gracias a que se añadirán dentro del contenido final unas evaluaciones sugeridas basadas en las propuestas realizadas por Bermejo & Pedraja (2008), Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (2004), Vizcarro & Juárez (2008), Servicio de Innovación Educativa (2008), de modo que el docente de acuerdo a su experiencia y criterio decida si realizar estas evaluaciones o utilizar un sistema propio de evaluación. Éstas se encuentran como un inciso en la guía docente de cada módulo; además, dentro de la guía docente se presentan los textos (como lectura sugerida) donde se tratan estos temas si el docente desea profundizar en este tópico.

Debido al diseño de los objetos de aprendizaje 2, 3 y 4, los estudiantes desarrollan un artefacto o sistema basado en Lego Mindstorms; por tanto, se considera necesario que estos elementos sean evaluados, en consecuencia, se diseña un sistema de evaluación basado en el sistema usado por la compañía Lego en la competencia internacional conocida como “FIRST Lego League”, donde estudiantes de todo el mundo presentan soluciones (desarrolladas con

Lego Mindstorms) a retos propuestos por los organizadores (similar a la metodología del presente proyecto). Esta evaluación se basa en cuatro tópicos “Diseño de robot”, “Juego Robot”, “Proyecto de investigación” y “Trabajo en equipo”, divididos en varios criterios, resultando un total de 25 elementos a evaluar. En este caso, la evaluación se resume a 4 criterios “Durabilidad”, “Calidad de programación”, “Eficiencia de programación” y “Automatización y navegación”, puesto que estos se consideran adecuados para el entorno actual del proyecto. Estos criterios se evalúan a través de una fase de prueba donde los estudiantes ejecutan su sistema bajo ciertas condiciones, permitiendo al docente valorar o calificar a través de los criterios seleccionados.

9.9. Especificaciones de los objetos de aprendizaje

Para definir la estructura de los productos que se van generar en este proyecto, como ya se mencionó anteriormente se utilizará la metodología de objetos de aprendizaje, según lo propuesto por la Universidad Politécnica de Valencia (2007) en su trabajo titulado “Los objetos de aprendizaje como recurso para la docencia universitaria: criterios para su elaboración” y Callejas et al (2011) en su trabajo titulado “Objetos De Aprendizaje, Un Estado Del Arte”. Estos dos trabajos tienen un enfoque similar, que es ayudar a las personas relacionadas al entorno educativo a desarrollar objetos de aprendizaje; sin embargo, en el trabajo de la Universidad de Valencia se va más allá, en este se propone el termino de módulos de aprendizaje como el siguiente paso en el desarrollo de los objetos de aprendizaje, dándole un alcance mucho más amplio, requiriéndose la generación de contenido extra (objetos de acoplamiento) que complemente a los objetos de aprendizaje y los lleve a ser módulos de aprendizaje. Lo anterior, es tenido en cuenta en el presente proyecto, de modo que de ahora en adelante a cada objeto de aprendizaje de acuerdo a la necesidad se le refiriera

como modulo. Además, estos trabajos definen de manera implícita una estructura basada en guías para el docente y el estudiante para condensar su contenido, es decir, que todos los elementos adicionales como videos, diapositivas o guías de desarrollo, se deben añadir a las guías mediante enlaces o anexos. Para el presente proyecto se adaptaron formatos de guías para docente y para estudiantes que habían sido desarrollados por el grupo Galea, debido a que estos se ajustan en buena medida al planteamiento realizado en la metodología. De acuerdo con lo anterior, para la guía estudiante se define que esta incluya:

- Título de la práctica.
- Resumen de la práctica.
- Objetivo de enseñanza.
- Temas involucrados
- Marco conceptual y teórico
- Objetivo de la actividad
- Requerimiento de material
- Requerimiento de tiempo
- Número de participantes y cantidad por grupo
- Desarrollo de la actividad
- Evaluación
- Material de lectura

Para la guía docente se define que esta incluya:

- Título de la práctica.
- Resumen de la práctica.

- Requerimientos del docente.
- Requerimientos al estudiante.
- Objetivo de enseñanza.
- Temas involucrados
- Competencias que desarrollar
- Metodología de enseñanza
- Área de aplicación.
- Temas involucrados del área.
- Marco conceptual.
- Marco teórico.
- Tipo de actividad.
- Objetivo de la actividad.
- Requerimientos de materiales, recursos, espacio, tiempo, número de estudiantes y orientadores.
- Desarrollo de la actividad
- Evaluación
- Material de lectura

Es necesario aclarar que es probable que no todos los incisos mencionados anteriormente hagan parte de cada una de las guías, debido a que cada actividad es diferente, de modo que el contenido de estas se adaptará a cada necesidad, es decir, que esta lista debe considerarse como todos los elementos posibles que pueden llevar las guías.

10. Evaluación de propuesta de diseño

De acuerdo con la información revisada en las secciones anteriores, se genera una propuesta de diseño de los módulos de aprendizaje para el presente proyecto. Esta propuesta se resume en un documento escrito (resumen de las secciones de análisis y diseño) y unas diapositivas para realizar la presentación de la propuesta (Apéndice F) que complementaban el contenido del documento escrito. Esta propuesta es presentada el día 10 de noviembre del 2017, y se cuenta con la presencia del director y codirector del proyecto, además del profesional del grupo Galea (este último fue invitado debido a su conocimiento en la materia).

La propuesta es aprobada por los directores del proyecto bajo la condición de realizar antes de la validación, una prueba piloto, considerando que:

- Es la primera vez que se utiliza esta plataforma y no se tenía certeza si ésta iba a presentar errores o fallas a la hora de realizar las prácticas.
- De acuerdo al planteamiento de la metodología, la cantidad de soluciones a las situaciones presentadas son múltiples y variadas, de modo que es posible (bajo las limitaciones de tiempo) que los estudiantes no lleguen a una solución, evidenciando que el diseño planteado no es factible.
- Considerando que el tutor tiene poca experiencia en la ejecución de este tipo de actividades, se hace necesario realizar un entrenamiento previo en la prueba piloto para no afectar negativamente la ejecución de futuras actividades.

En resumen, se evidencia que la actividad puede conllevar muchos riesgos de fallas en su ejecución y que es necesario que sea probada antes de su validación para asegurarse que esta

no presente problemas; esto fue agregado a la metodología del plan de proyecto antes de su entrega, como la primera evaluación de la fase de validación.

11. Desarrollo de los objetos de aprendizaje

Con la información y conocimiento recopilado de las secciones anteriores, se procede al desarrollo de los módulos de aprendizaje, estos se encuentran compuestos por cuatro guías para estudiante y cuatro guías para docente, una para cada módulo, estas se encuentran en el apéndice G (con sus respectivos anexos). Además de las guías, se genera material complementario como guías de desarrollo, videos, diapositivas, entre otros, que se anexan a cada guía docente o estudiante:

Módulo 1. Entrenamiento Plataforma Lego Mindstorms (Estudiante)

- Diapositivas: Son las utilizadas por el docente para enseñar el funcionamiento de la plataforma, estas se encuentran divididas en 4: nivel principiante, nivel intermedio en la primera sesión, nivel intermedio en la segunda sesión y nivel avanzado.
- Guía de desarrollo: La estructura del curso presenta una serie de retos a cada estudiante a medida que se avanza en el mismo, la guía de desarrollo presenta una metodología general para resolverlos, el objetivo del reto, las funciones del software que requieren, información especial o de contexto y, una forma de tomar evidencia del reto completado.
- Material de lectura sugerido: En este agregado se presentan lecturas que complementan las bases teóricas de cada módulo, y que se espera el estudiante lea si está interesado en ir más allá del marco conceptual presentado en la guía. Estas lecturas van desde páginas web hasta capítulos de libros.

Módulo 2 y 3. Problema de transporte, problema de ensamble y proyecto de ensamble, clasificación y transporte (Estudiante)

- Características del problema: En este documento se presentan las condiciones y reglas específicas del problema; por ejemplo, los elementos a transportar, las limitaciones de espacio, el tamaño del área de trabajo, posiciones relativas de entrada y salida de material, entre otras.
- Material de lectura sugerido: En este agregado se presentan lecturas que complementan las bases teóricas de cada módulo y, que se espera el estudiante lea si está interesado en ir más allá del marco conceptual presentado en la guía. Estas lecturas van desde páginas web hasta capítulos de libros.

Módulo 4. Proyecto de ensamble, clasificación y transporte (Estudiante)

- Características del problema: En este documento se presentan las condiciones y reglas específicas del problema; por ejemplo, los elementos a transportar, las limitaciones de espacio, el tamaño del área de trabajo, posiciones relativas de entrada y salida de material, entre otras.

Módulo 1. Entrenamiento Plataforma Lego Mindstorms (Docente)

- Manual de reparación: Debido a que la plataforma Lego Mindstorms está sujeta a sufrir fallas, se crea un manual donde se describen los problemas más importantes y como solucionarlos.
- Planos robot KRAZ3: Para este módulo se requiere que los robots sean construidos bajo este diseño, de modo que se añaden los planos donde se muestra un paso a paso para su construcción (estos planos son proveídos por Lego).

- Planos robot Educador: Como alternativa el robot KRAZ3, el docente tiene la opción de elegir este diseño para la ejecución de las prácticas, de modo que se añaden los planos donde se muestra un paso a paso para su construcción (estos planos son proveídos por Lego).
- Diapositivas: Son las utilizadas por el docente para enseñar el funcionamiento de la plataforma, estas se encuentran divididas en 4: nivel principiante, nivel intermedio en la primera sesión, nivel intermedio en la segunda sesión y nivel avanzado.
- Tutorial manejo de software: Dentro de una sesión es necesario explicar algunas funciones del software y los robots de manera concatenada; sin embargo, se requiere manejar el robot manualmente (lo que hace que no se pueda ver con facilidad). Por lo tanto, esta explicación hace a través de un video donde todos los estudiantes puedan apreciar la explicación (la alternativa sería hacer explicar a cada grupo individualmente).
- Tutorial bluetooth: Dentro de una sesión es necesario explicar la función bluetooth de los robots; sin embargo, se requiere manejar el robot manualmente (lo que hace que no se pueda ver con facilidad). Por lo tanto, esta explicación hace a través de un video donde todos los estudiantes puedan apreciar la explicación (la alternativa sería hacer explicar a cada grupo individualmente).
- Material de lectura sugerido: En este agregado se presentan lecturas que complementan las bases teóricas de cada módulo, estas mismas lecturas se agregan a la guía estudiante del módulo y van desde páginas web hasta capítulos de libros.

Módulo 2 y 3. Problema de transporte y problema de ensamble (Docente)

- Banco de soluciones: Debido a variedad de posibles soluciones posibles al problema planteado en este módulo, se recopilan las soluciones propuestas por lo estudiantes en las

dos pruebas realizadas durante este proyecto, tanto si fueron viables o no lo fueron, para que estas sirvan como guía para el desarrollo de futuras actividades.

- Manual de reparación: Debido a que la plataforma Lego Mindstorms está sujeta a sufrir fallas, se crea un manual donde se describen los problemas más importantes y como solucionarlos.
- Teoría de la metodología basada en problemas: Al ser esta una metodología alternativa a las utilizadas normalmente, se presenta teoría al respecto para que el docente se familiarice con la misma y pueda conocer cuáles son sus características y cómo aplicarla, y si ya la conoce pueda profundizar en el tema.
- Presentación módulo: Este sirve como introducción al módulo, y tiene como fin presentar por primera vez el problema en cuestión a los estudiantes (igualmente este problema se encuentra en la guía estudiante), que es la primera actividad a realizar en este módulo.
- Características del problema: En este documento se presentan las condiciones y reglas específicas del problema; por ejemplo, los elementos a transportar, las limitaciones de espacio, el tamaño del área de trabajo, posiciones relativas de entrada y salida de material, entre otras.
- Evaluaciones optativas: Debido al planteamiento de la metodología se sugiere realizar evaluaciones alternativas a la establecidas normalmente; por lo tanto, se añaden algunas de las que se encontraron en la literatura, de modo que el docente decida cuáles aplicar y cuáles no.
- Guía de construcción mano h25: Se añade una guía de construcción de una mano alternativa a la planteada en los planos oficiales de lego, debido a problemas presentados

por esta última. Ésta se basa en imágenes numeradas que presentan paso a paso como construir la mano.

- Material de lectura sugerido: En este agregado se presentan lecturas que complementan las bases teóricas de cada módulo, estas mismas lecturas se agregan a la guía estudiante del módulo y van desde páginas web hasta capítulos de libros.

Módulo 4. Proyecto de ensamble, clasificación y transporte (Docente)

- Banco de soluciones: Debido a variedad de posibles soluciones posible al problema planteado en este módulo, se recopilan las soluciones propuestas por lo estudiantes en las dos pruebas realizadas durante este proyecto tanto si fueron viables o no lo fueron, para que esta sirva como guía para el desarrollo de futuras actividades.
- Manual de reparación: Debido a que la plataforma Lego Mindstorms está sujeta a sufrir fallas, se crea un manual donde se describen los problemas más importantes y como solucionarlos.
- Teoría metodología basada en proyectos: Al ser esta una metodología alternativa a las utilizadas normalmente, se añade algo de teoría al respecto para que el docente se familiarice con la misma y conozca cuáles son sus características y como aplicarla, y si ya la conoce pueda profundizar en el tema.
- Características del problema: En este documento se presentan las condiciones y reglas específicas del problema, por ejemplo, los elementos a transportar, las limitaciones de espacio, el tamaño del área de trabajo, posiciones relativas de entrada y salida de material, entre otras.

- Evaluaciones optativas: Debido planteamiento de la metodología se sugiere realizar evaluaciones alternativas a la establecidas normalmente; por lo tanto, se añaden algunas de las que se encontraron en la literatura, de modo que el docente decida cuáles aplicar y cuáles no.
- Guía de construcción mano h25: Se añade una guía de construcción de una mano alternativa a la planteada en los planos oficiales de lego, debido a problemas presentado por esta última. Ésta se basa en imágenes numeradas que presentan paso a paso como construir la mano

Es importante aclarar que estas son las guías definitivas (Ver apéndice G) y que ya han pasado por todo el proceso hasta la validación, es decir, que ya han pasado por diversos cambios y correcciones, que han sido necesarios o se han evidenciado al momento de poner en práctica los objetos de aprendizaje.

12. Primera evaluación objetos de aprendizaje

Para esta primera evaluación el director del proyecto selecciona 6 estudiantes de la asignatura Simulación de Sistemas Productivos. De estos estudiantes uno se retira del grupo (por motivos personales) después de participar en el primer módulo; además, inicialmente se contó con la participación de dos personas relacionadas al grupo Galea que se ofrecieron como voluntarios para esta primera evaluación o prueba piloto; sin embargo, también se retiran después del primer módulo debido a razones de tiempo. Dado lo anterior, para los módulos 2, 3 y 4 se cuenta con un total de 5 personas. Para esta evaluación se adapta un formato de evaluación utilizado por el Gálea (la herramienta de medición diseñada para la validación necesitaba correcciones), teniendo en cuenta que el objetivo de esta fase es encontrar

problemas y adquirir experiencia antes de la evaluación formal final. Este formato evaluación está compuesto por 10 criterios clasificados en 3 aspectos generales: evaluación respecto al contenido de la actividad, evaluación respecto a los recursos empleados y evaluación respecto a los orientadores de la actividad. Los criterios se presentan a continuación:

- Cumplimiento de los objetivos
- Utilidad de los contenidos abordados en la actividad
- Metodología
- Material de soporte
- Infraestructura del sitio donde se desarrolló la actividad
- Medio Audiovisuales
- Conocimiento del tema
- Respuesta de inquietudes oportunamente
- Manejo del tiempo
- Puntualidad

Este formulario está basado en la escala Likert siendo 5 excelente y 1 deficiente, es completamente anónimo y la versión digital de este se puede encontrar en el apéndice H. Las sesiones se llevan a cabo del 18 de noviembre del 2017 al 16 de diciembre del 2017, completándose un módulo cada semana, es decir, cada semana se tuvo una intensidad horaria de 8 horas. Los formatos de asistencia y de evaluación diligenciados por los estudiantes se encuentran en el apéndice I, la evidencia fotográfica tomada durante las sesiones encuentra en el apéndice J.

12.1. Resultados de la evaluación

Como ya se mencionó anteriormente, de esta aplicación se espera obtener una primera percepción de los estudiantes acerca de la actividad a través de un formulario de evaluación; además, conocer que posibles fallas o problemas podría presentar la aplicación de las actividades, de modo que estas serán presentadas en el mismo orden. Respecto a la evaluación por formularios, los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 10, en esta se evidencia que solo el criterio 9 (referente al manejo del tiempo) de los promedios generales estuvo por debajo de 4.5, esto debido a que algunas fallas en la plataforma y en el diseño hacían que las actividades tomarán más tiempo del propuesto inicialmente (estas fallas se revisaran más adelante). Teniendo en cuenta lo anterior, se puede concluir que la percepción general de los estudiantes hacia las actividades realizadas es muy positiva, debido a que casi todas las puntuaciones estuvieron por encima de 4.5, sin importar los problemas presentados y las exigencias de las actividades (en especial en tiempo).

Tabla 10
Resultados primera evaluación

Criterio	Puntuación media módulo 1	Puntuación media módulo 2	Puntuación media módulo 3	Puntuación media módulo 4	Promedio general
1	4,63	4,50	4,75	4,25	4,53
2	4,75	4,75	4,63	5,00	4,78
3	4,63	4,75	4,38	4,75	4,63
4	4,75	5,00	4,75	4,50	4,75
5	4,75	5,00	5,00	5,00	4,94
6	4,50	4,75	4,50	4,75	4,63
7	4,88	5,00	4,90	4,75	4,88
8	4,88	4,75	4,65	4,25	4,63
9	4,50	4,50	4,13	3,75	4,22
10	4,88	4,50	4,88	4,75	4,75
Promedio General	4,71	4,75	4,66	4,58	4,67

En esta evaluación los estudiantes también disponen de un espacio para escribir comentarios, solo se recibió uno y en este se recomendaba cambiar las fichas de Lego, debido a que para su ensamble se requiere un alto nivel de precisión, lo cual no es ofrecido por la plataforma, siendo este el primer problema encontrado y, que afecta los resultados tanto del módulo 3 como el módulo 4. El segundo problema encontrado fue la facilidad con que la plataforma Lego Mindstorms sufre fallas que la dejan fuera de servicio completamente, tanto en software (bloqueo del software del bloque) como hardware (mal funcionamiento de los botones del bloque), desde el módulo 3 el sistema falló en repetidas ocasiones lo que ocasiona que los estudiantes no logren finalizar exitosamente el módulo o se tarden más de lo establecido (causa de la baja puntuación en el aspecto del manejo de tiempo). El tercer problema importante encontrado fue el diseño de una mano robot como se aprecia en la Figura 11, el plano de construcción de esta mano viene en el software de programación, y los estudiantes lo utilizaron dentro de los elementos que construyeron; sin embargo, esta tiende a bloquearse con facilidad o moverse de manera aleatoria sin importar los valores predefinidos en la programación.



Figura 11. Mano robot h25. Recuperado de: <https://Education.lego.com/en-us/support/mindstorms-ev3/building-instructions>

12.2. Mejoras resultado de la evaluación

De acuerdo a los resultados obtenidos se generaron tres propuestas de mejora, que permitieran solucionar los problemas antes presentados. La primera de ellas consiste en la generación de unas fichas de madera con imanes que reemplacen las fichas Lego, dado que con estas es más sencillo realizar los ensambles dado que no se requiere tanta precisión, en la Figura 12 se presentan las fichas base y en la Figura 13 se presentan las fichas ya con color.



Figura 12. Fichas base



Figura 13. Fichas con color

La segunda propuesta de mejora consiste en la búsqueda de un diseño alternativo para la mano robot que causaba problemas, en este caso se investigaron y probaron diferentes diseños de manos encontrados en la web, escogiéndose el diseño creado por Kyle Markland (2015) encontrado en el video de Youtube “Make a Claw and Lift Mechanism for your EV3 Robot”,

debido a su versatilidad y gran fuerza de agarre. Cabe resaltar que este diseño es adaptado (no es igual al original) por lo tanto se genera una guía paso a paso (basado en imágenes) para la construcción de esta mano, ésta fue añadida a las guías docente de los módulos 2, 3 y 4.

La tercera propuesta de mejora consiste en la creación de un manual de reparación, donde se presentan los problemas más comunes y las soluciones de los mismos. Este manual se encuentra basado en el material publicado en el canal de Youtube “Legorobotics Mr.Hino” (2014), donde se encuentran videos para la solución de los problemas más comunes incluyendo los encontrados en el presente proyecto y algunos más, siendo estos videos anexados al manual de reparación. Esta guía fue añadida como requerimiento de lectura al docente antes de la aplicación de las actividades en las guías docente de todos los módulos. Finalmente, todas estas propuestas son presentadas a los directores del proyecto, siendo aprobada su aplicación.

13. Evaluación de Diseño

Antes de presentar los resultados de esta evaluación, primero se expondrán algunos datos y resultados genéricos de la aplicación de los objetos de aprendizaje. Esta fase cuenta con la participación inicial de 13 estudiantes que fueron seleccionados por el director del proyecto, de estos estudiantes, 3 se retiran por razones personales después de participar en el primer módulo. Por lo tanto, para el desarrollo de las actividades se cuenta con un total de 10 de estudiantes (de un máximo de 16 y un mínimo de 8 establecido). Las sesiones se llevan a cabo del lunes 19 de febrero de 2018 al 9 de abril de 2018, y se realizan los lunes de 8 am a 12 am, exceptuando los días festivos en donde las sesiones se trasladan a los sábados inmediatamente siguientes. La evidencia fotográfica, la asistencia y las evaluaciones diligenciadas de esta

prueba piloto se encuentran en el apéndice K. Una imagen tomada durante el desarrollo de módulo 1 se presenta en el la Figura 14.



Figura 14. Implementación de actividades módulo 1

En general, las sesiones se desarrollan con normalidad y en el tiempo estipulado. Solo uno de los grupos no pudo finalizar satisfactoriamente el módulo 2 por problemas en el diseño de la estrategia de solución que escogieron. Cabe agregar que al finalizar el módulo 3 los estudiantes realizaron una demostración de los elementos desarrollados en ese módulo en la sexta sesión del semillero de investigación del grupo OPALO, como se aprecia en el Figura 15.

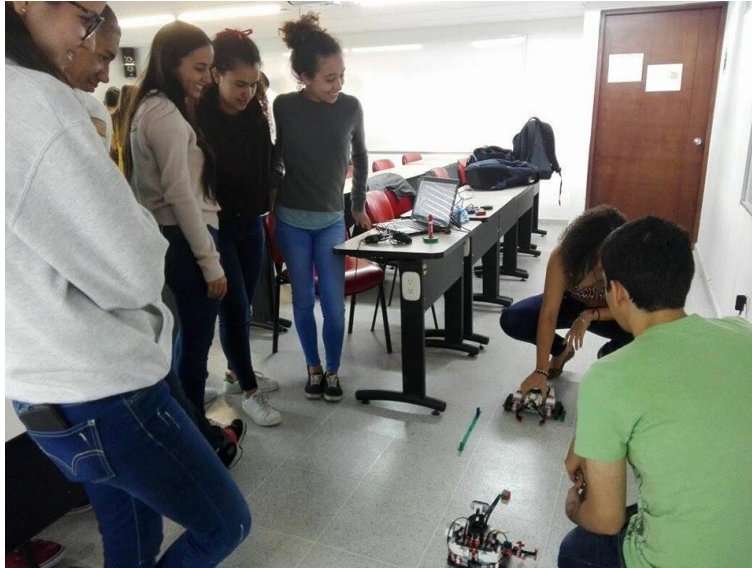


Figura 15. Estudiantes durante la demostración en el semillero de OPALO

La primera evaluación aplicada está enfocada en los materiales utilizados durante los 4 módulos, esta se encuentra compuesta por 11 criterios que se citan a continuación:

1. Los conceptos que se hacen parte de la base teórica de la práctica se encuentran bien definidos y desarrollados en el material.
2. Los objetivos de aprendizaje están claramente definidos.
3. El material puede ser utilizado con facilidad (no es incómodo, difícil de leer, no es difícil acceder a él).
4. Es fácil saber que aporta o para que sirve cada elemento (guías estudiantes, guías de desarrollo, diapositivas) de los materiales brindados.

La información que se encuentra en el material...

5. Está bien redactada.
6. Es organizada y estructurada.
7. Ayuda o es relevante para cumplir con los objetivos de la actividad.

8. Es suficiente para cumplir con los objetivos de la actividad.
9. La información en los materiales es clara y entendible.
10. Es congruente (tiene un propósito claro y conjunto).
11. Está actualizada.

Teniendo en cuenta lo anterior, y que se tuvo una participación de 10 personas, en la Tabla 11 se presentan los resultados de la evaluación de materiales, presentado el valor medio obtenido por cada criterio y al valor medio obtenido por cada módulo (la escala de calificación es 1 a 100).

Tabla 11
Resultados evaluación de materiales segunda prueba piloto

Criterio	Puntuación media módulo 4	Puntuación media módulo 3	Puntuación media módulo 2	Puntuación media módulo 1	Promedio general
1	95.5	95.5	99.5	99	97.38
2	96.5	97.5	96	99	97.25
3	96.5	95	99	99	97.38
4	97.5	95.5	98.4	99	97.60
5	94.5	97.5	96.5	96.5	96.25
6	97.5	99.5	97.8	99	98.45
7	99	99	99	99.5	99.13
8	95	98.5	97	98.5	97.25
9	96.5	97.5	98.5	100	98.13
10	96	96.5	100	100	98.13
11	97.5	99.5	100	100	99.25
Promedio General	96.55	97.41	98.34	99.05	97.83

Los datos mostrados en la tabla permiten concluir que en general, la percepción de los estudiantes hacia los materiales brindados es buena dado que el valor mínimo promedio obtenido fue de 94.5 en el criterio 5, y casi todos se encuentran por encima de 95. Sin

embargo, esta tabla no permite concluir mucho más, por este motivo para ampliar la percepción sobre estos resultados se generan en el software Minitab, graficas de caja (Figura 16) para cada uno de los criterios (nombrados C#), combinando los resultados obtenidos por cada criterio en los 4 módulos, obteniéndose así un total de 40 datos por cada criterio.

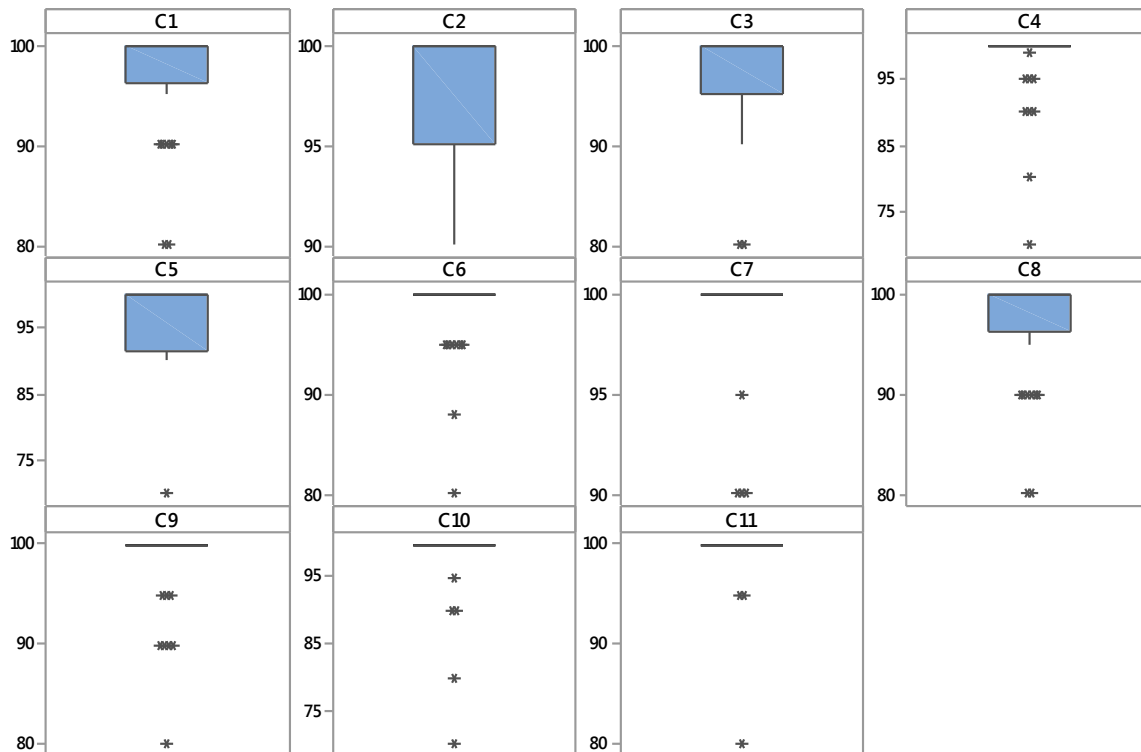


Figura 16. Graficas de caja criterios de evaluación de materiales

En esta grafica se puede evidenciar que en casi todos los criterios, el rango inter-cuartil no es mayor a 5, dado que en estos criterios el cuartil 1 no es menor a 95 y el cuartil 3 es igual a 100, el único criterio que presenta una mayor dispersión es el 5 (redacción), puesto que su primer cuartil se encuentra en 91.25, obteniéndose un rango inter-cuartil de 8.75, teniendo en cuenta que ese criterio también tiene el menor promedio general (96.25), y que en este caso

solo se obtuvo un dato atípico que fue de 70 (este se ubica en el módulo 4). Se concluye que en este aspecto es en el que se puede hacer mejoras, aunque en general los estudiantes estuvieron de acuerdo en que la redacción fue buena. Además, tanto en el criterio 10 como en el criterio 4, se obtuvo un dato atípico de 70; sin embargo, el 75% de los datos o más, se encuentran en ubicados en 100, de modo que no posible concluir nada al respecto. Finalmente, el criterio con un mayor número de valores atípicos fue el 4 con un total de 9, en este caso, como 31 resultados fueron equivalentes a 100 en consecuencia cualquier dato diferente fue clasificado como atípico, esto explica por qué hay tantos datos atípicos en este criterio (casos similares ocurren en los criterios 6 y 9)

Por último, esta evaluación tiene un espacio para comentarios y recomendaciones, los resultados obtenidos se presentan a continuación:

- “Que los desafíos se deben hacer por competencias entre equipos con el fin de aumentar el interés” (Modulo 1)
- “Que sea una actividad complementaria y obligatoria dentro de la asignatura de DSP. La práctica es la mejor manera de aprendizaje” (Modulo 1)
- “Escritos en la guía” (Modulo 2)
- “Perfecto que, por medio de estas lúdicas, ingeniería industrial de la UIS deje de ser tan teórica y antigua para acercarse a la innovación y la práctica” (Modulo 4).
- “Excelente actividad, excelente metodología, excelente correlación de lo teórico y lo práctico. Debe ser una asignatura exigida en el plan de estudios de ingeniería industrial” (Modulo 4).

De estos comentarios el que se alinea con la temática de la evaluación (materiales), es el primero acerca de crear una competencia, respecto a esto, aunque se consideró inicialmente, es descartado por razones de tiempo, dado que crear esta estructura competitiva haría que se tomara más tiempo en la consecución de las actividades, y lo que se desea en este módulo es enseñar la mayor cantidad de aplicaciones posibles con la plataforma Lego Mindstorms, de modo que los estudiantes dispongan de un conocimiento amplio que puedan aplicar en los módulos siguientes. Sin embargo, en la guía docente se agregó la posibilidad de hacer una estructura competitiva, aunque destacando que esto puede acarrear que el desarrollo del módulo lleve más tiempo del estipulado.

La segunda evaluación fue aplicada al finalizar el módulo 4, esta fue diligenciada por los estudiantes a través de internet (Google formularios) debido a que muchos de ellos no se encontraban en la ciudad al momento de aplicarla (Los resultados obtenidos se encuentran en el apéndice L). Esta evaluación se encuentra compuesta por 22 preguntas clasificadas en cinco factores (como ya se mencionó en la fase de diseño), estos factores son:

- La ejecución de las actividades (pregunta 1 a 7)
- Pertinencia de los objetos de aprendizaje dentro de la ingeniería industrial (Pregunta 8 a 11)
- Los recursos y la guía recibida (Pregunta 12 a 15)
- La influencia de la metodología utilizada (pregunta 16 a 22)

En la Tabla 12, Tabla 13 , Tabla 14, y la Tabla 15 se presentan la media de resultados obtenidos por cada pregunta y agrupados por factores.

Tabla 12
Media de resultados obtenidos en ejecución de actividades

Pregunta	Puntuación media
1	94
2	87.5
3	94
4	97
5	98.5
6	94.5
7	94

Tabla 13
Media de resultados obtenidos de la pertinencia de los objetos de aprendizaje

Pregunta	Puntuación media
8	96.5
9	93.5
10	95
11	92.5

Tabla 14
Media de resultados obtenidos de los recursos y guía recibida

Pregunta	Puntuación media
12	99
13	98.5
14	87
15	94

Tabla 15.
Media de resultados obtenidos de la influencia de la metodología utilizada

Pregunta	Puntuación media
16	94
17	92.5
18	95
19	93.5
20	100
21	96.4
22	97.5

Respecto a la ejecución de las actividades, se puede evidenciar que los resultados en general fueron buenos, dado que el único valor por debajo de 90 fue 87.5, correspondiente a la pregunta número 2, “Las actividades pueden ser desarrolladas en el tiempo estimado”, en este caso es necesario que tener en cuenta que esta nota sigue siendo alta y que esta puntuación puede ser causada porque (entre otras razones) algunos estudiantes no terminaron en la hora estipulada dado que no llegaban puntualmente a la hora de inicio, lo que los obligaba a quedarse un poco más de tiempo al llegar la hora de finalización establecida para poder terminar sus actividades; sin embargo, el tiempo total por sesión que era de 4 horas se cumplía. Teniendo en cuenta lo anterior, se puede concluir que la ejecución de las actividades es adecuada y aplicable a futuro en otros cursos de diseño de sistemas productivos.

Respecto a la pertinencia de los objetos de aprendizaje dentro de la ingeniería industrial, todas las calificaciones estuvieron por encima de 90 y la calificación mínima obtenida fue de 92.5 en la pregunta 11 “La realización de estas actividades es pertinente dentro de la asignatura Diseño de Sistemas Productivos”. Teniendo en cuenta lo anterior se puede concluir que los objetos de aprendizaje diseñados son pertinentes con la asignatura diseño de sistemas productivos y aplicable a futuro en otros cursos de la asignatura.

En el caso de los recursos y la guía recibida, el único valor por debajo de 90 fue el obtenido en la pregunta 14 que fue de 87, esta pregunta decía “la sala-taller 316 es el espacio adecuado para el desarrollo de las actividades”, explicar esta puntuación es difícil, debido a que durante la ejecución de las actividades no se evidencia ningún problema con el salón por parte de los estudiantes; sin embargo, (desde la perspectiva del tutor) esto se puede deber a que el salón 316 debe ser dejado igual a como fue encontrado; por tanto, las cintas de colores colocadas en el piso para la localización de los robots, debían ser retiradas al finalizar una

sesión y ser ubicadas nuevamente en la siguiente sesión. Lo mismo sucede con los elementos contruidos, estos deben ser almacenados y después vueltos a extraer y ubicar; sin embargo, esto igualmente iba a suceder en cualquier otro salón de la EEIE, de modo que en este caso se recomienda crear un espacio enfocado a este tipo actividades de tiempo completo, lo que facilitaría su ejecución. Teniendo en cuenta lo anterior se puede concluir los recursos y guías proporcionadas a los estudiantes de acuerdo con el diseño de los objetos de aprendizaje es adecuado y aplicable a futuro en otros cursos de la asignatura.

Respecto a la influencia de la metodología utilizada (basada en problemas y proyectos), todas las calificaciones estuvieron por encima de 90 y la calificación mínima obtenida fue de 92.5 en la pregunta 17 “Durante el desarrollo de los módulos mi habilidad para resolver problemas mejoró”. Teniendo en cuenta lo anterior se puede concluir que la metodología utilizada en los objetos de aprendizaje diseñados es adecuada e influye positivamente en el desarrollo de habilidades como resolución de problemas; por lo tanto, es aplicable a futuro en otros cursos de la asignatura.

El análisis anterior presentado a través de promedios generales puede dar un buen estimado de la aceptación de los objetos de aprendizaje; sin embargo, no permite observar las particularidades de la percepción de los participantes. Dado que las encuestas son anónimas, no es posible identificar a cada estudiante individualmente, pero si es posible identificar al grupo al que pertenecen, teniendo en cuenta lo anterior, se generaron graficas de caja tomando como variables cada criterio y cada grupo, generándose así 4 gráficos (Figura 17 a Figura 20), teniendo como fuente entre 40 a 70 datos por figura. Los nombres de los grupos están codificados por las iniciales de sus miembros, a manera de ejemplo, el grupo formado por Julián y Juliana se llama “JJ”. Se espera que con estas se pueda identificar en que puntos

específicos no se tiene una buena percepción y si existe una diferencia comparativa entre los grupos y entre los miembros de los mismos grupos. Finalmente, debido a que la cantidad de datos de las variables deben coincidir, se crearon dos etiquetas “Grupo” y “Grupo_r”, en las graficas etiquetadas como “Grupo” se usaron 70 datos y las etiquetadas como “Grupo_r” se usaron 40 datos.

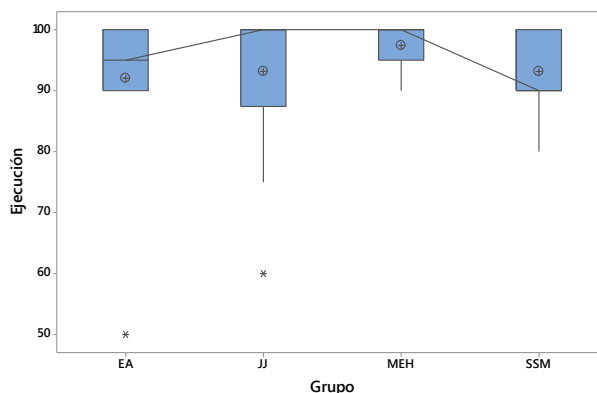


Figura 17. Grafica de caja criterio de ejecución

Respecto a la ejecución (Figura 17), se evidencia que, aunque todos los grupos tuvieron tendencias similares aprobando la ejecución de las actividades, aquí se encuentra la calificación más baja de todos los criterios, esta fue de 50. Revisando en los datos originales, esta calificación está relacionada a la pregunta “Las actividades pueden ser desarrolladas en el tiempo estimado”, en este caso, además de lo mencionado anteriormente, acerca de la puntualidad de algunos estudiantes, no se percibe ningún otro problema al respecto (el tiempo requerido para poner y colocar las cintas ya estaba considerado originalmente). Por otro lado, estos mismos datos muestran que los miembros del grupo tienen opiniones muy diferentes respecto a este tópico, dado que el otro integrante da una calificación de 100, por este motivo no es posible dar una conclusión al respecto. La otra calificación atípica es referente al tamaño de los grupos, y en esta sucede exactamente lo mismo que el dato atípico anterior.

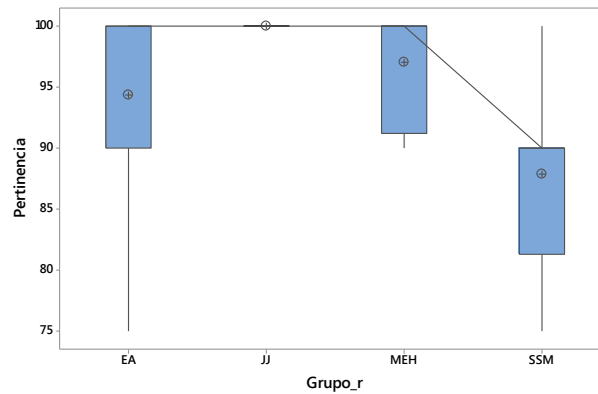


Figura 18. Grafica de caja criterio de pertinencia

En el caso de la pertinencia (Figura 18), se percibe una diferencia (visualmente) de percepción en el tercer grupo, en este caso el 50% de los datos se encuentra entre 81 y 90 (aunque está sesgado hacia arriba), de modo que, al cuestionar al grupo al respecto, estos mencionaron que, aunque las actividades y recursos generados en el proyecto se relacionan y complementan los conocimientos de un ingeniero industrial, esta no se ajusta perfectamente a los temas específicos de la asignatura de diseño de sistemas productivos, lo que le resta valor a lo anterior. En este caso los estudiantes tienen razón, dado que esta actividad fue pensada más como un complemento, que como un reemplazo de las temáticas vistas en Diseño de Sistemas Productivos (sobre esto se profundizara en la sección de conclusiones). Por otro lado, respecto al grupo EA, este calificó la pregunta “La realización de estas actividades es pertinente dentro de la asignatura Diseño de Sistemas Productivos” con valor de 75 (extremo del bigote), por razones similares al grupo anterior.

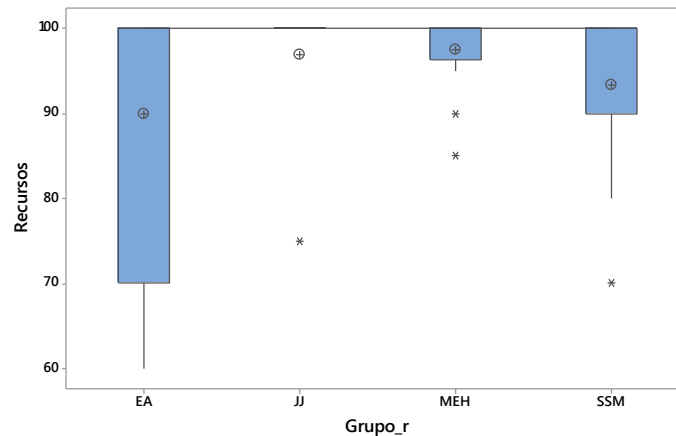


Figura 19. Grafica de caja criterio de recursos

Respecto a los recursos (Figura 19), se evidencia que existe un acuerdo entre los grupos (visualmente respecto a la media); sin embargo, se percibe una gran dispersión en el grupo “EA” (aunque califico en promedio de manera positiva). En este caso al revisar los datos fuente, también se evidencia una diferencia de percepción por parte de los miembros de este grupo en estos aspectos, dado que un miembro del grupo califico 100 las 4 preguntas en este criterio, mientras otro califico 60 en dos de las preguntas (100 en la otras dos). Estas dos preguntas se relacionan con la idoneidad de la sala 316 y la cantidad de recursos ofrecidos, lo que genera que la gráfica de caja de este grupo presente una alta dispersión. Respecto a los valores atípicos de los grupos JJ y SSM estos se relacionan a la pregunta de la idoneidad de la sala 316.

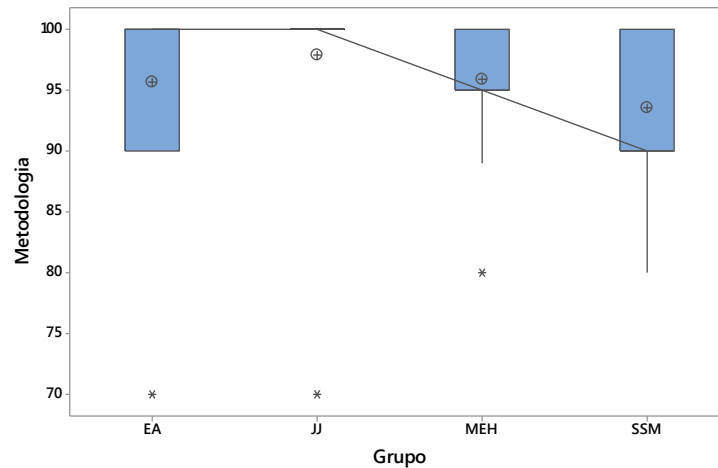


Figura 20. Grafica de caja criterio de metodología

En el caso de la metodología (Figura 20), se ve que existe un acuerdo entre los diferentes grupos, dado que los datos entre el primer cuartil y el tercero de todos los grupos se encuentran entre 90 y 100. En este caso, las preguntas que fueron calificadas por valores atípicos fueron (de izquierda a derecha), primero “Durante el desarrollo de los módulos, mis habilidades de interacción o trabajo en grupo mejoraron”, segundo “Las metodologías basadas en problemas y proyectos generan más motivación a la hora de desarrollar sus actividades” y tercero “Durante el desarrollo de los módulos mi habilidad para resolver problemas mejoró”. Dado que son datos atípicos y fueron en preguntas diferentes no se concluye nada al respecto.

En este punto se puede concluir que, si bien las calificaciones obtenidas fueron buenas, si existe diferencias significativas de percepción, entre los grupos (visualmente dado que no hay datos suficientes para comprobarlo estadísticamente) y entre estudiantes del mismo grupo, evidenciándose en las diferentes tendencias en los gráficos de caja y los datos atípicos. Esto puede deberse a características propias de los estudiantes como sus estilos de aprendizaje (que no fueron evaluadas en el presente proyecto), de modo que en un futuro se recomienda que se haga una evaluación de ese tipo de tópicos que permitan hacer un contraste con los resultados

obtenidos por los estudiantes. Por otro lado, también se recomienda realizar las actividades con el número máximo posible (16), de modo que se puedan aplicar pruebas estadísticas más concluyentes.

Esta evaluación tiene un espacio para comentarios y recomendaciones, los resultados obtenidos se presentan a continuación:

- “El curso es realmente una manera didáctica poner en práctica los conocimientos aprendidos en diseño de sistemas productivos y logística, además de que reta nuestra habilidad como creadores. El acompañamiento durante el desarrollo de las actividades es óptimo y éstas nos permiten tener un acercamiento a los problemas que enfrenta un ingeniero industrial”.
- “Replantear los tiempos que toma cada actividad, en especial cuando se tiene que armar o construir. Considero que incentivar la competitividad puede ayudar a mejorar los resultados de los grupos”
- “En los módulos en los cuales se trabajó en grupo, poder realizar competencias como mejor diseño de los robots, solución de retos, con el fin de motivar más los grupos y las habilidades que estos tienen. 2. Tener en cuenta que no todos los diseños que se elaboran son adecuados para resolver lo módulos. 3. tener más escenarios de demostrar a los estudiantes los retos que por grupos se fueron realizando, con el fin de ampliar conocimientos y que conozcan de este método de aprendizaje de la asignatura DSP”.
- “Considero que fue un buen ejercicio para el desarrollo de análisis y resolución de problemas. Como recomendaciones sea más explícito en las guías de cada módulo

y mejorar un poco la redacción. De resto quedo muy contento por haber tenido esta experiencia. GRACIAS”.

- “Excelente actividad. Ojalá se pueda repetir para que más compañeros de la escuela la puedan realizar. Me gustaría que, si se ejecuta de nuevo la actividad, el proyecto final fuese libre y no asignado por el tutor. Y tal vez incorporar algo de competencia entre equipos”.
- “En general todo fue muy interesante y considero que aprendí bastante, sin embargo, me parece que sería aún mejor si se realizara todo a nivel de competencia ya que generaría una mayor motivación”.
- “La actividad debería trabajarse en paralelo con la asignatura de Diseño de sistemas productivos”
- “Hubiese sido los desafíos competencias”
- “Excelente desarrollo de cada módulo. Adicionaría videos tutoriales para preparar antes de clases, que las pruebas se desarrollen como desafíos entre equipos y manejo de problemáticas diferentes y más complejas”

De estos comentarios se puede evidenciar que los objetos de aprendizaje fueron positivamente valorados y, que los estudiantes desean una estructura de evaluación competitiva para los objetos de aprendizaje, lo que es muy similar a los comentarios obtenidos en la evaluación de materiales. En este punto se presenta la misma solución planteada anteriormente, agregar en la guía docente la posibilidad de hacer competencias basados en la evaluación final por puntos, teniendo en cuenta las restricciones de tiempo.

Un comentario menciona la posibilidad de evaluar otros tópicos como diseño de robots y solución de retos, en este caso, dentro de la evaluación original diseñada por Lego para este tipo de actividades esto ya está considerado; sin embargo, se requiere que el evaluador pase por un entrenamiento que le permita adquirir las competencias para realizar este tipo de evaluaciones (dado que son muy subjetivas), por este motivo estos criterios de evaluación no fueron agregados. Sin embargo, si alguien lo desea puede entrar al sitio oficial de Lego League, revisar todos los criterios de evaluación disponibles, agregarlos si está capacitado para evaluarlos y se adecuan a las actividades diseñadas.

Otro comentario se refiere a que no todos los diseños son viables para resolver los módulos, en este caso el estudiante tiene la razón y en consecuencia se agrega a la guía docente un anexo llamado “Banco de soluciones”, donde se recopilan las estrategias de solución planteadas por los estudiantes durante las dos pruebas piloto, resumiendo la estructura de la solución, si fue viable o no, las razones por las que no fue viable, y los recursos utilizados para crear a solución. Además, se le solicita que cada vez que se apliquen estas actividades el docente o tutor complemente este banco de soluciones, de este modo se disminuye el riesgo de permitir que un grupo de estudiantes desarrolle una estrategia de solución inviable. Ese mismo estudiante también menciona que se deberían abrir espacios para la demostración de los resultados de las actividades, en este caso, se le dio a conocer este comentario al grupo Galea y al docente director de este proyecto (al ser entregados los objetos de aprendizaje) para que en el futuro a la hora de aplicar las actividades estos procuren generar los espacios necesarios.

Un comentario menciona la redacción y qué tan explícitas son las guías, esto fue revisado por los directores del proyecto a la hora de la entrega de los objetos de aprendizaje y con base

en estos se hicieron las correcciones necesarias. Otro comentario menciona que el proyecto final debería ser libre; sin embargo, al discutir esta posibilidad con el director del proyecto se llegó a la conclusión que no es viable aplicar esta propuesta dado que se generan muchos riesgos y problemas relacionados al tiempo requerido, la cantidad de recursos disponibles, la imposibilidad de conocer la viabilidad del diseño de antemano, entre otros. El último comentario menciona video tutoriales para antes de la clase, en este caso para los módulos 2, 3 y 4 no es posible presentar información con anterioridad debido a la estructura y metodología utilizados en los objetos de aprendizaje. En cuanto al módulo 1, el material se adapta de tutoriales publicados en páginas web, de esta manera, los estudiantes disponen del material adaptado y el original con anterioridad, de modo que estos pueden preparar las sesiones de antemano si lo desean. Sin embargo, se debe tener en cuenta que fuera de clase ellos no cuentan con la plataforma Lego Mindstorms lo que dificulta cualquier esfuerzo de preparación previa. Ahora, respecto a que los problemas sean diferentes y más complejos, es preciso destacar que, los problemas generados deben cumplir una serie de condiciones como la necesidad de que puedan ser solucionados a través de la plataforma Lego Mindstorms y que estos sean complementarios y estén relacionados (entre otros), teniendo en cuenta lo anterior, en el futuro cualquier persona interesada puede generar más problemas que complementen los encontrados en el presente proyecto ciñéndose a esta condiciones. Respecto a la complejidad, esta viene limitada por la plataforma, los recursos y el tiempo disponible, si se desean problemas más complejos se recomienda utilizar otras plataformas como Arduino, e incrementar el tiempo que deben disponer los estudiantes para el desarrollo de las actividades.

Finalmente, de lo anterior se puede concluir que los objetos de aprendizaje son adecuados y aplicables en la asignatura de diseño de sistemas productivos; además, que la metodología

utilizada aporta al desarrollo de otras capacidades como el trabajo en equipo y tiene utilidad dentro del campo de acción del ingeniero industrial. Todo esto teniendo en cuenta posibles mejoras como la opción de un espacio propio para el desarrollo de la practicas, enfocar la practicas a competencias, la ampliación de los objetos de aprendizaje generando más problemas o utilizando plataformas más complejas, la redacción, la inclusión de nuevos criterios de evaluación, la generación de espacios para la demostración de los resultados, etc.

14. Selección herramienta TIC

Para garantizar la reusabilidad de los objetos de aprendizaje, la metodología de diseño de objetos de aprendizaje propone que estos deben se almacenados en manera digital en algún tipo de plataforma, según lo definido en la metodología del presente proyecto se preseleccionaron 5 tipos de plataforma con este fin, estas se presentan a continuación:

- Páginas web propia
- Página web de la asignatura
- Repositorio digital oficial de objetos de aprendizaje
- Aula virtual
- Servicio de almacenamiento de archivos personales (Google Drive, Dropbox, etc.).

La información consultada en la literatura respecto este tema se encuentra enfocada a los repositorios oficiales de objetos de aprendizaje, haciendo una comparación entre ellos. Por otro lado, si se intenta ampliar la búsqueda a todo tipo de plataformas de almacenamiento, se encuentran elementos enfocados a las necesidades de almacenamiento de empresas o personas naturales, es decir, que dentro la literatura no se presenta una alternativa al uso de repositorios

oficiales. Sin embargo, es necesario considerar que estas también tienen unas características propias susceptibles a revisión y comparación dado que pueden cambiar en buena medida la estructura de los objetos de aprendizaje.

Para realizar esta comparación se tuvo en cuenta las características de los objetos de aprendizaje diseñados en este proyecto, dado que estas pueden ayudar a determinar la plataforma a seleccionar:

- Estos objetos de aprendizaje se van a aplicar en los cursos de Diseño de Sistemas Productivos de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander
- El peso de los objetos de aprendizaje puede alcanzar los 4 Gb si los softwares de programación de Lego son agregados, si no son agregados, el peso puede ser unos 200 Mb (los softwares de programación se pueden descargar en la página oficial del lego).
- El idioma en que fueron diseñados estos objetos de aprendizaje es el castellano.
- En la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales existe un laboratorio especializado en aplicar este tipo de actividades.

A continuación, se presentan características generales de cada una de estas plataformas:

14.1. Página web propia

Una página web tiene como característica que se identifica mediante una dirección web, y tiene una gran flexibilidad en cuanto a su diseño, además como característica común los contenidos de estas páginas se almacenan en servidores no propios, conocido como alojamiento o *hosting*. Teniendo en cuenta lo anterior una empresa como *Godaddy* ofrece el

dominio y el servicio de alojamiento con un costo de 13.900 pesos al mes en el plan básico, este ofrece una capacidad de 100 Gb de almacenamiento, y un ancho de banda ilimitado. Para su construcción se requiere tener conocimientos en programación y diseño de páginas web, a propósito de esto, muchas empresas ofrecen este servicio con un costo mínimo de 300.000 pesos. Teniendo en cuenta lo anterior, de acuerdo a como se haya diseñado la página y si se tiene los conocimientos suficientes, estas páginas pueden ser modificadas con facilidad y se pueden adaptar a todo tipo de entornos.

14.2. Página web de la asignatura

El docente de la asignatura Diseño de sistemas productivos, gestiona actualmente una página web enfocada a las asignaturas Simulación de Sistemas Productivos y Diseño de Sistemas Productivos. Esta página fue creada en la plataforma Wix en su versión gratuita, esta ofrece la capacidad de crear una página web sin tener que comprar un dominio y ofreciendo el servicio de alojamiento gratuito. Además, este sitio ofrece una capacidad de 500 Mb de almacenamiento y el uso de plantillas para la construcción de la página web. Para utilizar esta plataforma en su versión gratuita, se deben cumplir con ciertos requerimientos como el uso de URLs especiales relacionadas a Wix y la ubicación de anuncios de Wix dentro de la página.

14.3. Repositorio digital oficial

Un repositorio de objetos de aprendizaje es un lugar en la web donde se almacenan objetos de aprendizaje para que estos puedan ser reutilizados (Neven & Duval, 2002), esto según lo planteado en la metodología del diseño de objetos de aprendizaje. Existen una gran cantidad de sitios de este tipo con diversas características como los conocimientos de programación requeridos para utilizarlos, si son públicos o privados, la capacidad de almacenamiento ofrecida, si tiene revisión por parte de pares, las áreas de la ciencia que encierra, y los

formatos de archivos admitidos, entre otras. Las únicas características comunes (no absolutas) son que los objetos de aprendizaje deben estar en inglés, que se requiere saber un mínimo de programación para adaptarse al sistema de metadatos (que sigue un estándar publicado por la EEIE), y que son de acceso abierto y gratuito.

14.4. Aula virtual

La Universidad Industrial de Santander cuenta con un aula virtual de aprendizaje, que apoya diferentes procesos educativos de la universidad como los cursos a distancia. Esta plataforma se encuentra basada en la herramienta Moodle, este sistema se conoce como un ambiente virtual de aprendizaje (LVE), donde el proceso de aprendizaje se realiza en línea (Oproiu, 2015). Esta plataforma es bastante flexible y adaptable a toda clase de contextos debido que la mayoría de las funcionalidades son activadas o definidas por el administradores del sistema, según el ingeniero Jorge Torres profesional encargado de la plataforma en el Cedeuis, en el caso de la Universidad Industrial de Santander, el sistema ofrece una capacidad de almacenamiento técnicamente ilimitada, teniendo en cuenta que cada archivo cargado no debe pesar más de 1.5 Gb, además acepta todo tipo de formatos de archivos, y estos pueden dejarse en cargados en el sistema por tiempo técnicamente indefinido. A esta plataforma puede acceder cualquier docente de la universidad haciendo una solicitud al Cedeuis, y justificando la necesidad del mismo, y solo es necesario un poco de conocimiento en informática para su uso.

14.5. Servicio de almacenamiento de archivos en la nube

Un servicio de almacenamiento en la nube permite almacenar datos de manera remota en servidores externos a los cuales se puede acceder a través del uso de las tecnologías del internet (Harnik, Pinkas, & Shulman-Peleg, 2010; Wu, Ping, Ge, Ya, & Fu, 2010). Existen

una gran cantidad de sitios de este tipo como Dropbox, OneDrive o Google drive (siendo estos lo más representativos), estas plataformas tienen versiones gratuitas y pagas, las versiones gratuitas ofrecen 2 a 15 Gb de capacidad de almacenamiento y más de un terabyte en las versiones pagas, el único requisito es abrir una cuenta de usuario dentro de los sitios (algunas funcionan como una cuenta de correo), además, como se encuentran enfocadas en usuarios casuales, sus interfaces son sencillas y fáciles de manejar. Finalmente, aunque los archivos un inicio son privados estas plataformas ofrecen la capacidad de compartirlos requiriendo en algunos casos que las personas a la que se les comparte el material tengan una cuenta en el sitio o través de enlaces que no requieren cuenta.

14.6. Análisis de resultados

De acuerdo a lo planteado anteriormente, se va a revisar cada plataforma presentando sus ventajas y desventajas teniendo en cuenta las características propias de los objetos de aprendizaje desarrollados, para definir si la plataforma es viable o no.

- **Página web propia:** Esta tiene como ventajas principales su flexibilidad, desde la perspectiva de que puede ser adaptado a cualquier necesidad, esta es definitivamente la plataforma con una mayor capacidad de todas; sin embargo, tiene como desventajas que para poder aprovechar ese potencial se requiere tener buenos conocimientos en programación y sistemas o al menos en diseño web, además de que esta plataforma tendría un costo de alrededor de 166.000 pesos al año, lo que hace que sea muy costosa comparado con las otras plataformas (generalmente gratuitas). Lo que permite concluir que utilizar esta plataforma no es viable.
- **Página web de la asignatura:** Esta plataforma tiene como ventajas que hay un docente que se encarga de su mantenimiento (ya ha sido construida), y este posee los

conocimientos necesarios para su manejo y adaptación a las necesidades que los objetos de aprendizaje plantean. Además, su uso es completamente gratuito y lo estudiantes tendrían una conexión directa con el docente encargado de la asignatura. Sus principales desventajas son las limitantes de espacio, lo que haría necesario reducir el tamaño de los objetos de aprendizaje al mínimo; por lo tanto, esta plataforma se considera viable, teniendo como consideración la reducción del tamaño de los objetos de aprendizaje.

- **Repositorio web oficial:** Estas plataformas tienen entre sus principales ventajas que se encuentran completamente adaptadas a la metodología de objetos de aprendizaje, es decir que metodológicamente hablando este sería el lugar ideal para almacenar estos objetos de aprendizaje, además cabe agregar que estas plataformas son en su mayoría completamente gratuitas; sin embargo, conllevan varias desventajas, la primera es que la mayor parte de estos sitios solicita que los objetos de aprendizaje se encuentren en el idioma inglés, segundo la mayor parte de estos sitios son de acceso abierto es decir que cualquier persona en el mundo puede entrar hacer una copia del contenido, lo que conlleva a el tema de los derechos de autor, tercero, muchos de estos sitios requieren tener conocimientos en programación para poder agregarlos a las bases de datos, solo los sitios más importantes que tiene revisión por parte de pares el proceso de agregarlos es más simple, y cuarto, se espera que los objetos de aprendizaje agregados en estos repositorios sean las versiones finales; sin embargo, los diseñados en el presente proyecto tienen espacio para su gradación (entendiendo esto como desarrollo o mejora sucesiva en el tiempo). Teniendo en cuenta lo anterior, en la situación actual no se considera viable el uso de esta plataforma; sin embargo, si se recomienda que en el futuro estos objetos de aprendizaje sean agregados a una de estas plataformas. Los texto de los metadatos se

encuentran en el apéndice G, junto con las guías de cada módulo, estas se encuentran basadas a lo planteado por la Universidad Politécnica de Valencia (2007).

- **Aula Virtual:** Esta plataforma tiene varias ventajas, la primera, es que la capacidad de almacenamiento es suficiente para almacenar los objetos de aprendizaje, segundo, esta es una plataforma oficial de la universidad y se presume confiable respecto al seguridad de la información, tercero, se pueden subir toda clase de archivos como videos o diapositivas, como los que se encuentran en los objetos de aprendizaje diseñados, como únicas desventajas, se puede mencionar que se requiere algo de conocimiento en temas informáticos ara su manejo, y que requiere de la intervención directa de un docente para creación y manejo (en especial la creación). Considerando lo anterior esta plataforma se considera viable para su uso.
- **Servicio de almacenamiento de archivos en la nube:** Esta plataforma tiene varias ventajas, la primera es que tiene una capacidad de almacenamiento más que suficiente para almacenar los objetos de aprendizaje, segundo, estos sitios ofrecen facilidades para compartir el material sin necesariamente hacerlo público, tercero, el laboratorio Galea posee una cuenta en una de estas plataformas donde se almacenan todas la guías de las lúdicas que utilizan en sus actividades, y cuarto, estas plataformas suelen ser compatibles con gran cantidad de tipos de archivos. Además de una muy remota posibilidad de pérdida de la información no existe ninguna otra desventaja observable para el uso de este tipo de plataformas, lo que hace concluir que esta herramienta se considera viable para su uso.

De acuerdo a lo presentado anteriormente, tanto la página web de la asignatura, como un repositorio digital oficial, y un aula virtual son igualmente válidos para el almacenar los

objetos aprendizaje, de modo que se deja la decisión en manos de los dos entes directamente interesados en los objetos de aprendizaje, el grupo OPALO y el laboratorio Galea, el primero representado por el docente de Diseño de sistemas productivos miembro del grupo (y director de este proyecto) y el segundo representado por la docente coordinadora del laboratorio Galea.

Por parte del grupo OPALO, desde la dirección del proyecto se decide dejar los objetos de aprendizaje en la página web de la asignatura que el mismo maneja; por otro lado, la coordinadora del laboratorio Galea decide que los objetos fueran agregados a la página de almacenamiento Google drive en donde el laboratorio ya posee una cuenta. Es importante resaltar que se acuerda con ambas partes que los objetos de aprendizaje almacenados en la página web de la asignatura se consideran los originales y cualquier modificación se hará con prioridad en los objetos almacenados allí, y que es responsabilidad del docente informar de estos cambios al laboratorio de Galea para que hagan las respectivas actualizaciones.

14.7. Divulgación de resultados

De acuerdo a lo planteado en a la metodología, se define que al finalizar la etapa de selección de las herramientas TIC se debe realizar una socialización de la estructura de los objetos de aprendizaje al finalizar su aplicación, ante el laboratorio Galea y los docentes de la asignatura diseño de sistemas productivos. La exposición en el laboratorio Galea se llevó cabo el día 2 de mayo del 2018 en sala 316, de 4 pm a 6 pm, a esta reunión asisten los auxiliares del laboratorio Galea, como se aprecia en la Figura 21.



Figura 21. Socialización en laboratorio Galea

En esta se presenta una introducción de la herramienta Lego Mindstorms, para después entrar en detalle de cada uno de los objetos de aprendizaje diseñados, presentándose el objetivo del objeto de aprendizaje, el resumen de este, la secuencia de actividades para su ejecución, y los contenidos generados en guías anexos en la versión estudiante y docente. Además, esta exposición tenía como objetivo alternativo, formar a los miembros del grupo Galea acerca de la ejecución de los objetos de aprendizaje de modo que ellos los pudieran ejecutados en el futuro.

Respecto a los docentes de la asignatura Diseño de sistemas productivos, el docente director de este proyecto está enterado de los resultados; por lo tanto, no se hace necesario realizar una presentación al respecto. Por otro lado, para los dos docentes adicionales que dictan la asignatura, se les presento un resumen de diez minutos de manera individual acerca de los resultados del proyecto.

15. Conclusiones

- El proceso de revisión enfocado en la identificación de estrategias aplicadas para la enseñanza de los componentes básicos de la automatización industrial en los programas acreditados de Ingeniería Industrial en Colombia, permitió observar que 8 de las universidades evaluadas en la muestra contaban con una estrategia de enseñanza de algún tipo, como la Universidad Autónoma de occidente que cuenta con una asignatura electiva llamada “Automatización industrial”, lo que indica que en las universidades en el área de ingeniería industrial en Colombia están tomando acciones que les permita adaptarse a la tendencia de la automatización y robótica. Ahora bien, para el caso de la Universidad Industrial de Santander en la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales a pesar de que existen asignaturas que están relacionadas con la temática, a la fecha no se encontró ninguna una estrategia de enseñanza enfocada a la automatización y robótica.
- La identificación de estrategias de enseñanza-aprendizaje permitió observar que en el ámbito de educación superior en Colombia, existen múltiples tipos de estrategias de enseñanza en el área de automatización y robótica, dado que cada ente educativo utiliza diferentes herramientas y metodologías, además, éstas se encuentran aplicadas en laboratorios o asignaturas que difieren en cada universidad, lo que no permitió hacer un contraste de estas estrategias y así seleccionar la más utilizada o fácilmente replicable para este proyecto como se evidencia en el inciso 6.10.
- Del proceso de identificación de metodologías de enseñanza-aprendizaje se encontró un alto número de trabajos relacionados con el uso de Lego Mindstorms, aunque en diferentes entornos con distintos objetivos de enseñanza y usando

diversas metodologías como, por ejemplo, la enseñanza de programación en el área de ingeniería de sistemas a través de la metodología de retos. A pesar de esto, se puede concluir que las metodologías basadas en proyectos y problemas son las más utilizadas, por lo tanto, éstas se tomaron como base para la realización del proyecto.

- Del proceso de identificación de metodologías de enseñanza-aprendizaje, se encontró que la metodología basada en problemas además de ser la más utilizada, también permite el desarrollo de habilidades blandas como trabajo en equipo, resolución de problemas, entre otras. Siendo esto una ventaja significativa encontrada a la hora de aplicar esta metodología.
- En la etapa de diseño de los objetos de aprendizaje se encuentra que la utilización en conjunto de las metodologías de aprendizaje basada en problemas y en proyectos junto a la plataforma Lego Mindstorm con su estructura modular, trae como ventaja que los estudiantes tienen un alto nivel de libertad a la hora de diseñar y desarrollar sus estrategias de solución en cada módulo, dado que el sistema de enseñanza actual se centra en respuestas exactas a problemas dados.
- La etapa de validación del proyecto permitió identificar que, el hecho que exista libertad a la hora de diseñar las estrategias de solución de cada módulo permite que las actividades desarrolladas tengan mucha variabilidad, lo que las hace difícil de controlar imprimiendo incertidumbre a la hora de realizar las actividades, dado que es posible que los sistemas desarrollados no sean factibles, impidiendo completar el total de las actividades.
- Respecto a la percepción de los estudiantes acerca de los objetos de aprendizaje diseñados, es positiva dado que el valor mínimo promedio obtenido en los

diferentes criterios evaluados fue de 87%, además, no existe una diferencia significativa de percepción entre los grupos de estudiantes que participaron en el proyecto y los datos atípicos se debían a casos puntuales, lo que corrobora la efectividad de los objetos de aprendizaje.

- De la fase de implementación de las herramientas TIC, se puede concluir que las plataformas escogidas para garantizar la reusabilidad de los objetos de aprendizaje en el contexto actual de este proyecto son adecuadas para tal fin, teniendo en cuenta las necesidades de almacenamiento, libre acceso, idioma, entre otros requerimientos de los objetos de aprendizaje desarrollados.

16. Recomendaciones

- Utilizando como base los objetos de aprendizaje desarrollados en este proyecto, se debe fortalecer la enseñanza de las temáticas de automatización e Industria 4.0, a través del uso de plataformas más avanzadas como Arduino, que permitan un mayor acercamiento a los sistemas reales de la Industria.
- Se recomienda adecuar un laboratorio con un espacio físico y dotación adecuada enfocado a la enseñanza de las temáticas de Industria 4.0 y automatización, dado los resultados obtenidos en la identificación de estrategias, donde la Universidad Industrial de Santander era una en las que no existía una estrategia para la enseñanza del tema, y teniendo en cuenta los objetos de aprendizaje resultado de este proyecto, se facilitaría que en el futuro se puedan realizar trabajos similares.
- Se sugiere seguir la implementación de los objetos de aprendizaje de modo que los estudiantes puedan seguir adquiriendo conocimientos acerca de los conceptos

asociados a la automatización e integración tecnológica (Industria 4.0), además, de permitir el desarrollo y mejora de los mismos a través de la ejecución de la práctica según lo definido en las guías docente, utilizando como tutor a un miembro del grupo Galea o un docente.

- En el escenario de aumentar la cantidad de robots, ya sea para la generación de nuevas estrategias o el fortalecimiento de las existentes, si se decide seguir utilizando la plataforma Lego Mindstorm, se recomienda que éstos se adquieran en su versión *Education* dado que la versión *Home*, aunque es completamente funcional, tiene menos alcance a la hora de simular sistemas de producción debido a la cantidad y composición de las piezas de esta versión. Por otro lado, la versión *Education* está adaptada a los entornos de enseñanza y facilitaría el trabajo de los estudiantes y el tutor encargado.
- Cuando se considere que los objetos de aprendizaje alcanzaron un grado suficiente de madurez en su desarrollo y se tenga consenso entre el docente encargado de los objetos de aprendizaje y el laboratorio Galea acerca de los derechos de autor, se sugiere agregarlos a una base de datos de objetos de aprendizaje pública, con el objetivo que personas de todos los lugares del mundo puedan conocer y aprovechar los contenidos desarrollados.
- Desarrollar estrategias que permitan en los niveles iniciales a los estudiantes obtener habilidades en programación, dado que esto facilitaría el trabajo de los estudiantes con este tipo de plataformas y en el área de Industria 4.0 en general.
- Se sugiere que los objetos de aprendizaje se apliquen con muestras de mayor tamaño, lo que permitiría aplicar metodologías de análisis más complejas ya sean

cualitativas o cuantitativas, y así evaluar los resultados de la aplicación de los objetos de aprendizaje de manera más detallada; sin embargo, esto implica una mayor demanda de tiempo y recursos.

- Se sugiere que la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales siga motivando la realización de este tipo de proyectos que generan estrategias de enseñanza y aprendizaje alternativas a las tradicionales y permiten abarcar todos los estilos de aprendizaje de los estudiantes, además, de presentar temáticas que de otro modo no serían del conocimiento de los estudiantes al finalizar su carrera.

Referencias bibliográficas

- Alemdar, M., & Rosen, J. H. (2011). Introducing K-12 Teachers to LEGO Mindstorm Robotics Through a Collaborative Online Professional Development Course.
- Allan, A. (2017). What is STEM? Retrieved October 8, 2017, from <https://naaweb.org/professional-development/item/659-what-is-stem>
- Andrews, D., & Goodson, L. (1980). A comparative analysis of models of instructional design. *Journal of Instructional Development*, 3(4), 2–16. <https://doi.org/10.1007/BF02904348>
- Anuradha, G. (1995). Collaborative Learning Enhances Critical Thinking. *Journal of Technology Education*, 7(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.21061/jte.v7i1.a.2>
- Arvai, J., Campbell-Arvai, V., & Steel, P. (2012). Decision-making for sustainability: a systematic review of the body of knowledge, 96. Retrieved from <http://nbs.net/wp-content/uploads/NBS-Systematic-Review-Decision-Making.pdfnet%2Fwp-content%2Fuploads%2FNBS-Systematic-Review-Decision-Making.pdf&usg=AFQjCNH3lLh3tf21CcOgZHkSigYb4Y69Ng>
- Asociación de Industriales de Colombia. (2016). *Encuesta de Opinión Industrial Conjunta Mayo 2016*. Retrieved from [http://www.andi.com.co/cse/Documents/EOIC/EOIC Mayo 2016.rar](http://www.andi.com.co/cse/Documents/EOIC/EOIC%20Mayo%202016.rar)
- 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://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.022>
- Barron, B. J. S., Schwartz, D. L., Vye, N. J., Moore, A., Petrosino, A., Zech, L., & Bransford, J.

- D. (1998). Doing With Understanding: Lessons From Research on Problem- and Project-Based Learning. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3–4), 271–311. <https://doi.org/10.1080/10508406.1998.9672056>
- Barrón, P., & Cortes, A. (2015). *Programación con lego para la educación*. Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo.
- Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, 20(6), 481–486. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>
- Belloch, C. (2013). Diseño Instruccional. *Material Didáctico Web de La Unidad de Tecnología Educativa (UTE) de La Universidad de Valencia*, 21, 2–4. <https://doi.org/978-987-24871-6-4>
- Bermejo, F., & Pedraja, J. (2008). La evaluación de competencias en el ABP y el papel del portafolio. In *El aprendizaje basado en problemas en la enseñanza universitaria* (p. 256). Universidad de Murcia.
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., Palincsar, A., ... Palincsar, A. (2016). Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing , Supporting the Learning Motivating, 1520(December), 37–41. <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139>
- Callejas, M., Hernández, E., & Pinzón, J. (2011). Objetos De Aprendizaje, Un Estado Del Arte. *Entramado*, 7, 176–189.
- Cambridge University Press. (2017). Definition of “pedagogy.” Retrieved June 28, 2017, from

<http://dictionary.cambridge.org/es/diccionario/ingles/pedagogy>

- Cassidy, S. (2004). Learning Styles: An overview of theories, models, and measures. *Educational Psychology, 24*(4), 419–444. <https://doi.org/10.1080/0144341042000228834>
- Castiblanco, I. A., Cruz, J. P., Ruiz, C. R., Pedraza, L. D. C., & Londoño, D. C. (2017). Implementación de Invention System Kits como metodología de enseñanza y aprendizaje en ingeniería industrial. Caso de estudio: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. *Educación En Ingeniería, 12*(24), 31–37. <https://doi.org/10.26507/rei.v12n24.765>
- Centro Tecnológico de Automatización Industrial -. (2013). Retrieved August 31, 2017, from <http://www.javeriana.edu.co/blogs/ctai/>
- Coffield, F., Moseley, D., Hall, E., & Ecclestone, K. (2004). Learning styles and pedagogy in post-16 learning A systematic and critical review. *Learning and Skills Research Centre, 84*. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(81\)90483-7](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(81)90483-7)
- Collaborative Learning: Group Work. (2012). Retrieved July 1, 2017, from <https://www.cte.cornell.edu/teaching-ideas/engaging-students/collaborative-learning.html>
- Contreras, L., & Trisancho, J. (2015). Diseño de guías de laboratorio para desarrollar habilidades profesionales en la asignatura Automatización del programa de ingeniería industrial. *Academia y Virtualidad, 8*(2), 112–122.
- Cooper, P. (1993). Paradigm Shifts in Designed Instruction: From Behaviorism to Cognitivism to Constructivism. *Educational Technology, 33*(5), 12–19. Retrieved from http://ocw.metu.edu.tr/pluginfile.php/9156/mod_resource/content/1/Shift paradigm

Behaviorism.pdf

- Coşkun, S., Gençay, E., & Kayıkcı, Y. (2016). Adapting Engineering Education to Industrie. In *The 16th Production Research Symposium* (pp. 258–263). Estambul. Retrieved from http://www.uas2016.itu.edu.tr/wp-content/uploads/2016/11/UAS2016_BildiriKitabi.pdf
- Davenport, J., & Davenport, J. A. (1985). A Chronology and Analysis of the Andragogy Debate. *Adult Education Quarterly*. <https://doi.org/10.1177/0001848185035003004>
- Ertmer, P. A., & Newby, T. J. (1993). Behaviorism, Cognitivism, Constructivism: Comparing Critical Features From an Instructional Design Perspective. *Performance Improvement Quarterly*, 26(2), 43–71. <https://doi.org/10.1002/piq.21143>
- Gallegos, E., & Gallegos, E. (2015). *Evaluación de la plataforma didáctica Lego Mindstorms ev3 para el concurso ecuatoriano de robótica en la categoría creatividad lego*. Universidad Católica De Santiago De Guayaquil.
- Godin, K., Stapleton, J., Kirkpatrick, S. I., Hanning, R. M., & Leatherdale, S. T. (2015). Applying systematic review search methods to the grey literature: a case study examining guidelines for school-based breakfast programs in Canada. *Systematic Reviews*, 4(1), 138. <https://doi.org/10.1186/s13643-015-0125-0>
- Harnik, D., Pinkas, B., & Shulman-Peleg, A. (2010). Side channels in cloud services: Deduplication in cloud storage. *IEEE Security and Privacy*, 8(6), 40–47. <https://doi.org/10.1109/MSP.2010.187>
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn?

- Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266.
<https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Holmes, G., & Abington-Cooper, M. (2000). Pedagogy vs. Andragogy: A False Dichotomy? *The Journal of Technology Studies*, 26(2), 50–55.
<https://doi.org/https://doi.org/10.21061/jots.v26i2.a.8>
- Hopewell, S., Clarke, M., & Mallett, S. (2005). Grey literature and systematic reviews. *Publication Bias in Meta-Analysis: Prevention, Assessment, and Adjustments*, 49–72.
- Humberto, J., & Rojas, C. (2005). Automatización y mecatrónica en la educación, 5(1), 45–58.
- ICFES-ACOFI. (2003). *Presentación*. Retrieved from <http://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2015/07/Contenidos-programaticos-básicos-para-ingeniería-Industrial.pdf>
- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. (2004). El aprendizaje basado en problemas como técnica didáctica. Retrieved from sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas_didacticas/abp/abp.pdf
- Jang, Y. J. A. E., & Yosephine, V. S. (2016). LEGO Robotics Based Project for Industrial Engineering Education. *International Journal of Engineering Education*, 32(3), 1268–1278.
- Kaval, P. (2011). Measuring and valuing environmental impacts. *A Systematic Review of Existing Methodologies*. London, Retrieved from <http://nbs.net/fr/files/2011/08/NBS-Systematic-Review-Impacts1.pdf>
- Keller, M., Rosenberg, M., Brettel, M., & Friederichsen, N. (2014). How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry

4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 8(1), 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.213>

Knowles, M. (1973). *The Adult Learner: A Neglected Species*. Gulf Publishing Company. <https://doi.org/10.2307/1174362>

Knowles, M. (1980). What is andragogy? In *The modern practice of adult Education* (pp. 40–60). Cambridge adult Education. Retrieved from http://www.umsl.edu/~henschkej/articles/a_The_Modern_Practice_of_Adult_Education.pdf

Lai-yuen, S. (2008). Using LEGO to Teach and Learn Micromanufacturing and Industrial Automation. *Proceedings of the American Society for Engineering Education*.

Lai, P., & Tang, C. (2000). Obstacles to the implementation of problem-based learning (PBL) in local universities of Hong Kong. *Problem-Based Learning: Educational Innovation Across Disciplines*.

Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business and Information Systems Engineering*, 6(4), 239–242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>

Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>

Lee, J., Kao, H. A., & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for Industry 4.0

and big data environment. *Procedia CIRP*, 16, 3–8.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.001>

LEGO Robotics Mr. Hino. (2014). Retrieved October 10, 2018, from
https://www.youtube.com/channel/UCvuw_UluXNRPKhqK5GU8SrQ/feed

Lowy, A., & Hood, P. (2004). *The power of the 2x2 matrix : using 2x2 thinking to solve business problems and make better decisions*. Jossey-Bass.

Mahood, Q., Van Eerd, D., & Irvin, E. (2014). Searching for grey literature for systematic reviews: Challenges and benefits. *Research Synthesis Methods*, 5(3), 221–234.
<https://doi.org/10.1002/jrsm.1106>

Markland, K. (2015). Make a Claw and Lift Mechanism for your EV3 Robot. Retrieved October 10, 2018, from <https://www.youtube.com/watch?v=0R18ltvImV0>

Martínez, T., & Vargas, J. (2014). *Adaptación e integración de una estrategia de aprendizaje basada en lúdicas para las asignaturas de análisis de procesos e ingeniería de calidad*. Universidad Industrial De Santander.

McGrath, B., Sayres, J., Lowes, S., & Lin, P. (2008). Underwater LEGO robotics as the vehicle to engage students in STEM: The BUILD IT project's first year of classroom implementation. In *International Conference of Engineering Education* (pp. 1–19). Retrieved from [http://test.ngcproject.org/sites/default/files/BUILDIT_June2008_ASEE Conference Article on BUILD IT.pdf](http://test.ngcproject.org/sites/default/files/BUILDIT_June2008_ASEE_Conference%20Article%20on%20BUILD%20IT.pdf)

McKay, M. M., Lowes, S., Tirthali, D., & Camins, A. H. (2015). Student learning of STEM

concepts using a challenge-based robotics curriculum. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings, 122nd ASEE*(122nd ASEE Annual Conference and Exposition: Making Value for Society). <https://doi.org/10.18260/p.24756>

Mergel, B. (1998). Diseño Instruccional Teoría Del Aprendizaje. Retrieved June 30, 2017, from https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjSzPX19-XUAhXBVyYKHahpADMQFggoMAA&url=http%3A%2F%2Fsites.google.com%2Fsite%2Fautoriadecontenidosudl%2Fespanol.pdf&usg=AFQjCNHqS_snWEqvVLp2srLUUB1uP0HN7Q

Neven, F., & Duval, E. (2002). Reusable Learning Objects: a Survey of LOM-Based Repositories. *Proceedings of the 10th ACM International Conference on Multimedia*, 291–294. <https://doi.org/10.1145/641007.641067>

Nolasco, M. (2014). Estrategias de enseñanza en educación. Retrieved July 1, 2017, from <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n4/e8.html>

Oates, C., & Zoitl, A. (2010). Utilizing Lego Mindstorms as a Teaching Platform for Industrial Automation, (March 2015), 4–10.

Oproiu, G. C. (2015). A Study about Using E-learning Platform (Moodle) in University Teaching Process. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 180(November 2014), 426–432. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.02.140>

Paineán, Ó., Prieto, V. A., & Torres, T. T. (2012). Aprendizaje basado en problemas: evaluación de una propuesta curricular para la formación inicial docente. *Estudios Pedagógicos*

XXXVIII, N^o, 1, 161–180. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052012000100010>

Panadero, C. F., Roman, J. V., & Kloos, C. D. (2010). Impact of learning experiences using LEGO Mindstorms® in engineering courses. *IEEE EDUCON 2010 Conference*, 503–512. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2010.5492534>

Papania, L., & Papania, D. (2010). Embedding sustainability in organizational culture, 1–74. Retrieved from <http://nbs.net/wp-content/uploads/Executive-Report-Sustainability-and-corporate-culture.pdf>

Parasuraman, R., Sheridan, T. B., & Wickens, C. D. (2000). A model for types and levels of human interaction with automation. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, 30(3), 286–297. <https://doi.org/10.1109/3468.844354>

Pontificia Universidad Javeriana. (n.d.). Laboratorios del departamento de ingeniería industrial. Retrieved March 30, 2018, from <http://ingenieria.javeriana.edu.co/laboratorios-industrial>

Pozo, J. I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Morata. Retrieved from [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=DpuKJ2NI3P8C&oi=fnd&pg=PA11&dq=teorias+de+aprendizaje+estilo&ots=4hVvD6QCR6&sig=UjTVYfppkKKOPFhfiuvJTzNKKrI#v=onepage&q=teorias de aprendizaje estilo&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=DpuKJ2NI3P8C&oi=fnd&pg=PA11&dq=teorias+de+aprendizaje+estilo&ots=4hVvD6QCR6&sig=UjTVYfppkKKOPFhfiuvJTzNKKrI#v=onepage&q=teorias+de+aprendizaje+estilo&f=false)

Prince Edward Island Department of Education. (2008). Evaluation and Selection of Learning Resources : A Guide. Retrieved from www.gov.pe.ca/educ

Pritchard, A. (1998). *Ways of learning*. Routledge. <https://doi.org/10.1136/bmj.316.7133.0>

Rashid, R. (2011). A Perspective Evaluation of Problem-Based Learning in ESL Classroom in

the Malaysian Higher School. *Journal on English Language Teaching*, 1(4), 25–32.

Redacción Revista Mundo Eléctrico. (2015). Entrevista ISA Dr. Rosero. *Mundo Eléctrico*, 84–86.

Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0. The Future of Productivity and Growth in Manufacturing. *Boston Consulting*, (April), 1–5.

Sauter, T., Soucek, S., Kastner, W., & Dietrich, D. (2011). The evolution of factory and building automation. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 5(3), 35–48.
<https://doi.org/10.1109/MIE.2011.942175>

Saygin, C., Yuen, T., Shipley, H., Wan, H. D., & Akopian, D. (2012). Design, development, and implementation of Educational robotics activities for K-12 students. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84864982905&partnerID=40&md5=b27616576c5fce65da2f24998012a2fb>

Schlechtendahl, J., Keinert, M., Kretschmer, F., Lechler, A., & Verl, A. (2014). Making existing production systems Industry 4.0-ready: Holistic approach to the integration of existing production systems in Industry 4.0 environments. *Production Engineering*, 9(1), 143–148.
<https://doi.org/10.1007/s11740-014-0586-3>

Schunk, D. H. (1996). *Learning theories*. Printice Hall Inc., New Jersey (Vol. 53).
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- Servicio de Innovación Educativa. (2008). Aprendizaje Basado en Problemas. Guías rápidas sobre nuevas metodologías. *Universidad Politécnica de Madrid*, 14. Retrieved from http://innovacioneducativa.upm.es/guias/Aprendizaje_basado_en_problemas.pdf
- Seshan, A., & Seshan, S. (2018). Ev3 lessons. Retrieved October 9, 2018, from <http://ev3lessons.com/en/index.html>
- Shamsan, B., & Syed, A. T. (2009). Evaluation of Problem Based Learning Course at College of Medicine, Qassim University. *International Journal of Health Sciences*, 3(2), 249–258. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21475544> <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC3068813>
- Smith, B., & Macgregor, J. (1992). What is collaborative learning? In *Collaborative Learning: A Sourcebook for Higher Education* (pp. 10–30).
- Smith, P., & Ragan, T. (2005). *Instructional design*. J. Wiley & Sons.
- Sternberg, R. J., & Zhang, L. (2001). *Perspectives on thinking, learning, and cognitive styles*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Strautmann, M. A. (2011). *Educational Robotics: Using Lego Mindstorms NXT Platform For Increasing High School STEM Education*. Missouri University Of Science And Technology.
- Thomas, J. W. (2000). A Review of Research on Project-Based Learning. *The Autodesk Foundation*, 1–45. <https://doi.org/10.1007/s11528-009-0302-x>

- U.S. Department of Education. (n.d.). Science, Technology, Engineering and Math: Education for Global Leadership. Retrieved October 8, 2017, from <https://www.ed.gov/stem>
- Universidad Icesi. (n.d.). Universidad Icesi inaugura laboratorio de Ingeniería Industrial. Retrieved March 31, 2018, from <https://www.icesi.edu.co/unicesi/todas-las-noticias/1440-universidad-icesi-inaugura-laboratorio-de-ingenieria-industrial>
- Universidad Industrial de Santander. (2016). *Diseño del programa asignatura: Diseño de Sistemas Productivos*. Bucaramanga. Retrieved from https://docs.wixstatic.com/ugd/35813e_291712f334d04b388e689e20c64faa9a.pdf
- Universidad Politécnica de Valencia. (2007). Los objetos de aprendizaje como recurso para la docencia universitaria: criterios para su elaboración. *Area de Sistema de Informacion y Comunicaciones*, 37. Retrieved from http://www.aqu.cat/doc/doc_22391979_1.pdf
- Velasco, S. (1996). Preferencias perceptuales de estilo de aprendizaje en cuatro escuelas primarias. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 1(2). Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=300412>
- Vizcarro, C., & Juárez, E. (2008). ¿Qué es y cómo funciona el aprendizaje basado en problemas? In *El aprendizaje basado en problemas en la enseñanza universitaria* (pp. 9–32).
- Wilson, B. G. (Brent G. (1996). *Constructivist learning environments: case studies in instructional design*. Educational Technology Publications. Retrieved from https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=mpsHa5f712wC&oi=fnd&pg=PA135&dq=problem+based&ots=sZ9jwj9_Pi&sig=ZD-BjULiBcTzoxWHcolfm0Mo7bs#v=onepage&q=problem based&f=false

Wu, J., Ping, L., Ge, X., Ya, W., & Fu, J. (2010). Cloud storage as the infrastructure of Cloud Computing. *Proceedings - 2010 International Conference on Intelligent Computing and Cognitive Informatics, ICICCI 2010*, 380–383. <https://doi.org/10.1109/ICICCI.2010.119>