

PROPUESTA DE HERRAMIENTAS PEDAGÓGICAS
EXPERIENCIALES PARA LA ENSEÑANZA DE SIMULACIÓN
DISCRETA EMPLEANDO LA METODOLOGÍA APLICADA POR EL
GRUPO GEIO

MANUELA DEL PILAR GÓMEZ SUTA
Código 1088318084

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PEREIRA
2017

PROPUESTA DE HERRAMIENTAS PEDAGÓGICAS
EXPERIENCIALES PARA LA ENSEÑANZA DE SIMULACIÓN
DISCRETA EMPLEANDO LA METODOLOGÍA APLICADA POR EL
GRUPO GEIO

MANUELA DEL PILAR GÓMEZ SUTA
Código 1088318084

DIRECTOR DE PROYECTO DE GRADO
M.Sc. CARLOS MAURICIO ZULUAGA RAMÍREZ

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL
TÍTULO DE PREGRADO DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PEREIRA
2017

Nota de aceptación:

Director

Jurado

Jurado

RESUMEN

El siguiente trabajo presenta un estudio realizado desde el grupo GEIO adscrito a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira, donde se generó una propuesta que consiste en utilizar una serie de herramientas pedagógicas para la enseñanza de la simulación discreta mediante la metodología del grupo de investigación.

Para el desarrollo del proyecto, primero, se identificaron diferentes herramientas planteadas en contextos universitarios, para la enseñanza de las temáticas de investigación de operaciones y estadística empleando elementos computacionales, luego se analizaron algunas unidades temáticas desarrolladas por centros educativos de la región; más adelante se identificaron cuáles de los experimentos pedagógicos y lúdicos desarrollados por el grupo GEIO podrían emplearse para facilitar el aprendizaje de temáticas de investigación de operaciones y estadística empleando herramientas computacionales, de esta forma, se adaptaron los mismo para que pudieran ser utilizados para apoyar el proceso de enseñanza de simulación discreta.

El resultado final de la investigación fue la generación de una cartilla educativa donde se compilaron las herramientas lúdicas desarrolladas; de esta forma se creó una propuesta pedagógica que puede ser empleada por docentes y orientadores para la creación de entornos educativos caracterizados por la presencia de escenarios lúdicos de sistemas productivos, donde los participantes y/o estudiantes pueden reconocer y modificar variables del mismo sin incurrir en riesgos para ellos u otros, así recopilar todo el conocimiento vivenciado durante la exploración de la lúdica para desarrollar un modelo de simulación discreta del experimento ejecutado.

SUMMARY

The following paper presents a study carried out from the GEIO group attached to the Faculty of Industrial Engineering of the Technological University of Pereira, where a proposal was made that consists of using a series of pedagogical tools for the teaching of discrete simulation using the methodology of the Investigation Group.

For the development of the project, first, different tools were identified in university contexts to teach the topics of operations research and statistics using computational elements, then analyzed some thematic units developed by educational centers in the region; then identified which of the pedagogical and hands-on experiments developed by the GEIO group could be used to facilitate the learning of research and operations research topics using computational tools, in this way, they were adapted so that they could be used to support the process of discrete simulation teaching.

The final result of the research was the generation of an educational primer in which the developed ludic tools were compiled; in this way a pedagogical proposal was developed that can be used by teachers and supervisors to create educational environments characterized by the presence of hands-on activities of productive systems, where participants and/or students can recognize and modify variables of the same without incurring in risks for them or others, thus to gather all the knowledge experienced during the exploration of the hands-on activity to develop a model of discrete simulation of the executed experiment.

INTRODUCCIÓN

GEIO Grupo de Investigación de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira, es un equipo conformado por docentes y estudiantes, con más de dieciséis años de experiencia en la investigación y creación de herramientas lúdicas con las cuales busca mejorar procesos de enseñanza-aprendizaje de la Ingeniería Industrial. GEIO nace de la necesidad de implementar nuevas formas de enseñanza en el aula de clase, que permitan al estudiante vivir el conocimiento e incentivar la formación de competencias requeridas por el entorno.

El grupo de investigación en su trayectoria ha desarrollado un laboratorio lúdico donde se abarcan temáticas de producción, investigación de operaciones, administración, pensamiento sistémico, estadística y manufactura esbelta; con los resultados alcanzados ha participado en diferentes eventos de carácter nacional e internacional y ha llevado su metodología de trabajo a más de veintitrés universidades en el país con lo que ha llegado a ser un referente en la innovación de los procesos de enseñanza – aprendizaje de la Ingeniería Industrial.

GEIO en su continua investigación sobre herramientas pedagógicas que faciliten el fortalecimiento de habilidades y comportamientos que los futuros profesionales deben poseer para responder a los desafíos actuales, planteó el siguiente proyecto de investigación que buscó la generación de una serie de experimentos lúdicos que apoyaran el proceso de enseñanza – aprendizaje de temáticas de simulación discreta empleando el software PROMODEL™.

TABLA DE CONTENIDO

1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	13
1.1. Antecedentes	13
1.2. Situación Problema	14
1.3. Definición del Problema	16
1.4. Objetivo General	16
1.5. Objetivos Específicos	16
1.6. Justificación.....	16
1.7. Beneficios que conlleva.....	18
1.8. Limitaciones Previsibles	19
2. MARCO REFERENCIAL.....	20
2.1. Marco Teórico	20
2.1.1. Herramientas pedagógicas para conducir procesos de enseñanza – aprendizaje sobre investigación de operaciones y estadística empleando elementos computacionales	20
a. Cuento.....	23
b. Cartilla	25
c. Casos de Estudio	26
d. Software educativo.....	27
e. Herramienta Lúdica.....	30
f. Resumen de las características de las herramientas pedagógicas analizadas.....	35
2.1.2. Introducción a la Simulación Discreta como herramienta en la toma de decisiones.....	37
a. ¿Qué es simulación?.....	37
b. ¿Cuándo es apropiado emplear la simulación?	38
c. Ventajas y desventajas de la simulación.....	39
d. Áreas de aplicación	40
e. Modelando el sistema	43
f. Tipos de modelos.....	44
g. Simulación de sistemas con eventos discretos	44

2.1.3. Software PROMODEL™	46
a. La historia del software de simulación.....	47
b. Selección de un software para simulación	49
c. PROMODEL™	49
2.2. Marco Legal	51
2.2.1. Organización Educación en Colombia.....	51
2.2.2. Aseguramiento de la Calidad en la educación colombiana.....	53
2.2.3. Política educativa en Colombia.....	54
2.2.4. Resumen de leyes y decretos de interés	55
2.3. Marco Situacional	56
2.3.1. Retos de la educación de la Ingeniería.....	56
2.3.2. Educación para la Ingeniería en Colombia	58
2.3.3. Faculta de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira	58
2.3.4. Grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones y Estadística (GEIO).....	60
2.4. Glosario	64
3. DISEÑO METODOLÓGICO	66
3.1. Universo	66
3.2. Muestra	67
3.3. Delimitación del Estudio.....	67
A continuación se exponen los límites que se tomaron en cuenta para el desarrollo de la investigación, desde los dos enfoques que se realizó.	67
3.4. Fases de la Investigación.....	68
3.5. Variables de la Investigación Operacionalizadas	68
4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECOGIDA.....	70
4.1. Instrumento para la recolección de la información referente a métodos de enseñanza empleados en programas de ingeniería industrial del país.....	70
4.2. Procesamiento y análisis de la información referente a métodos de enseñanza empleados en programas de ingeniería industrial del país.....	72
4.3. Instrumento para la recolección de la información referente a los instrumentos pedagógicos desarrollados por el grupo de investigación GEIO ..	84

4.4. Procesamiento y análisis de la información referente a los instrumentos pedagógicos desarrollados por el grupo de investigación GEIO.....	85
5. DIAGNOSTICO OBTENIDO.....	101
5.1. Métodos de enseñanza empleados en programa de Ingeniería Industrial para dictar la asignatura de simulación discreta	101
5.1.1. Caracterización	101
5.1.2. Cobertura.....	102
5.1.3. Metodología de Enseñanza	103
5.2. Instrumentos pedagógicos desarrollados por el grupo de investigación GEIO	108
6. PROPUESTA DE HERRAMIENTA PEDAGÓGICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA SIMULACIÓN DISCRETA EMPLEANDO EL SOFTWARE PROMODEL Y ALGUNOS EXPERIMENTOS LÚDICOS DESARROLLADOS POR EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN GEIO	110
6.1. Objetivo General	110
6.2. Objetivos Específicos.....	110
7. DESARROLLO DE LA PROPUESTA	111
8. CONCLUSIONES	120
9. RECOMENDACIONES	123
10.FUENTES BIBLIOGRÁFICAS.....	124

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Análisis de artículos por países	21
Tabla 2 Análisis de artículos por centros académicos.....	22
Tabla 3 Análisis de casos de estudios documentados	28
Tabla 4 Análisis software educativo encontrado	29
Tabla 5 Temáticas tratadas en herramientas lúdicas analizadas.....	32
Tabla 6 Resumen característica de muestra, instrumento de validación y resultados alcanzados de herramientas lúdicas analizadas.....	34
Tabla 7 Resumen de definiciones de las herramientas pedagógicas analizadas .	35
Tabla 8 Resumen de ventajas - desventajas de herramientas analizadas.....	35
Tabla 9 Tipos de modelos	44
Tabla 10 Delimitación del Estudio	67
Tabla 11 Variables e Indicadores considerados al analizar las unidades temáticas de diferentes centros educativos del país	68
Tabla 12 Variable e Indicadores considerados para caracterizar los experimentos lúdicos del grupo GEIO	69
Tabla 13 Descripción del instrumento empleado para la recolección de información referente a método de enseñanza.....	70
Tabla 14 Características Generales	71
Tabla 15 Elementos de cobertura	71
Tabla 16 Información sobre metodología de enseñanza.....	71
Tabla 17 Tipo de Centro Educativo analizado.....	72
Tabla 18 Ubicación de los centros educativos	73
Tabla 19 Relación tipo de centro educativo y ubicación del mismo	74
Tabla 20 Relación tipo de centro educativo y ubicación del mismo	74
Tabla 21 Análisis ubicación física del centro educativo y posición.....	74
Tabla 22 Análisis tipo de centro educativo y ubicación del mismo en el ranking...	74
Tabla 23 Centros Educativos que ofertaban el pregrado de Ingeniería Industrial.	75
Tabla 24 Análisis de presencia del pregrado de Ingeniería Industrial o afín y el ranking del centro educativo.....	75
Tabla 25 Centros educativos que dictan la asignatura de simulación discreta para el pregrado de Ingeniería Industrial o afín.....	76
Tabla 26 Carácter de la asignatura de Simulación Discreta.....	76
Tabla 27 Análisis entre el carácter de la asignatura y la posición del centro educativo en el ranking	77
Tabla 28 Semestre en el cual se dicta la asignatura	77
Tabla 29 Análisis entre el semestre en el que se plantea la asignatura y posición del centro educativo	78
Tabla 30 Prerrequisitos de la asignatura	78

Tabla 31 Análisis de prerrequisitos exigidos en los centros educativos mejor posicionados	79
Tabla 32 Software empleado en la asignatura	80
Tabla 33 Análisis entre software empleado y posición de centros educativos	80
Tabla 34 Método para dictar la asignatura de simulación discreta.....	81
Tabla 35 Problema general planteado en la asignatura	82
Tabla 36 Competencia de Énfasis.....	82
Tabla 37 Contenido de las Unidades Temáticas	83
Tabla 38 Herramientas Pedagógicas empleadas.....	83
Tabla 39 Recursos utilizados	83
Tabla 40 Descripción del instrumento empleado para la recolección de información sobre los experimentos lúdicos desarrollados por el grupo GEIO.....	84
Tabla 41 Elementos a considerar respecto a características generales de los experimentos lúdicos analizados.....	85
Tabla 42 Elementos a considerar respecto a la descripción de las herramientas lúdicas estudiadas.....	85
Tabla 43 Tipo de herramientas analizadas	85
Tabla 44 Áreas de la Ingeniería Industrial exploradas en las herramientas pedagógicas	86
Tabla 45 Detallado Contexto Teórico	86
Tabla 46 Asignaturas que se pueden abordar con los experimentos analizados..	87
Tabla 47 Experimentos desarrollados por GEIO que abordan alguna temática de la Investigación de Operaciones y Estadística.....	88
Tabla 48 El sentido de las muestras	89
Tabla 49 Mesas y Sillas	90
Tabla 50 Rouge River y las Mudras	91
Tabla 51 Fabrica de vasos	92
Tabla 52 Gorros de Papel	93
Tabla 53 Yokimabobs.....	93
Tabla 54 Fabrica de camisas	94
Tabla 55 Job Shop	94
Tabla 56 Trabajando en el laboratorio de producción	95
Tabla 57 Gorras Olímpicas.....	96
Tabla 58 Beer Game	96
Tabla 59 Fish Bank	97
Tabla 60 Si le das una galletita a un ratón	98
Tabla 61 El gato en la gorra	98
Tabla 62 La queja de Gecko	99
Tabla 63 Los sneetches y otras historias	99
Tabla 64 Las semillas de Anno	99

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Herramientas Pedagógicas encontradas	23
Figura 2 Planteamiento para determinar objetivos de la educación en Ingeniería	56
Figura 3 Ruta para la implementación de la modernización curricular en la Facultad de Ingeniería Industrial de la UTP	59
Figura 4 Tipo de Centro Educativo analizado	72
Figura 5 Ubicación de los centros educativos	73
Figura 6 Presencia del pregrado de Ingeniería Industrial o afín, a nivel profesional	75
Figura 7 Centros educativos que dictan la asignatura de simulación discreta para el pregrado de Ingeniería Industrial o afín	76
Figura 8 Carácter de la asignatura de Simulación Discreta	76
Figura 9 Semestre en cual se dicta la asignatura.....	77
Figura 10 Prerrequisitos de la asignatura.....	79
Figura 11 Software empleado en la asignatura	80
Figura 12 Método para dictar la asignatura de simulación discreta.....	81
Figura 13 Áreas de la Ingeniería Industrial exploradas en las herramientas pedagógicas	86
Figura 14 Asignaturas que se pueden abordar con los experimentos analizados.	88
Figura 15 Contenido de las Unidades de Enfoque Teórico	106
Figura 16 Contenido de las Unidades de Enfoque Práctico	107
Figura 17 Herramientas pedagógicas diseñadas por GEIO que pueden ser empleadas en la enseñanza de la simulación discreta	109

1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes

La educación universitaria tiene un rol estratégico en el proyecto de desarrollo económico, social y político en el que está comprometido el país, por esto, el empleo de metodologías y herramientas de enseñanza, que brinden a las nuevas generaciones las competencias demandadas, son unos de los temas a tratar (Melo, Ramos, & Hernández, 2014). Lo anterior se ve reforzado porque existe un consenso sobre la discrepancia presente en el comportamiento dinámico del medio laboral y el sector educativo, es decir, entre los requerimientos que necesitan los nuevos profesionales y el desarrollo paulatino que existe en la academia frente a los procesos de enseñanza que fomentan las habilidades y capacidades exigidas (L. A. Mejía, 2011), pues a medida que el medio ambiente cambia, las demandas de la industria con respecto a las habilidades que deben poseer los nuevos ingenieros también lo hacen.

La enseñanza de temáticas de investigación de operaciones y estadística a nivel de pregrado no es ajena a la situación antes planteada; ya que es usual que los problemas a los que se enfrentan los ingenieros en su vida profesional, difieren de los que han resuelto en los ámbitos académicos con la ayuda de las herramientas matemáticas y computacionales (Campus & Penrith, 2003). Sumado a la anterior se encuentra que la enseñanza de la investigación de operaciones y estadística tiene una serie de retos, que son expuestos por Cagiltay (2007) de la siguiente forma:

- Esta rama del conocimiento está fuertemente atada a las ciencias computacionales, por ende, se ve afectada por los continuos cambios en desarrollo de software, creando incertidumbre sobre cuáles deben ser las habilidades y conocimiento que las instituciones académicas deben brindar a sus estudiantes.
- El estudio de la investigación de operaciones y estadística debe tener en cuenta el surgimiento constante de nuevos sistemas complejos, que deben llegar a ser descritos y analizados en los ámbitos académicos
- La enseñanza de este tipo de herramientas puede verse de una manera alejada al resto de saberes, cuando es exactamente lo contrario lo que debe buscarse, pues los futuros profesionales deben responder a necesidades holísticas y no particulares.

Por esta razón, se expone la necesidad de plantear estrategias educativas que sean un puente entre los conocimientos científicos y las posibilidades tecnológicas que pueden surgir de la empleabilidad de teorías y postulados de las ciencias básicas, y a su vez, que estas estrategias pedagógicas faciliten que los desarrollos académicos alcanzados se puedan llevar a aplicaciones prácticas en espacios reales, donde se busque satisfacer necesidades sociales (Melo et al., 2014).

Por lo anterior es relevante y necesaria la consecución de investigaciones sobre el desarrollo de herramientas educativas que desde el nivel universitario faciliten la educación de capital humano competente para las exigencias actuales; de esta forma, brindar propuestas metodológicas que brindan a los centros de formación académica instrumentos que no sólo permitan la adquisición de nuevos conocimientos y saberes, sino también, la interiorización de los mismos (Rojas Carvajal, 2013).

1.2. Situación Problema

En el Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018 para Colombia se presentó la educación como uno de los pilares para generar condiciones de paz y equidad, pues una población educada puede aprovechar las oportunidades económicas que se le presentan, además, tiene mayor capacidad para participar en el sistema político y económico al que pertenece. No obstante para garantizar este escenario, aún existe un amplio proceso de transición porque la baja calidad y pertinencia de los niveles educativos sigue siendo el limitante para la formación y el desarrollo de competencias necesarias en el trabajo y la vida (Departamento Nacional de Planeación, 2015). Por lo anterior, se han desarrollado e investigado estrategias educativas que faciliten la adquisición de conocimientos científicos y herramientas tecnológicas, además permitan identificar cómo emplear todos los conceptos adquiridos en contextos reales (Melo et al., 2014).

En el caso particular del programa académico de Ingeniería Industrial, adscrito a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira, surge el grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones (GEIO), conformado por docentes y estudiantes que centran sus esfuerzos en la investigación y creación de nuevas herramientas de enseñanza – aprendizaje, basadas en la lúdica y el constructivismo, con las que los estudiantes puedan por medio de micromundos ver, vivir y sentir conceptos complejos (Jaramillo & Mejía, 2006).

GEIO ha tomado como sustento teórico las corrientes educativas desarrolladas a partir del siglo XX como la teoría socio – constructivista (Vygotsky, 1978), postulados de la teoría constructivista piagetiana (Piaget, 1940)

teoremas del aprendizaje humanista (Ausubel, Novak, & Hanesian, 1978), conceptos de aprendizaje experiencial de Kolb (David A. Kolb, 1984) y fundamentos del pensamiento sistémico (Senge, 1990) para crear su propia metodología de enseñanza en la educación universitaria, donde se entienden las actividades lúdicas como espacios donde se fomenta la interacción simulada con el mundo real, es decir, se ve al juego como una herramienta donde subyacen decisiones, políticas y estrategias, que permiten la comprensión holística del sistema representado; además ve a la lúdica como una forma simplificada de representar un entorno real, donde los participantes pueden experimentar diferentes posturas sin temer a grandes consecuencias, lo cual da paso a la reflexión y constitución de disposiciones partiendo de experiencias previas (Agudelo Ramírez, 2008).

De esta forma el grupo de investigación GEIO ha desarrollado y trabajado lúdicas, cuentos y actividades sencillas para la enseñanza de conceptos de sistemas dinámicos, administración, optimización, metodologías de producción, estadísticas y otras área del conocimiento necesarias para la formación de ingenieros industriales. No obstante aunque el grupo GEIO cuenta con un amplio portafolio de actividades educativas, alrededor de 89% no exploran la enseñanza de herramientas computacionales y en aquellas donde se involucra este elemento, los énfasis de estudio son la programación dinámica, la simulación continua o el análisis estadístico mediante softwares especializados.

Por lo anterior, desde el grupo GEIO se ha detectado la ausencia de herramientas didácticas que busquen enseñar conceptos de simulación discreta, siendo esta una de las técnicas de la investigación de operaciones más usada para evaluar el desempeño de todo tipo de sistemas, pues permite la imitación de un contexto específico mediante un modelo computacional, con el que se busca valorar las características operacionales del entorno representado y de esta manera apoyar la toma de decisiones conducentes a mejorar el comportamiento del mismo (Arrobas Velilla, Cazenave Sánchez, Cañizares Díaz, & Fernández Serrat, 2014).

Esta problemática motivó el presente proyecto de investigación que tiene como fin realizar una propuesta de un conjunto de herramientas pedagógicas experienciales para la enseñanza de la simulación discreta, empleando la metodología aplicada por el grupo de investigación GEIO.

1.3. Definición del Problema

Actualmente, existe la necesidad de generar herramientas pedagógicas que faciliten la adquisición de conocimientos, la interacción con instrumentos tecnológicos y la empleabilidad de estos en contextos reales.

Respondiendo a esta situación, el grupo GEIO ha generado trabajos e investigaciones con los cuales ha creado una nueva propuesta de enseñanza – aprendizaje. No obstante, GEIO no cuenta con herramientas pedagógicas experienciales para la enseñanza de la simulación discreta, empleando su metodología de trabajo.

1.4. Objetivo General

Proponer un conjunto de herramientas pedagógicas experienciales para la enseñanza de la simulación discreta, empleando la metodología aplicada por el grupo de investigación GEIO

1.5. Objetivos Específicos

2. Revisar parte de la literatura existente sobre herramientas pedagógicas experienciales referentes a procesos de enseñanza de investigación de operaciones y estadística empleando elementos computacionales.
3. Analizar algunas unidades temáticas de simulación discreta planteadas en programas de ingeniería industrial del país, con el fin de conocer métodos pedagógicos empleados a nivel de formación profesional para la enseñanza de simulación discreta
4. Caracterizar los experimentos lúdicos desarrollados desde el grupo GEIO para conducir procesos de enseñanza en el área de investigación de operaciones y estadística.
5. Desarrollar las herramientas pedagógicas experienciales para la enseñanza de la simulación discreta, empleando el software PROMODEL™
6. Compilar el conjunto de herramientas pedagógicas propuestas en una guía práctica de enseñanza de simulación discreta

1.6. Justificación

En un mundo donde la tecnología conduce al desarrollo económico y social de los países, la importancia de una buena formación en ingeniería académica debe ser considerada como un aspecto central en todo sistema educativo (Cruz-Martín et al., 2012); en especial cuando son los ingenieros los llamados a interactuar con entornos computacionales empleando conceptos matemáticos y lógicos para

analizar diferentes problemáticas, evaluar varias alternativas y tomar decisiones encaminadas a desarrollar soluciones eficaces (Garg & Varma, 2007).

De este modo se debe plantear una formación que abarque tanto aspectos teóricos como aplicaciones prácticas, que muestren a los estudiantes cómo relacionar el conocimiento abstracto que aprenden en las sesiones de conferencias con los problemas del mundo real y sus dificultades ; así mismo, esta formación debe permitir a los futuros profesionales desarrollar habilidades de comunicación que emplearán para trabajar en colaboración y habilidades de auto – aprendizaje que puedan utilizar para enfrentar entornos altamente cambiantes y competitivos (Cruz-Martín et al., 2012). Por lo anterior los esfuerzos educativos en la formación de ingenieros deben enfocarse no sólo en la recordación de conceptos, sino también en las habilidades cognitivas de orden superior como es la aplicación, análisis, evaluación, síntesis, comunicación y auto-aprendizaje.

Sin embargo traer la práctica profesional al aula es una tarea difícil, por lo que frecuentemente los futuros ingenieros carecen de formación práctica con escenarios de la vida real (Calderón & Ruiz, 2015). En consecuencia en el entorno laboral existe una insatisfacción con el nivel de preparación que poseen los recién graduados universitarios (Callahan y Pedigo, 2002, McMillan y Rajaprabhakaran, 1999; Regnell, 1999). Esta frustración es comprensible pues para que un graduado sea productivo en un entorno industrial, la organización que lo contrata debe complementar su educación universitaria con una amplia capacitación y preparación en el trabajo que le proporciona las habilidades y conocimientos de los cuales carece (Conn, 2002); no obstante, mientras los recién profesionales desarrollan las competencias requeridas, pueden llegar a tomar decisiones incorrectas que conduzcan a proyectos fallidos o a la pérdida de beneficios para la empresa (Baker, Navarro, & Van Der Hoek, 2005)

En los últimos años, diferentes investigadores han dedicado sus esfuerzos a mitigar este problema, ideando nuevas formas de enseñar las temáticas de ingeniería relacionadas con herramientas computacionales (Hayes, 2002; Dawson, 2000). En este orden se pueden mencionar proyectos de investigación enfocados en el empleo de diferentes instrumentos pedagógicos como son los cuentos educativos, los casos de estudio, el software y la herramienta lúdica (Chlund & Toase, 2002; Coller & Scott, 2009; Cruz-Martín et al., 2012; Enns, 2008; Rahman, Mazlan, & Woei, 2013; Varma & Garg, 2005) donde se expone que al involucrar al estudiante en escenarios creativos de aprendizaje se permite que este no sólo se preocupe por la escritura de comandos y sintaxis desconocida, sino que se interese en las causas y consecuencias que traen su utilización (Rahman et al., 2013), así mismo, estas experiencias reportan el alcance de un aprendizaje profundo y más significativo (Smith et al., 2005). Es de resalta que todos los

diferentes enfoques comparten el mismo objetivo: superar la desconexión entre la teoría y la práctica (Baker et al., 2005).

No obstante aun cuando ciertamente se empieza a generar una mejora con respecto a los proyectos de clase tradicionales, las limitaciones impuestas por el entorno académico (tiempo limitado y un enfoque dominante en los resultados en lugar del proceso utilizado para crearlos) siguen causándose y evitando que muchas de las cuestiones presentes en el mundo real sean experimentadas (Cruz-Martín et al., 2012). Además la mayoría de las herramientas pedagógicas planteadas frecuentemente no son flexibles, tienen un alcance muy específico, llegan a ser costosas y de difícil implementación en el aula de clase (Calderón & Ruiz, 2015)

La situación previamente descrita no es ajena al contexto nacional, por lo anterior diferentes propuestas pedagógicas han surgido, en especial desde la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira, donde nace el grupo GEIO que buscando responder a las inquietudes planteadas ha desarrollado por más de quince años escenarios lúdicos con los cuales facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje relacionado con temáticas de ingeniería industrial. Sin embargo desde el grupo se reconoció la ausencia de herramientas pedagógicas para soportar el proceso educativo concerniente a la simulación discreta, donde se conjugan temáticas de investigación de operaciones y estadísticas con herramientas computacionales (Wu & Yan, 2008); por lo anterior, se desarrolló el presente trabajo de investigación que buscó aportar un conjunto de herramientas pedagógicas para la enseñanza de la simulación discreta, a partir de su metodología de enseñanza – aprendizaje y el empleo del software PROMODEL™; de esta manera apoyar la creación de entornos de aprendizaje lúdicos que expongan y preparen a los estudiantes para los problemas y desafíos del mundo profesional de una manera proactiva y eficaz.

1.7. Beneficios que conlleva

Se espera que los insumos alcanzados con esta investigación robustezcan los trabajos realizados por el grupo GEIO, además, de que los resultados puedan ser punto de partida para futuros proyectos. De esta forma, aportar al fortalecimiento del grupo de investigación y su labor diaria.

Igualmente se busca generar una herramienta pedagógica que brinde a los estudiantes mayor facilidad para la interiorización de conceptos claves de la simulación discreta. También, se pretende que parte de los insumos de este proyecto faciliten la conducción de procesos de enseñanza–aprendizaje

relacionadas con el área de simulación discreta empleando el software PROMODEL™

Por último, con el desarrollo de este proyecto se desea aportar al fortalecimiento de las investigaciones sobre educación en ingeniería que se llevan a cabo en el país; de esta forma cooperar al mejoramiento del nivel educativo universitario, el desarrollo de la industria y la sociedad misma.

1.8. Limitaciones Previsibles

- El acceso restringido que los centros universitarios tiene sobre las unidades temáticas de las asignaturas que dictan.
- La difícil adquisición de cierta bibliografía, que para la ejecución del proyecto podría ser de interés.
- Limitado presupuesto asignado para el proyecto

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. Marco Teórico

A continuación se presenta la revisión del estado del arte realizada para la ejecución de este proyecto. Este proceso tuvo los siguientes enfoques:

1. Identificar cuáles son las herramientas pedagógicas que actualmente se emplean para conducir procesos de enseñanza – aprendizaje sobre investigación de operaciones y estadística empleando elementos computacionales. Igualmente, revisar qué enfoque tienen estas herramientas, sus ventajas y puntos de apalancamiento.
2. Realizar una breve descripción de la importancia de la simulación discreta como instrumento en la toma de decisiones, además, señalar sus bondades y aplicaciones.
3. Reconocer la historia del software de simulación, estructura del software PROMODEL™ y sus comandos básicos.

2.1.1. Herramientas pedagógicas para conducir procesos de enseñanza – aprendizaje sobre investigación de operaciones y estadística empleando elementos computacionales

Los documentos analizados fueron obtenidos de la Base de Datos Scopus, se empleó como ecuación de búsqueda: (teaching) AND (operations research) AND (programming) AND ((college) OR (university)) en el título, abstract y/o palabras claves del artículo.

Inicialmente se obtuvieron 44 documentos como resultado, por lo anterior, se empleó el filtro *Relevance* ofrecido por la Base Datos y solo se tuvieron en cuenta documentos publicados desde el 2000, por lo que la población de documentos se redujo a 31. Se realizó la lectura del abstract de estos artículos y se encontró que sólo 28 de ellos trataban sobre el desarrollo, aplicación o fundamentación teórica de herramientas pedagógicas para la conducción de proceso de enseñanza de investigación de operaciones y estadística empleando elementos computacionales. Se realizó la búsqueda de los artículos pre seleccionados, no obstante, sólo se pudo adquirir 26 de ellos.

De esta forma, se dispuso a la lectura y análisis de cada artículo obtenido de la siguiente forma:

- Se realiza una primera lectura para rectificar que fuera relevante bajo los parámetros de la investigación

- Se desarrolla una búsqueda dentro del artículo para identificar año de publicación, tipo de documento, lugar de divulgación, país en el que se desarrolló el trabajo e institución asociada al mismo.
- Se genera una tercera lectura con la que se busca identificar características de la herramienta pedagógica tratada.

De esta forma si era un artículo que exponía resultados de una investigación, se capturaron datos sobre tipo de muestra empleada para realizar el experimento, tipo de instrumento de validación y hallazgos señalados.

Por el contrario, si era un artículo que realizaba una caracterización conceptual de la herramienta pedagógica se identificaron ventajas y puntos de apalancamiento señalados y aplicaciones relevantes.

A continuación se presentan datos recopilados que son de interés para la ejecución del proyecto.

De los documentos analizados se encontró que el país donde más se llevan a cabo este tipo de investigaciones es Estados Unidos, pues once de los artículos revisados fueron ejecutados allí. El segundo país más representativo es España con una participación del 19%. También es relevante mencionar que Malasia e India fueron países ejecutores del 16% de los documentos analizados.

Tabla 1 Análisis de artículos por países

País	Cantidad	%
Estados Unidos de América	11	42%
España	5	19%
Malasia	2	8%
India	2	8%
México	1	4%
Brasil	1	4%
Turquía	1	4%
Canadá	1	4%
Australia	1	4%
Colombia	1	4%
Total	26	100%

Fuente: Autora

Igualmente, se identificaron las instituciones asociadas a los documentos estudiados. A continuación se muestran los Centro Académicos referentes a los cuatro países con mayor número de trabajos analizados.

Tabla 2 Análisis de artículos por centros académicos

País	Centro Académico
Estados Unidos de América	College de Administración de Negocio Carnegie Mellon
	Universidad del Estado de Wayne
	Universidad Northwestern
	Universidad Cornell
	Universidad del Norte de Illinois
	Universidad de California
	Virginia Tech
	Universidad de Georgia
	Instituto Tecnológico de Massachusetts
	Universidad de Louisville
España	Universidad de Sevilla
	Universidad de Málaga
	Universidad Pompeu Fabra
	Universidad de Valencia
Malasia	Universidad Multimedia
India	Instituto Internacional de Tecnología de la Información

Fuente: Autora

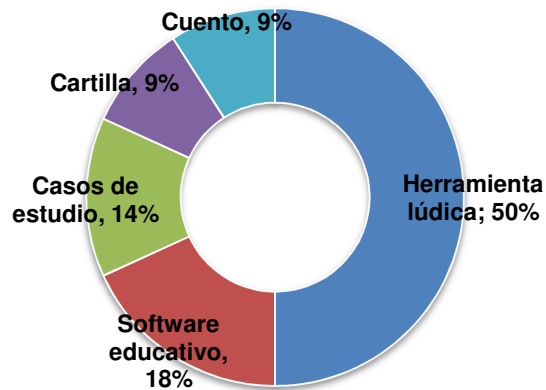
Así mismo, se identificó que 77% de los documentos analizados son artículos resultados de un proceso de investigación, los restantes presentan conceptos, ventajas y puntos de apalancamiento de herramientas pedagógicas.

Al extraer el medio de divulgación de los documentos analizados, se encontró que dos de ellos fueron expuestos en la Conferencia Internacional de Educación y Mantenimiento de Ingeniería de Software; además las revistas que más se emplearon para publicar los documentos estudiados son: INFORMS Transactions on Education, Computers & Education y British Journal of Educational Technology. Igualmente se halló que 22 de los documentos son artículos publicados en revistas de carácter científico, los restante son trabajos de conferencias o congresos.

Al estudiar los artículos resultados de un proceso investigativo, se identificó que la herramienta pedagógica que más se emplea o indaga es la herramienta lúdica, seguido del software educativo, los casos prácticos y por último los cuentos y cartillas. (Ver Figura 1 Herramientas Pedagógicas encontradas).

A continuación se presentan las definiciones, ventajas, puntos de apalancamiento y algunos ejemplos documentados de las herramientas pedagógicas identificadas.

Figura 1 Herramientas Pedagógicas encontradas



Fuente: Autora

a. Cuento

Los cuentos, como toda obra literaria, son en sí mismos educativos por las características que poseen como su brevedad, primacía en la trama para la transmisión de conocimientos y el uso de un lenguaje sencillo (García Velasco, 2005). Lo anterior se complementa porque el cuento fomenta la comunicación entre el alumno y el maestro, lo que facilita el proceso de enseñanza – aprendizaje (Péres, Pérez, & Sánchez, 2013). Sumado a esto, el cuento emplea la imagen, fragmentación en secuencias cortas o los recursos de repetición de frases para facilitar la lectura autónoma; convirtiendo al cuento en una herramienta pedagógica que permite al estudiante la construcción de su propio conocimiento (Colomer, 2005).

No obstante, cualquier cuento no es apropiado, por lo que el docente ha de tener la capacidad de elegir el más conveniente para aquello que desea trabajar (Péres et al., 2013). Además al momento de aplicarlo, el maestro debe tener en cuenta que la conducción del mismo está dado por las siguiente fases (González Gil, 1986):

- Fase de Comprensión: Es cuando ocurre la presentación del cuento, la lectura del mismo, ya sea por parte del docente, los estudiantes o un conjunto de estos con el apoyo de recursos externos como grabadoras, diapositivas o medios audiovisuales. Así mismo, en esta etapa se realiza el análisis de la lectura a través de preguntas, cuestionarios y/o conversatorios sobre el cuento.

En esta fase es cuando el estudiante reconoce los nuevos conceptos, por ende, se recomienda que sea este el actor principal de la lectura del texto ya que esto le facilita su futura interpretación e interiorización.

- Fase de producción: Es cuando el alumno interpreta los conocimientos adquiridos para apropiárselos a través de la ejecución de actividades propuestas por el docente o por el mismo estudiante, cuando este es proactivo y altamente autónomo en su proceso de formación.

El tipo de actividades que se pueden desarrollar en esta fase están atadas a la imaginación de la persona que las plantee. Algunas actividades que se recomiendan son: i) generar textos resúmenes de la lectura realizada, ii) construir esquemas que sinteticen el cuento, iii) realizar representaciones teatral o audiovisual, iv) redactar un cuento que se asemeje al estudiado.

Al analizar el empleo del cuento como herramienta pedagógica para conducir procesos de enseñanza – aprendizaje sobre investigación de operaciones y estadística empleando elementos computacionales, se encuentra que este es usado para hacer la introducción de conceptos o tomado como punto de partida para el planteamiento de modelos computacionales; como ejemplo de lo anterior se encuentra:

- Folktales (Tunku, Rahman, & Long, 2015): Herramienta pedagógica en la que se plantea la lectura de cuentos tradicionales con el fin de extraer información, relaciones que establecen los personajes y situaciones que luego son modeladas mediante programación por objetos.

Esta propuesta educativa fue aplicada a un grupo de estudiantes de segundo año de Ingeniería de Software de la Universidad Multimedia (Malasia). El experimento fue validado mediante una serie de entrevistas que fueron aplicadas a los estudiantes involucrados, con lo que se pudo concluir que este instrumento pedagógico brinda un escenario divertido para conducir el proceso de enseñanza, además, que facilita a los estudiantes reconocer los ambientes que deben simular, pues son situaciones que conocen desde su infancia.

- Alice 2.3 (Rahman et al., 2013): En esta propuesta se establece, primero, una lectura grupal del cuento clásico “*Alicia en el país de las maravillas*” con el fin de identificar las escenas, relaciones y comportamientos más relevantes en la historia; después, se asigna a un estudiante un escenario identificado para que este realice una simulación en un software 3D de la situación propuesta.

Esta herramienta fue empleada para conducir un curso de simulación gráfica. Al final del experimento se aplicó un cuestionario a los estudiantes involucrados, con lo que se concluyó que la propuesta facilita el proceso de enseñanza – aprendizaje al estudiante, pues este interactuó con escenarios sencillos y previamente conocidos.

b. Cartilla

El Diccionario de Pedagogía y Psicología define una cartilla educativa como un *“instrumento didáctico que ayuda al profesor a orientar su clase activamente, de manera, que los conocimientos que se anuncian para los estudiantes les sirvan para resolver los problemas de la vida real”* (Raynal & Rieunier, 2010). De esta forma la cartilla es una guía planeada en función de una estructura pedagógica y didáctica, que integra conocimientos previos con los que se espera sean alcanzados mediante el desarrollo de actividades propuesta dentro de la cartilla (L. G. M. Mejía, 2013).

Por lo anterior, esta herramienta se presenta como el material completo de un curso o asignatura, sin olvidar que esta debe ser aunado a un espacio de interacción social, en donde los estudiantes dialoguen con el docente los contenidos propuestos (Medina Rivilla, Salvador Mata, & Arroyo González, 2009). Además, la cartilla facilita el estudio independiente de cada alumno, al señalar previamente un cronograma de trabajo y objetivos a alcanzar, con lo que el estudiante puede estructurar su método de aprendizaje siempre tomando en cuenta las indicaciones que la herramienta brinda sobre lecturas, proyectos e indicadores que se medirán en un tiempo determinado (L. G. M. Mejía, 2013). Así mismo la cartilla facilita la labor docente, en la medida que es una guía para la conducción de las clases y una herramienta a la que el estudiante puede acudir al momento de realizar el proceso evaluativo. No obstante, el éxito de la cartilla como herramienta pedagógica está en su planeación y construcción, con el fin de que esta abarque la interdisciplinariedad exigida por la rama de conocimiento que se esté exponiendo (Medina Rivilla et al., 2009).

Al buscar dentro de los artículos analizados, se encontró que dos de ellos trabajan la cartilla como herramienta pedagógica de la siguiente forma:

- Software Change (Rajlich, 2010): Se presenta una cartilla para la conducción de clases de programación, esta herramienta se enfoca en responder a las diferentes etapas (Inicio - Concepto de locación - Análisis del impacto - Actualización - Desarrollo del producto - Verificación - Conclusión) por las cuales debe pasar el estudiante para alcanzar los objetivos propuestos. Se caracteriza porque cada etapa tiene una fase inicial donde se exponen conceptos teóricos, luego se plantean ejercicios para que individualmente el estudiante los desarrolle y por último, se propone un proyecto a ejecutar con ayuda del docente.

Esta herramienta fue aplicada a estudiantes de tercer año de Ingeniería de Sistemas, que cursaban una asignatura de programación. El instrumento se validó al comparar las notas académicas obtenidas por el grupo de control, frente a otros que tomaron el mismo curso; se encontró que el nivel académico del grupo de control fue mayor a los otros.

- Cartilla diseñada por Alpers & Trotter (2009): Los autores proponen una guía didáctica para conducir la asignatura de programación discreta, abarcando temáticas de ruteo y algoritmos exactos de solución. La cartilla realiza una introducción teórica, luego propone una serie de ejercicios. Esta herramienta fue aplicada en un curso de 15 estudiantes de primer año de Ingeniería Industrial. El experimento fue validado mediante entrevistas que se hicieron a los alumnos que participaron, lo que permitió concluir que la cartilla educativa propuesta facilitó al estudiante evidenciar la importancia de las temáticas expuestas.

c. Casos de Estudio

Un caso de estudio se define como una investigación sistemática de un evento o un conjunto de eventos relacionados que tiene por objeto describir y explicar el fenómeno de interés (Kitchenham, Pickard, & Pfleeger, 1995), así mismo, es una adecuada herramienta si se quiere exponer una situación particular de una temática, pero no es apropiada para dar a conocer la generalidad de un concepto, ya que es un instrumentos que es altamente aplicable en contextos reales donde las diferentes variables y complejidad del sistema, dificultan dar juicios de valores de carácter general (Varma & Garg, 2005). Así mismo, los casos de estudio sirven como un medio para documentar el aprendizaje de proyectos reales con lo que otros puedan aprender sin tener que pasar por una experiencia determinada (Mcloughlin & Luca, 2001).

Igualmente, aunque planear un caso de estudio representa un tarea sencilla para el docente, se establece que este debe tener en cuenta (Kitchenham et al., 1995):

- Definir la hipótesis: Establecer cuáles son las variables que deben o no afectar pregunta que se va a plantear al estudiante. De esta manera entre más claro sea para el docente el alcance de la hipótesis, más claro será para el alumno la recolección e interpretación de información.
- Seleccionar los proyectos piloto: Se refiere a determinar correctamente las situaciones donde se plantearán las hipótesis que el estudiante debe resolver, ya que estas situaciones deben permitir al alumno reconocer la integralidad de los conceptos expuestos y proporcionar de forma sencilla la información que se requiera.
- Esclarecer el método de evaluación: Determinar cuál va a ser la medida que el estudiante puede utilizar para saber si la propuesta que surja del análisis de la información obtenida, es adecuada o no.
- Minimizar los factores de confusión: Para que el caso de estudio sea una herramienta pedagógica efectiva, exige al docente un acompañamiento continuo al proceso que el estudiante efectuó.

De esta forma casi todos los casos de estudio terminan en un desafío para el estudiante, que debe emplear sus habilidades, conocimientos, herramientas y técnicas para resolverlo; lo que permite al alumno tener una experiencia de cómo

resolver dificultades que se le presenten en un futuro desde su rol profesional (Varma & Garg, 2005). Por lo anterior, los casos de estudio pueden ser realmente efectivos si se emplean junto a otras herramientas pedagógicas que faciliten el aprendizaje autónomo y permitan evidenciar cómo conceptos teóricos pueden ser aplicables en contextos reales (Garg & Varma, 2007).

Dentro de los artículos analizados se encontró que tres de ellos presentan experiencias, resultados y/o hallazgos del uso de los casos de estudio para conducir procesos de enseñanza – aprendizaje sobre investigación de operaciones y estadística empleando elementos computacionales. El detalle de estos artículos se muestra en la Tabla 3 Análisis de casos de estudios documentados

d. Software educativo

El software educativo es una tecnología multimedia basada en computadora para servir a la educación, esta herramienta ha tenido una demanda creciente a partir del desarrollo de la tecnología informática y de red (Zhang, 2012). No obstante, a diferencia de la mayoría del software, el software educativo tiene características únicas, pues para su desarrollo y aplicación se deben tomar en cuenta aspectos de la educación, la psicología, el conocimiento profesional y la tecnología informática, por lo anterior, se puede decir que el software educativo está diseñado según unos objetivos de enseñanza y teoría del aprendizaje (Bayram, Education, Technologies, & Nous, 2004).

Al ser el planteamiento y diseño de un software educativo un tema donde convergen diversas áreas del conocimiento, se han desarrollado diferentes metodologías; no obstante el proceso general que se debe cumplir para el desarrollo de esta herramienta es (Fang, Liu, & Liu, 2011):

- Realizar el análisis de las temáticas que se desea abordar en el software, desde la perspectiva pedagógica; de esta forma, garantizar que el proceso educativo que se conduzca con el empleo del software alcance los objetivos propuestos
- Generar un diseño que busque responder a cómo emplear las características computacionales a las necesidades psicológicas del usuario final
- Hacer un estudio de la estructura interna del software, para que este sea eficiente en términos computacionales
- Tomar en cuenta que el software a diseñar debe ser flexible y responder a las diversas necesidades de la población objetivo.

Lo anterior hace que el desarrollo de un software educativo exija al docente planeación y resulte costoso; sin embargo, este es un tema necesario a tratar pues la ingeniería de software educativo genera ambientes en los cuales el estudiante puede interactuar con herramientas computacionales y aplicar los conocimientos aprendidos de manera autónoma, es una herramienta que permite al alumno ser el constructor de su propio conocimiento (Fang et al., 2011).

Tabla 3 Análisis de casos de estudios documentados

Referencia	Descripción	Tema expuesto	Muestra	Instrumento de validación	Resultados
(Garg & Varma, 2007)	Se propone al estudiante hallar lo mejor forma para realizar el cronograma de distribución de recursos de una empresa manufacturera, a lo largo de un periodo de trabajo, siempre respetando una serie de restricciones y condiciones iniciales	Modelado de sistemas en ambientes complejos	Curso de 186 estudiantes de Ingeniería de Software	Cuestionario	Facilita comprensión de conceptos de programación
					Mejora habilidad de comunicación
					Facilita habilidad de análisis crítico
					Permite aplicar destrezas obtenidas previamente
					Facilita obtener visión holística del contexto
(Evans, 2000)	Se propone el empleo de programación de hojas de Excel para la enseñanza de conceptos de generadores de números aleatorios, se presentan diferentes situaciones en las que el estudiante debe emplear la temática expuesta para hallar las respuestas	Generación de Números Aleatorios	Curso de segundo semestre de Ingeniería	Comparación de las notas obtenidas entre el grupo de control y otros a los cuales no se les aplicó la herramienta	Se encuentra que las medidas académicas del grupo de control fueron mejores
(Muñuzuri et al., 2016)	Curso donde la primera semana se hace la exposición teórica del concepto, después se plantea un caso a resolver y se da un plazo de tres semanas para generar una propuesta sobre cual metodología matemática es la adecuada	Optimización	Curso de Ingeniería de tercer año que tomo la clase de optimización	Entrevista	Los estudiantes expusieron que el proceso educativo fue más divertido y satisfactorio que otros previamente experimentados
					La herramienta permite aplicar conceptos teóricos en situaciones prácticas

Fuente: Autora

A partir de los artículos analizados, se encontró que cuatro de ellos recopilaban información sobre la aplicación y resultados de haber empleado esta herramienta educativa para conducir procesos de enseñanza – aprendizaje sobre investigación de operaciones y estadística empleando elementos computacionales. A continuación se hace una breve descripción de cada una de las herramientas documentadas y estudiadas.

- VisAr3D (Rodrigues & Werner, 2011): Herramienta que busca proveer al usuario la habilidad de manipular y analizar una gran cantidad de datos desde diferentes perspectivas por medio de una experiencia atractiva. De esta forma, el estudiante primero visualiza diferentes representaciones en 3D de los datos de interés, para, luego, construir sus propios diagramas.
- NIU-Torcs (Coller & Scott, 2009): El estudiante se involucra en un simulación que le propone diferentes desafíos, que sólo pueden superarse si, en un tiempo determinado, se responden correctamente problemas relacionados con la asignatura de métodos numéricos. Lo anterior, bajo una misma línea de tiempo donde el participante puede vivir diferentes posturas y emociones, así experimentar cuál comportamiento le permite llegar con mayor facilidad al final de la simulación.
- Personal Portafolio Optimizer (Ragsdale, 2001): Software que permite al estudiante diseñar herramientas de optimización para la adecuada administración de ciertos recursos limitados. La herramienta presenta diferentes escenarios, lo que brinda diversidad a las decisiones que el alumno puede tomar.
- The Mexico-China Sourcing Game (Allon & Van Mieghem, 2010): Juego computacional que consiste en llevar un barco de México a China, cumpliendo una serie de restricciones y buscando obtener las mayores ganancias al final.

Así mismo de los artículos analizados, se extrajo cierta información relevante sobre la aplicación y desarrollo de la herramienta computacional propuesta.

Tabla 4 Análisis software educativo encontrado

Referencia	Nombre Herramienta	Muestra	Instrumento de Validación	Resultados
(Rodrigues & Werner, 2011)	VisAr3D	Curso de tercer año de Ingeniería de Software	Cuestionario	La herramienta permite visualizar las diferentes interrelaciones que existe en el sistema de estudio, además, es sencilla de emplear
(Coller & Scott, 2009)	NIU-Torcs	Curso de 23 estudiantes del pregrado de Ingeniería Mecánica	Evaluación	La herramienta facilita aplicar conceptos teóricos en situaciones prácticas Permite evidenciar la utilidad de conceptos aprendidos

Referencia	Nombre Herramienta	Muestra	Instrumento de Validación	Resultados
(Cagiltay, 2007)	Personal Portafolio Optimizer	Curso de 20 estudiantes con poca experiencia en el empleo de software que tomaron curso de administración de operaciones	Cuestionario	La herramienta permite evidenciar la importancia de conceptos aprendidos
				El software cumple los objetivos pedagógicos
(Allon & Van Mieghem, 2010)	The Mexico-China Sourcing Game	Curso de 20 estudiantes de investigación de operaciones	Entrevista	La herramienta permite aplicar los conceptos previamente aprendidos

Fuente: Autora

e. Herramienta Lúdica

La herramienta lúdica es una alternativa de enseñanza – aprendizaje que busca traer contextos reales al salón de clases; así mismo, suele contar con diversos recursos educativos sin perder flexibilidad en su estructura, pues se enfocan en generar el aprendizaje mediante analogías de la realidad de interés; de esta forma, se facilita observar, representar o asumir una situación sin incurrir en riesgos o percances para el estudiante (Flechsig & Schiefekbein, 2006).

No obstante durante años las herramientas lúdicas no fueron incorporadas para soportar procesos de enseñanza complejos puestos que eran vistos como juegos “poco realistas”, es decir, no tenían el soporte científico suficiente para ser empleados en la capacitación de estudiantes universitarios (Trick, 2001). Hoy en día son una de las herramientas pedagógicas más desarrolladas por los maestros, que han encontrado como los expresa Sniedovich (2002) que *“...los juegos educativos siempre han tenido una vaga descripción, pues estos se encuentran y pueden aplicar en cualquier ambiente, siempre que se logre a través de estos la comprensión de un alguna temática sin llegar a situaciones de estrés”*.

De esta forma, se presenta que las herramientas lúdicas facilitan la labor docente en la medida que permiten crear simulaciones en las cuales el estudiante puede ver e interactuar con los elementos del entorno que debe llegar a comprender para adquirir un concepto en específico (García Molina, 2015). Sin embargo se encuentra que este tipo de herramientas pueden ser poco apropiadas cuando se tratan temáticas densas como el desarrollo de heurísticas o el planteamiento de detallado de un concepto, por lo que diversos autores declaran que las herramientas lúdicas llegan a ser efectivas cuando: i) son usadas con moderación, ii) planeadas con antelación, iii) aplicadas de forma integrada con otras herramientas clásicas como las prácticas de laboratorio y clases magistrales, además, iv) se aplican en situaciones estratégicas; pues de lo contrario son vistas como un instrumento que entorpece el proceso de enseñanza – aprendizaje (Chlund & Toase, 2002).

Respecto al empleo de herramientas pedagógicas en procesos de enseñanza – aprendizaje sobre investigación de operaciones y estadística empleando

elementos computacionales, se identifica que la herramienta lúdica puede ser beneficiosas en la medida que (Sniedovich, 2002):

- Facilita el desarrollo de modelos matemáticos, pues brinda al estudiante contextos reales que puede vivenciar cuantas veces les sea posible con el fin de identificar relaciones difíciles de comprender de forma verbal.
- Las situaciones que se pueden simular a través de la herramienta lúdica permiten que el estudiante por sí mismo analice el sistema complejo, en la medida que este hace parte de la simulación o puede llegar a cambiar parámetros de la misma de forma fácil. De esta forma, el estudiante se apropia de conocimiento sencillo que, luego, puede llevar a otros contextos.
- Es una forma sencilla de aplicar la lógica de un algoritmo o procedimiento matemático complejo, al ser una analogía sencilla de un entorno específico.
- Representa un instrumento útil y divertido para comprobar diversos procedimientos de optimización matemática que se quieran analizar
- Permite al estudiante reconocer comportamientos imprevistos del sistema de interés
- No tiene las restricciones de capacidad que un paquete computacional puede presentar, ya que estos últimos están diseñados para representar una serie de escenarios posibles, cuando por el contrario, la herramienta lúdica al ser de carácter flexible permite construir infinidad de situaciones.

Dentro de los artículos analizados se encontró que diez de ellos presentan experiencias, resultados y/o hallazgos del uso de la herramienta lúdica para conducir procesos de enseñanza – aprendizaje sobre investigación de operaciones y estadística empleando elementos computacionales. En estas investigaciones se plantea la aplicación de la herramienta lúdica para reconocer conceptos de lógica de programación, administración de recursos, teoría de restricciones, programación entera, entre otras temáticas (Ver Las herramientas lúdicas señaladas en los artículos analizados, se describen a continuación:

- Adaptación LEGO Mindstorns NXT (Cruz-Martín et al., 2012): Los autores realizan modificaciones al paquete robótico presentado por la empresa LEGO Mindstorns NXT, de esta forma, diseñan una nueva versión del sistema que ofrece al estudiante cuatro proyectos que deben resolverse mediante conceptos de sistemas de control y administración de bases de datos. Para la ejecución de cada tarea, el estudiante debe experimentar diferentes opciones de solución, hasta hallar aquella que brinde el menor tiempo de computación.

Tabla 5 Temáticas tratadas en herramientas lúdicas analizadas).

Las herramientas lúdicas señaladas en los artículos analizados, se describen a continuación:

- Adaptación LEGO Mindstorms NXT (Cruz-Martín et al., 2012): Los autores realizan modificaciones al paquete robótico presentado por la empresa LEGO Mindstorms NXT, de esta forma, diseñan una nueva versión del sistema que ofrece al estudiante cuatro proyectos que deben resolverse mediante conceptos de sistemas de control y administración de bases de datos. Para la ejecución de cada tarea, el estudiante debe experimentar diferentes opciones de solución, hasta hallar aquella que brinde el menor tiempo de computación.

Tabla 5 Temáticas tratadas en herramientas lúdicas analizadas

Temática	Referencia
Lógica de Programación	(DePuy & Taylor, 2007)
Proceso de Ingeniería de software	(Baker et al., 2005)
Programación Dinámica	(Garg & Varma, 2007)
Administración de Ingresos	(Talluri, 2009)
Administración de la Cadena de Suministros	(Cox III & Walker II, 2006)
Diseño de Experimentos	(Enns, 2008)
Programación Entera	(Trick, 2004)
Administración de Bases de Datos	(Cruz-Martín et al., 2012)
Teoría de Restricciones	(Marín-González, Montes-de la-Barrera, Hernández-Riaño, & López-Pereira, 2010)
Programación Lineal Mixta	(Dunning et al., 2015)

Fuente: Autora

- Problems and Programmers (Baker et al., 2005): Juego de cartas donde las acciones del participante son recompensadas o castigadas en relación a las respuestas que este dé a problemáticas que deben ser resueltas mediante conceptos de Ingeniería de Software.
- Lúdica TOC (Marín-González et al., 2010): Herramienta lúdica que consiste en recrear un escenario productivo donde se deben aplicar temáticas de Teoría de Restricciones para conseguir la manufactura del producto propuesto.
- Software Tool for Operation Research (Dunning et al., 2015): Actividad en la cual el estudiante debe tomar un rol dentro de la simulación de la ejecución de un proyecto de software, de esta forma, proponer cuál debe ser la metodología a seguir con el fin de que el proyecto a ejecutar alcance mayores ingresos.
- The Customer Valuations Game (Talluri, 2009): Permite vivenciar al estudiante el flujo de llegadas de clientes y decisiones de compra que un

empresario debe tomar. Se propone al participante plantear el algoritmo a través del cual se alcance mayores ingresos bajo un sistema de control de venta de cantidad fija en una ventana de tiempo.

- The Craker Barrel Peg Game (DePuy & Taylor, 2007): Juego de mesa que consiste en una serie de tornillos ubicados en posiciones específicas, se le propone al estudiante realizar la mínima cantidad de movimientos de tornillos para liberar ciertas posiciones.
- Sport Scheduling (Trick, 2004): Se divide al salón de clase en grupos, que representan equipos de baloncesto, y se plantea que se debe organizar el calendario de la próxima temporada de juego, a partir del empleo de una Hoja en Excel y los resultados aleatorios que se obtengan en los partidos.
- The Rush Hour Problem (DePuy & Taylor, 2007): Se presenta un tablero que en uno de sus espacios tiene un coche, se propone al estudiante que a partir de ciertas restricciones y condiciones iniciales logre liberar el automóvil con el menor número de movimientos.
- The Poker Chip Game (Cox III & Walker II, 2006): Se expone un juego de póker donde cada participante debe plantear una estrategia a través de la cual al final de la partida logre cierto puntaje.
- Spreadsheet-Bsed Tool (Enns, 2008): Con la ayuda de una hoja de Excel programada, se evidencian las relaciones cuantitativas que existen en un modelo de una línea de producción; de esta forma, el estudiante puede comprender las conexiones de los diferentes elementos y cuáles podrían ser los cambios oportunos para mejorar el sistema.

Igualmente se presenta, un resumen de las características de la muestra a la que se aplicó la herramienta lúdica expuesta en los artículos analizados, los instrumentos de validación empleados y resultados encontrados (Ver Tabla 6 Resumen característica de muestra, instrumento de validación y resultados alcanzados de herramientas lúdicas analizadas)

Tabla 6 Resumen característica de muestra, instrumento de validación y resultados alcanzados de herramientas lúdicas analizadas

Referencia	Nombre de la Herramienta	Características de la muestra	Instrumento de Validación	Resultados
(Cruz-Martín et al., 2012)	Adaptación LEGO Mindstorms NXT	Se aplicó el instrumento lúdico en tres grupos universitarios de ingeniería de ciencias de computación. El experimento tuvo una duración de tres periodos académicos	Evaluación de Expertos	La herramienta propuesta permite evidenciar la temática a abordar
			Encuesta	Los grupos estudiantes comentaron mayor satisfacción y diversión en el proceso educativo
			Evaluación	Se realiza una comparación de las notas obtenidas por los grupos que sufrieron el experimento, con aquellos que no, y se demuestra que las notas del grupo de control son mejores.
(Baker et al., 2005)	Problems and Programmers	Curso de 28 estudiantes que hubieran aprobado el curso de Introducción a la ingeniería de software. Se organizaron aleatoriamente en dos grupos de control.	Cuestionario	Se encuentra que la herramienta propuesta facilita la comprensión de los conceptos de interés
(Marín-González et al., 2010)	Lúdica TOC	Grupo de pregrado Ingeniería Industrial	Evaluación	Se comparan notas obtenidas por el grupo de control y con otros que no hubieran experimentado la herramienta. No se evidencia cambios sustanciales entre las notas obtenidas.
			Evaluación de Expertos	Se concluye que la herramienta brinda versatilidad al proceso educativo
(Dunning et al., 2015)	Software Tool for Operation Research	Curso de 20 estudiantes de ingeniería de sistemas	Cuestionario	Se encuentra que la herramienta propuesta permite evidenciar los conceptos teóricos en situaciones prácticas, además, brinda un escenario divertido a los estudiantes.
(Talluri, 2009)	The customer valuations game	Curso de 20 estudiantes de Ingeniería industrial de primer año que cursaban la asignatura de introducción a la administración de operaciones	Cuestionario	Se evidencia que la propuesta pedagógica permite evidenciar en contextos reales, las temáticas vistas. Además, que facilita a los estudiantes evidenciar la importancia de los conceptos adquiridos.
(DePuy & Taylor, 2007)	The Cracker Barrel Peg Game	Curso de 17 estudiantes de Ingeniería industrial que tomaron asignatura de Investigación de Operaciones	Cuestionario	Se concluyó que la herramienta genera situaciones divertidas para el estudiantes y permitía a este evidenciar la importancia de los conceptos aprendidos
(Trick, 2004)	Sport Scheduling	Curso de 20 estudiantes de la asignatura de Investigación de Operaciones	Entrevista	Los estudiantes reconocen que la herramienta facilita reconocer la utilidad de los conceptos aprendidos
(DePuy & Taylor, 2007)	The Rush Hour Problema	Curso de 11 estudiantes de Ingeniería industrial que tomaron asignatura de Investigación de Operaciones	Cuestionario	Se evidencio que la herramienta da versatilidad al proceso educativo.
(Cox III & Walker II, 2006)	The Poker Chip Game	Curso de 23 estudiantes de introducción a la administración de operaciones	Entrevista	Los estudiantes plantean que la herramienta permite identificar la utilidad de los conceptos aprendidos
(Enns, 2008)	Spreadsheet-Based Tool	Curso de 23 estudiantes de Ingeniería de software	Entrevista	Se concluye que la herramienta facilita aplicar los conceptos teóricos en ambientes prácticos.

Fuente: Autora

Para finalizar el primer enfoque del Marco Teórico, se presenta un cuadro donde se resumen las características de las cuatro herramientas analizadas.

f. Resumen de las características de las herramientas pedagógicas analizadas

Tabla 7 Resumen de definiciones de las herramientas pedagógicas analizadas

Herramienta Pedagógica	Descripción
Cuento	Narración literaria que se caracteriza por su brevedad, primacía en la trama para la transmisión de conocimientos y el uso de un lenguaje sencillo, de esta forma, puede ser empleada para la conducción de procesos educativos ya que fomenta la comunicación entre el docente y el estudiante, además, de emplear elementos como la imagen, fragmentación en secuencias cortas o los recursos de repetición de frases para facilitar la lectura autónoma; convirtiendo al cuento en una herramienta pedagógica que permite al estudiante la construcción de su propio conocimiento (Colomer, 2005; García Velasco, 2005; Péres et al., 2013).
Cartilla	Guía planeada en función de una estructura pedagógica y didáctica, que integra los conocimientos previos y los que se espera sean alcanzados mediante el desarrollo de actividades propuestas dentro de la cartilla, de esta forma, es el material completo de un curso o asignatura, sin olvidar que este debe ser aunado a un espacio de interacción social, en donde los estudiantes dialoguen con el docente los contenidos propuestos (Medina Rivilla et al., 2009; L. G. M. Mejía, 2013; Raynal & Rieunier, 2010)
Casos de estudio	Investigación sistemática de un evento o un conjunto de eventos relacionados que tienen por objeto describir y explicar el fenómeno de interés, así mismo, es una adecuada herramienta si se quiere exponer una situación particular de una temática (Kitchenham et al., 1995; Varma & Garg, 2005)
Software educativo	Tecnología multimedia basada en computadora para servir a la educación, pero que a diferencia de la mayoría de softwares, tiene características únicas, pues para su desarrollo y aplicación se deben tomar en cuenta aspectos de la educación, la psicología, el conocimiento profesional y la tecnología informática, por lo anterior, se puede decir que el software educativo está diseñado según unos objetivos de enseñanza y teoría del aprendizaje (Bayram et al., 2004; Zhang, 2012).
Herramienta lúdica	La herramienta lúdica es una alternativa de enseñanza – aprendizaje que busca traer contextos reales al salón de clases; así mismo, suele contar con diversos recursos educativos sin perder flexibilidad en su estructura, pues se enfocan en generar el aprendizaje mediante analogías de la realidad de interés; de esta forma, se facilita observar, representar o asumir una situación sin incurrir en riesgos o percances para el estudiante (Flehsig & Schiefekbein, 2006).

Fuente: Autora

Tabla 8 Resumen de ventajas - desventajas de herramientas analizadas

Herramienta Pedagógica	Ventaja	Desventaja
Cuento	<ul style="list-style-type: none"> • Es una herramienta que es sencilla de diseñar (González Gil, 1986) • Fomenta la comunicación entre el maestro y el estudiante (Péres et al., 2013) • Es una herramienta que fomenta la construcción del conocimiento por parte del estudiante (Colomer, 2005) 	<ul style="list-style-type: none"> • Exige preparación previa por parte del maestro, ya que no todo cuento es apropiado y es responsabilidad del docente poseer la capacidad de elegir el indicado para la temática a tratar (Péres et al., 2013)
Cartilla	<ul style="list-style-type: none"> • Facilita el estudio independiente de cada alumno, al señalar previamente un cronograma de trabajo y objetivos a alcanzar, con lo que el estudiante puede estructurar su método de 	<ul style="list-style-type: none"> • Exige bastante planeación por parte del docente, con el fin de diseñar una herramienta que abarque la interdisciplinariedad exigida por la rama de conocimiento a exponer

Herramienta Pedagógica	Ventaja	Desventaja
	<p>aprendizaje siempre tomando en cuenta las indicaciones que la cartilla brinda (L. G. M. Mejía, 2013).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suministra al docente una guía para la conducción de las clases (Raynal & Rieunier, 2010) • Es una herramienta a la que el estudiante puede acudir al momento de realizar el proceso evaluativo (Medina Rivilla et al., 2009) 	(Medina Rivilla et al., 2009)
Casos de estudio	<ul style="list-style-type: none"> • Facilita exponer una temática en un ámbito específico (Kitchenham et al., 1995) • Sirve como un medio para documentar el aprendizaje de proyectos reales, así otros puedan aprender sin tener que pasar por la experiencia determinada (McLoughlin & Luca, 2001) • Herramienta sencilla de planear (Kitchenham et al., 1995) • Para el estudiante representan un desafío, para el cual resolver debe emplear habilidades, conocimientos, herramientas y técnicas (Garg & Varma, 2007) 	<ul style="list-style-type: none"> • Herramienta poco apropiada si se quiere generalizar un concepto (Varma & Garg, 2005) • Exige al docente continuo seguimiento del proceso ejecutor que hace el estudiante, con el fin de disminuir los factores que puedan generar confusión (Kitchenham et al., 1995)
Software educativo	<ul style="list-style-type: none"> • Busca que el estudiante interactúe con herramientas computacionales y a su vez aplique conceptos previamente aprendidos, lo que fomenta el aprendizaje autónomo (Fang et al., 2011) 	<ul style="list-style-type: none"> • Su planeación y diseño es complejo, pues para esto se deben tomar diferentes consideraciones, por lo que resulta siendo costoso (Bayram et al., 2004)
Herramienta lúdica	<ul style="list-style-type: none"> • Puede ser aplicada en cualquier ambiente, siempre que se logre con esto evitar situaciones de estrés y la comprensión de un concepto (Sniedovich, 2002) • Facilita la labor docente, al permitir la creación de simulaciones donde el estudiante puede reconocer diferentes relaciones complejas (García Molina, 2015) • Permite al estudiante comprobar diferentes posturas de forma fácil y divertida (Sniedovich, 2002) • No tiene restricciones de capacidad que otros instrumentos pueden poseer, al ser planeados sólo para responder a ciertas situaciones (Sniedovich, 2002) 	<ul style="list-style-type: none"> • Pueden ser vistas como un juego "poco realistas", sin soporte científico para ser empleadas en la formación universitaria (Trick, 2001) • Puede ser una herramienta inapropiada cuando se tratan temáticas densas, por lo que debe ser empleada con moderación, anticipada planeación y de forma integrada con otra herramienta pedagógicas (Chlund & Toase, 2002)

Fuente: Autora

2.1.2. Introducción a la Simulación Discreta como herramienta en la toma de decisiones

Para realizar el segundo enfoque de este marco teórico, se tuvo como fuente bibliográfica (Aracil, 2002; Banks, Nelson, Carson, & Nicol, 2010; J. Soto, 2013).

El presente apartado se divide en:

- ¿Qué es simulación?
- ¿Cuándo es apropiado emplear la simulación?
- Ventajas y desventajas de la simulación
- Áreas de aplicación de la simulación
- Modelando el sistema
- Tipos de modelos
- Simulación de sistemas con eventos discretos

a. ¿Qué es simulación?

Una simulación es una imitación de una operación que ocurre en un proceso real o en un sistema a lo largo del tiempo, ya sea de carácter computacional o manual, la simulación envuelve la generación artificial de la historia de un sistema y la observación de esa historia permite realizar inferencias de las características operacionales del sistema real.

El comportamiento de un sistema a medida que evoluciona en el tiempo se estudia mediante el desarrollo de un modelo de simulación. Este modelo usualmente toma un conjunto de suposiciones concernientes a las operaciones del sistema. Estas suposiciones son expresadas mediante relaciones matemáticas, lógicas y simbólicas entre las entidades u objetos que son de interés dentro del sistema. Una vez desarrollado y validado un modelo, este puede ser empleado para investigar una amplia variedad de posibles escenarios del sistema que representa; de esta forma, cambios potenciales pueden ser, primero, simulados con el fin de predecir el impacto del cambio en el comportamiento del sistema. La simulación también puede ser usada para estudiar unidades en estado de diseño.

Por lo anterior, se expresa que la modelación de sistemas es empleada como una herramienta de análisis para predecir los efectos de cambios en sistemas existentes y como una herramienta de diseño del comportamiento de nuevas unidades que se encuentran bajo diferentes conjuntos de circunstancias.

En algunas otras instancias, un modelo puede ser desarrollado simplemente para hallar una solución bajo métodos matemáticos. Dichas soluciones pueden ser encontradas a través del empleo de cálculo de diferencias, teoría de la

probabilidad, métodos algebraicos u otras técnicas matemáticas. Sin embargo, muchos sistemas reales son demasiado complejos lo que hace casi imposible la modelación de los mismos. En estos casos, la simulación por computador es empleada como una imitación del comportamiento del sistema a lo largo del tiempo.

b. ¿Cuándo es apropiado emplear la simulación?

La disponibilidad de lenguajes de simulación con capacidades de computación masivas a un costo decreciente por operación y los avances en las metodologías de simulación ha hecho de esta una de las herramientas más utilizadas y aceptadas en la investigación de operaciones y el análisis de sistemas.

Las circunstancias en las cuales la simulación es la herramienta más apropiada para ser usada han sido discutidas por muchos autores. A continuación se presentan algunos propósitos donde es empleada:

- La simulación permite el estudio y experimentación con las interacciones internas de un sistema complejo o de un subsistema
- Los cambios informacionales, organizacionales y ambientales pueden ser simulados, y el efecto de estas alteraciones en el comportamiento del modelo pueden ser observadas fácilmente
- El conocimiento adquirido durante el diseño de un modelo de simulación podría ser de gran valor para sugerir mejoras en el sistema bajo investigación
- El cambio de las entradas de simulación y la observación de las salidas resultantes pueden producir información valiosa sobre qué variables son las más importantes y cómo interactúan estas
- La simulación puede ser utilizada como un dispositivo pedagógico para reforzar metodologías de solución analítica
- La simulación se puede utilizar para experimentar con nuevos diseños o políticas antes de la implementación, de esta forma preparase para lo que podría suceder
- Esta herramienta se puede utilizar para verificar soluciones analíticas
- Simular diferentes capacidades de un sistema para determinar los requisitos del mismo, lo que facilita protocolizar su comportamiento
- Los modelos de simulación diseñados para la capacitación hacen posible el aprendizaje, sin el costo e interrupción que implica realizar la instrucción en el trabajo
- La simulación muestra un sistema en funcionamiento, de esta forma, se puede visualizar una estrategia antes de ser ejecutada

- Existen ciertos sistemas complejos que solo pueden estudiarse mediante simulación

No obstante, se recomienda no emplear la simulación cuando:

1. El problema puede ser resuelto a través de una metodología más sencilla, ya sea a través del sentido común o un método analítico
2. Es sencillo realizar los experimentos necesarios directa con el objeto de estudio
3. El costo de la simulación excede las ganancias que esta representa
4. No existen recursos o tiempo para realizar la simulación
5. Si para lograr que la simulación funcione se debe tomar demasiada información y esto representa costos mayores a los esperados
6. Si no existe forma, personal o recursos suficientes para validar el modelo
7. Si el comportamiento a simular es tan complejo que no puede ser definido

c. Ventajas y desventajas de la simulación

La simulación es intuitivamente atractiva para una persona que se vea en la posición de tomar decisiones porque imita lo que ocurre en un sistema real o lo que se percibe, en el caso de un sistema que está en la fase de diseño. De esta forma al plantear un modelo de simulación de un sistema, es posible obtener mayor seguridad a las decisiones que se puedan llegar a tomar.

Además al ejecutar un modelo de simulación permite hacer cambios en los insumos de entrada o en las características del mismo, lo que resulta en un conjunto de escenarios que permiten evaluar cuál podría ser la mejor estrategia a seguir o aplicar, ya sea en un sistema existente o en el diseño de uno.

De esta forma, se listan las ventajas de la simulación:

- Permite explorar nuevas políticas, procedimientos operativos, reglas de decisión, flujos de información, procesos organizacionales, entre otros; sin interrumpir las operaciones del sistema real
- Nuevos diseños físicos, sistemas de transporte, entre otros pueden probarse sin comprometer recursos para su adquisición
- Las hipótesis acerca de cómo o por qué ocurren ciertos fenómenos pueden ser probadas, sin afectar recursos
- El tiempo puede ser comprimido o expandido para permitir una aceleración o desaceleración de los fenómenos bajo investigación
- Se puede obtener información sobre la interacción de las variables

- Facilita obtener información sobre la importancia de las variables, así establecer el desempeño del sistema
- Permite el análisis de situaciones específicas con el fin de identificar procesos con desviación, información errada, entre otros
- Un estudio de simulación puede ayudar a entender cómo funciona el sistema en lugar de como las personas piensan que el sistema funciona
- Se pueden responder preguntas del estilo “¿qué pasa si?”, lo que es muy útil en el diseño de nuevos sistemas

No obstante, la simulación presenta las siguientes desventajas:

- La construcción de modelos requiere un entrenamiento especial. Es una arte que se aprende con el tiempo y experiencia, además, si dos modelos son contruidos por diferentes individuos competentes, podrían tener similitudes, pero es altamente improbable que sean iguales.
- Los resultados de la simulación pueden ser difíciles de interpretar. La mayoría de los resultados son básicamente variables aleatorias, por lo que puede ser difícil distinguir si una observación es el resultado de interrelaciones del sistema u otra causa
- El modelado y análisis de la simulación puede ser lento y costoso
- La simulación no se utiliza en algunos casos cuando es posible o incluso preferible una solución analítica

d. Áreas de aplicación

Las aplicaciones de la simulación son bastantes, una excelente forma para aprender y conocer las últimas tendencias de este tema es *La Conferencia de Invierno sobre Simulación* (WSC por su nombre en inglés) que es el lugar de encuentro de seis sociedades expertas en este tema: i) el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología, ii) la Sociedad Americana de Estadística, iii) Asociación de Computo y Maquinaria, iv) el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, v) el Instituto de Investigación de Operaciones y Ciencias Administrativas y vi) la Sociedad de Simulación Computacional.

Por lo anterior, la recopilación de las áreas y temáticas en las cuales se puede emplear la simulación se obtienen de trabajos publicados por WSC en las páginas www.wintersim.org y www.informs-cs.org/wscpapers.html. A continuación se presentan los resultados:

Aplicaciones en Manufactura

- Modelación dinámica de sistemas de manufactura continua, usando analogías de sistemas eléctricos

- Benchmarking de un modelo de planificación de producción estocástica en un banco de pruebas de simulación
- Reducción del cambio de color de la línea de pintura en el montaje del automóvil
- Modelado para la calidad y productividad en la fabricación de cables de acero
- Análisis compartido de la capacidad de recursos en la fabricación biotecnológica
- Modelo de información neutra para simular operaciones de taller de máquinas

Fabricación de Semi – conductores

- Planificación de la producción de intervalos de tiempo constante con aplicación al control de trabajo en proceso
- Aceleración de los productos con arreglo a las normas de expedición orientadas a la fecha
- Marco de diseño para sistemas automatizados de manipulación de materiales en fábricas de carros
- Aplicación de modelado de herramientas de cluster en una fábrica de fabricación de automóviles
- Simulación basada en la entidad residente de herramientas de la cámara de la hornada en la fabricación de semiconductores

Ingeniería de Construcción y Gestión de Proyectos

- Impacto del sesgo multitarea y de la fusión en la adquisición de equipos complejos
- Aplicación de conceptos y simulación lean para equipos de mantenimiento de operaciones de drenaje
- Construcción de un modelo de tienda virtual para la fabricación de acero
- Simulación de la cadena de suministro de madera para uso residencial

Aplicaciones Militares

- Diseño basado en la frecuencia para la terminación de simulaciones: Un ejemplo de aplicación de la paz
- Un marco multibase para apoyar simulaciones interactivas basadas en los militares en entornos 3
- Especificar el comportamiento de fuerzas generadas por computadora sin programación
- Fidelidad y validez: Aspectos de la representación conductual humana

- Evaluación de los efectos de la tecnología sobre el rendimiento humano mediante el desarrollo y la evaluación del espacio comercial
- Impacto de un sistema automático de logística en el proceso de generación de salidas
- Desarrollo de planes de investigación para modelización y simulación de operaciones militares en terrenos urbanos

Logística, Cadena de Suministro y Distribución

- Análisis de inventario en un entorno de fabricación de equipos de servidor
- Comparación de los métodos de detección de cuello de botella para sistemas AGV
- Simulación de red de suministro de semiconductores
- Análisis de los flujos de pasajeros de salida internacional en una terminal de aeropuerto
- Aplicación de técnicas de simulación discreta a las cadenas de suministro de gas natural líquido

Modos de transporte y tráfico

- Simulación de la absorción del retardo de la aeronave
- Determinación del horario de pista mediante herramientas de optimización
- Simulación de la fusión de autopistas y comportamiento divergente
- Modelado del servicio de ambulancias de la Cruz Roja Austríaca
- Modelado de simulación en apoyo a los bomberos de emergencia en Norfolk
- Modelado de llegadas de buques en los puertos
- Optimización de un sistema de transporte de barcas para la entrega de petróleo
- Optimización iterativa y simulación del tráfico de barcas en una vía navegable

Simulación de procesos empresariales

- Modelado basado en agentes y simulación del rendimiento de la tienda para un precio personalizado
- Visualización de modelos de negocio probabilísticos
- Modelado y simulación de un centro de llamadas telefónicas
- Utilización de la simulación para aproximar subgradientes de medidas convexas de rendimiento en sistemas de servicio
- El papel de la simulación en la detección de equipaje en los aeropuertos
- Simulaciones de riesgo de fatiga humana en operaciones continuas

- Optimización de un sistema de facturación de telecomunicaciones
- Segmentación de la base de clientes para obtener máximos retornos

Ciencias de la Salud

- Modelado de la atención de la oficina y del paciente en servicio ambulatorios de atención de la salud
- Evaluación de las operaciones hospitalarias entre el servicio de urgencias y la telemetría médica
- Estimación de la capacidad máxima en una sala de emergencias
- Reducción de la duración de la estancia en un servicio de urgencias
- Simulación de ideas de mejora de seis sigma para un departamento de ergonomía hospitalaria
- Herramienta basada en la programación de simulación-entero-lineal-programable para programar el personal de la sala de emergencia

Así mismo, se encuentra que la simulación comienza a ser fuertemente empleada para hacer análisis de riesgo en áreas financieras. Otra área creciente es el análisis de los centros de llamadas, donde se pueden evidenciar modelos a partir de teoría de colas. La implementación de la simulación en el diseño de redes y cadenas de suministro está avanzando en la medida que se alcanza un desarrollo de hardware y software que permita una eficiencia computacional.

e. Modelando el sistema

Para modelar un sistema es necesario comprender el concepto de *sistema y límites del mismo*. Por lo anterior, es apropiado establecer que un sistema es un grupo de objetos que están unidos mediante algún tipo de interacción o interdependencia con el fin de alcanzar un objetivo.

Un sistema es comúnmente afectado por factores externos a este, por lo que al modelarlo es muy importante establecer los límites del mismo y ambiente donde este actúa. Esta decisión depende del propósito del estudio.

Igualmente, para comprender el concepto de sistema es necesario definir:

- Entidad: Es uno de los objetos del sistema de interés
- Atributo: Es una característica o propiedad de la entidad
- Actividad: Es una acción que ocurre en un tiempo determinado
- Estado del sistema: Está definido por el conjunto de variables que pertenecen al sistema y en un tiempo determinado definen al sistema
- Evento: Instante de ocurrencia que puede hacer cambiar de estado al sistema

- Evento endógeno: Aquel que ocurre dentro del sistema o causa el comportamiento interno del sistema
- Evento exógeno: Son aquellos factores externos que afectan al sistema

Así mismo los sistemas pueden ser categorizados en discretos o continuos, de la siguiente forma:

- Sistema discreto: Es aquel donde las variables del sistema cambian solo en espacios discretos de tiempo
- Sistema continuo: En este las variables cambian de forma continua a lo largo del tiempo

Al ser un sistema un elemento complejo, es necesario entender las relaciones entre los elementos y conocer cómo ese comportamiento podría ser en un futuro bajo el cambio de una política. Normalmente para estudiar el sistema se realizan experimentaciones en el mismo, no obstante, en ocasiones esto no es posible y en consecuencia los estudios de un sistema están atados al modelamiento del mismo. Pues un modelo es la representación de un sistema al ser una recopilación detallada y simplificada de diferentes aspectos que se desean estudiar de él.

f. Tipos de modelos

Al igual que los sistemas, los modelos pueden ser clasificados como matemáticos o físicos, el primero emplea notación simbólica y ecuaciones matemáticas, además, es el más empleado para realizar modelos de simulación.

Los modelos de simulación pueden clasificarse de la siguiente forma:

Tabla 9 Tipos de modelos

Clasificación		Descripción
Dependiendo del momento del sistema que representen	Discreto	También llamado simulación Monte Carlo, representa al sistema un tiempo particular
	Dinámico	Representa los cambios del sistema a lo largo de un periodo de tiempo
Dependiendo del tipo de variables que emplee	Determinista	Las entradas del modelo son conocidas, por ende las salidas del mismo son únicas
	Estocástico	El modelo tiene una o más variables aleatorias de entrada

Fuente: (Banks, Nelson, Carson, & Nicol, 2010)

g. Simulación de sistemas con eventos discretos

La simulación de sistemas con eventos discretos son aquellos donde las variables de estado cambian de forma discreta en el tiempo. Este tipo de modelos pueden ser analizados con métodos analíticos que se emplean de forma inductiva para analizar el sistema bajo diferentes condiciones; así mismo, se pueden usar métodos numéricos desarrollados computacionalmente.

Sin importar que tipo de método de resolución se emplee, los pasos para establecer un estudio de simulación de un sistema con eventos discretos son:

1. **Formulación del problema:** Todo estudio debe empezar al establecer el problema, pues un claro planteamiento de la situación determina la gestión de la investigación, no obstante, siempre se debe dejar espacio a que la formulación del problema se robustezca en la medida que se conozcan más detalles del sistema.
2. **Planteamiento de objetivos y plan general del proyecto:** Los objetivos indican las preguntas a ser resueltas mediante la simulación, por lo anterior, es el paso donde también se determina la metodología para resolver las inquietudes establecidas. En esta fase se considera relevante tomar en cuenta métodos para evaluar la efectividad de la simulación.
3. **Conceptualización del modelo:** La construcción de un modelo es tanto un arte como una ciencia, pues la efectividad del modelo que se plantee está atada a la habilidad de abstraer los aspectos esenciales del problema, seleccionar y modificar los supuestos básicos del sistema, con el fin de enriquecer el desarrollo del modelo y acercarse de la forma más efectiva a representar el sistema real. Además siempre se debe respetar que la complejidad del modelo planteado, no exceda los recursos que se deban emplear para resolver el mismo. En ocasiones no es necesario obtener un mapa exacto del sistema real, sino la esencia del mismo.
4. **Recolección de información:** Existe un constante trabajo entre la construcción del modelo y la recolección de los datos necesarios como entradas. Pues al cambiar la complejidad de un modelo, cambian los datos necesarios para alimentarlo. Así mismo, recolectar los datos toma la mayor parte del tiempo, es necesario que este proceso comience lo más pronto posible; sin olvidar que los objetivos del estudio ayudan a dictaminar qué tipo de información se debe buscar.
5. **Traducción del modelo:** La mayoría de modelos que representan un sistema real requieren gran cantidad de información, por esto es necesario llevarla a un formato computacional. De esta forma, establecer el lenguaje de simulación que es una herramienta poderosa y flexible que permite reducir el tiempo de desarrollo del modelo.
6. **Verificación:** Se refiere a identificar si el programa computacional está trabajando apropiadamente, además, de que los parámetros de entrada y lógica del modelo funcionen correctamente.
7. **Validación:** Es un proceso de calibración que se consigue mediante experimentaciones iterativas del comportamiento modelo y el sistema de interés. En este punto se pueden hacer mejoras a la simulación, al emplear las discrepancias encontradas entre el sistema y el modelo, para plantear

cambios que permitan que la simulación represente las medidas deseadas del sistema.

8. Diseño de experimento: Se refiere a determinar qué alternativas serán simuladas con la ayuda del modelo, es decir, esclarecer el tiempo de simulación, número de veces que se realizará la simulación, entre otros aspectos.
9. Análisis: Al realizar la experimentación con la simulación desarrollada se obtiene datos que permiten obtener medidas del comportamiento del sistema que fue modelado.
10. Documentación: Existen dos tipos de documentación referente al programa o al proceso. La primera es empleada si el programa va a ser usado de nuevo para un análisis diferente, por lo tanto, es necesario conocer cómo funciona el programa.

La documentación del proceso es un diario de campo de cómo se realizó el programa, de esta forma, tener una línea de tiempo sobre cambios ocasionados, retos superados, entre otros; sin olvidar, que al final del reporte se debe realizar una descripción clara y concisa de la funcionalidad del modelo desarrollado.

Sin importar que tipo de documentación se ejecute, se debe hacer pues que esta representa un sustento de la validez de las decisiones o estrategias que se tomen a partir del modelo.

11. Implementación: El éxito de esta fase depende de la adecuada ejecución de las anteriores. No obstante siempre pueden ocurrir situaciones inesperadas por lo que la persona que desarrolló el modelo debe estar durante esta fase, con el fin de dirigir un plan que permita la adecuada ejecución del modelo.

2.1.3. Software PROMODEL™

Para realizar el último enfoque de este marco teórico, se tuvo como fuente bibliográfica (Aracil, 2002; Banks et al., 2010; García, García, & Cárdenas, 2006).

El presente apartado busca presentar una breve historia del software de simulación, indicaciones a tomar en cuenta para la selección de un software, presentación del software PROMODEL™ y finalizar con la temática básica de esta herramienta computacional.

a. La historia del software de simulación

Esta breve historia es presentada en seis periodos, cada sección evidencia características principales y desarrollos alcanzados.

El periodo de búsqueda (1955-1960)

Durante los primeros años, la simulación fue conducida en FORTRAN u otro lenguaje de programación con propósito general, sin soporte específico de simulación. En este periodo, los esfuerzos se concentraron en unificar conceptos y desarrollar rutinas reutilizables que facilitarían la simulación. El programa general de simulación de K. D. Tocher y D. G. Owen es considerado el primer lenguaje que permitió identificar rutinas que pudieran ser empleadas en simulaciones posteriores.

El advenimiento (1961 – 1965)

Los precursores del lenguaje de programación para simulación aparecen en este periodo. El primero en ser creado fue el GPSS (General Purpose Simulation System) por Geoffrey Gordon en la IBM, quien buscaba comunicaciones rápidas entre el modelo de simulación y el sistema del computador; GPSS estaba basado en la representación de diagramas de bloques y era adecuado para hacer modelos de colas, además permitía la conexión a un terminal de visualización interactivo que podía interrumpir y mostrar resultados intermedios, lo que fue un presagio de los lenguajes de simulación actuales, pero que para ese momento, resultaba muy costoso.

Harry Markowitz brindó la mayor guía conceptual para el lenguaje SIMSCRIPT, que apareció por primera vez en 1963, gracias a la ayuda conjunta de la corporación RAND y la Fuerza Aérea de Estados Unidos. SIMSCRIPT originalmente tuvo una fuerte influencia del lenguaje FORTRAN, pero en versiones posteriores, rompió sus conexiones con este lenguaje y generó una propuesta innovadora para la simulación de eventos programados.

En el laboratorio de investigación aplicada de la corporación de hierro de Estados Unidos, Phillip J. Kiviat fue el precursor del GASP (General Activity Simulation Program) en 1961; este lenguaje utilizó símbolos de diagramas de flujo e hizo una recopilación de las rutinas de FORTRAN.

Muchos otros lenguajes para la simulación fueron desarrollados en este periodo, es notable incluir el SIMULA creado en Noruega y ampliamente usado en Europa, además del CSL (Control and Simulation Language) que tomó un enfoque de exploración de actividades.

El periodo Formativo (1966 – 1970)

Durante este periodo, los conceptos fueron revisados y redefinidos para promover mayor consistencia sobre la representación que cada lenguaje hacía del sistema. De esta forma surge el GPSS/360, SIMSCRIPT II, ESCL, SIMULA 2.0 que facilitaron proceso de compilación, dieron mayor importancia al diseño del lenguaje y agregaron conceptos de clases y herencias.

La expansión (1971 – 1978)

El mayor avance del GPSS surgió de Julián Reitman de Norden Systems, quien encabezó el proyecto de GPSS/NORDEN, un esfuerzo pionero que ofrecía un entorno interactivo y visual en línea. James O. Henriksen de Software Wolverine creó el GPSS/H, que fue cinco veces más rápido que el GPSS estándar e incluía nuevas funciones de depuración.

Alan Pritsker desarrolló el GASP IV que incorporaba eventos de estados, además de los eventos de tiempos, lo que brindó soporte para la simulación discreta.

Durante este periodo se buscó la simplificación del proceso de modelización, pues se intentó el desarrollo de un sistema desde la perspectiva de un usuario con media preparación, por esto, surgen programas interactivos, interfaces de lenguaje natural y asignaciones automáticas al idioma de selección.

Consolidación y regeneración (1979 – 1986)

En esta etapa se consolida el desarrollo de lenguaje de programación para simulación, diseñado para computadores de escritorio. Lo anterior permitió que se expandiera y diera a conocer la simulación

Así mismo, desde Pritsker & Associate Inc aparecen las propuestas SLAM II y SIMAN que permiten múltiples perspectivas de modelación y combinan diferentes capacidades de simulación para sistemas discretos, continuos o más complejos como los de redes.

Ambientes Integrados (1987 – Presente)

Es el periodo más reciente donde emerge el empleo del lenguaje de programación para simulación a nivel de computadoras personales, gracias a los ambientes gráficos y dinámicos desarrollados. Muchos de los paquetes de simulación actuales se basan en diagramas de flujo, diagrama de bloques o están diseñados de tal forma que el usuario solo debe completar la información necesaria en las ventanas que el sistema indica, lo que evita al usuario la necesidad de aprender

sintaxis compleja. Recientes avances se han realizado en la simulación basada en Web e interfaces 3D.

b. Selección de un software para simulación

Existen diversos aspectos a tomar en cuenta para hacer la selección de un software para desarrollar modelos de simulación, a continuación se enuncian algunas consideraciones para este proceso:

1. No se debe enfocar en un único tema, como la facilidad de uso. Se debe tener en cuenta la precisión y nivel de detalle que se desea obtener, así como la facilidad de aprendizaje, el soporte del proveedor y la aplicabilidad al problema que se desea resolver.
2. La velocidad de ejecución es importante. No se debe pensar exclusivamente en términos de carreras experimentales. La velocidad afecta el tiempo de desarrollo. Durante la depuración, un analista puede tener que esperar a que el modelo se ejecute muchas veces hasta cierto punto donde se produce un error, antes de que la falencia sea identificada.
3. Se debe tener cuidado con las reclamaciones publicitarias y demostraciones, muchos anuncios explotan las características positivas del software, pero nunca demuestran sus desventajas; lo que puede ser un problema para el modelo que se desea plantear.
4. Verificar que el software seleccionado puede resolver pequeñas versiones del problema que se desea abordar.
5. Se debe preguntar si el software permite hacer enlaces entre el modelo que se desarrolle en este y códigos o rutinas escritas en lenguajes externos.
6. Siempre que se emplee una herramienta computacional que venda la idea de “ninguna programación”, se debe tener cuidado que el software se ajusta a las necesidades del problema; pues en este tipo de software se puede modificar la lógica procesal no la sintaxis de programación.

c. PROMODEL™

Los softwares de simulación se caracterizan por emplear una interfaz gráfica de usuario, animación y salidas automatizadas para medir el rendimiento del sistema.

Además casi todos los paquetes de simulación permiten mostrar los resultados de la simulación en forma tabular o gráfica mientras se ejecuta la simulación, de esta forma, los resultados de diferentes escenarios se pueden comparar y generar un análisis estadísticos.

PROMODEL™ es un software ofrecido por Promodel Corporation y es uno de los paquetes de simulación más usados en el mercado. Cuenta con herramientas de análisis y diseño, que unidas a la animación de los modelos bajo estudio, permiten conocer mejor el problema de interés y alcanzar resultados más confiables respecto a las decisiones a tomar.

Este producto se enfoca a procesos de fabricación de uno o varios productos, líneas de ensamble y transformación, entre otros; así mismo, su lenguaje de programación proporciona el modelado de situaciones especiales no cubiertas por las opciones incorporadas.

Los elementos de modelado en PROMODEL™ son partes (entidades), ubicaciones, recursos, redes de rutas, lógica de enrutamiento, procesamiento y llegadas. Las entidades llegan y siguen la lógica de enrutamiento y procesamiento de una ubicación a otra. Los recursos se utilizan para representar a personas, herramientas o vehículos que transportan partes entre ubicaciones o realizan operaciones. Los elementos de enrutamiento y procesamiento ejecutan la lógica procesal definida por el usuario en el lenguaje de programación de PROMODEL™.

En PROMODEL™ se pueden distinguir una serie de módulos que permiten hacer un estudio integral del sistema de interés; cada uno de estos módulos cuenta con herramientas de trabajo que hacen del software uno de los paquetes más completos en el mercado. A continuación se hace una breve descripción de cada módulo.

- PROMODEL: Es el área de trabajo donde se define el modelo y todos sus componentes. En este módulo se programa todo lo que tiene que ver con las relaciones entre las variables del modelo, tanto contadores como relaciones lógicas, flujos, actividades y ciclos.
- Editor gráfico: Son una serie de bibliotecas que permiten dar una mejor presentación visual a los modelos realizados. Además cuenta con la capacidad de importar y crear las imágenes necesarias para representar con mayor propiedad el problema a simular.
- Resultados: PROMODEL cuenta con una interfaz de resultados que facilita la administración, manejo y análisis de información. En este módulo se pueden ver los resultados de todas las variables del modelo. Este módulo permite la interacción con hojas de cálculo, como Excel.
- Stat:Fit: Es una herramienta estadística que permite hacer pruebas de bondad de ajuste sobre datos de muestra, produciendo información muy importante para determinar las distribuciones asociadas a las variables aleatorias del modelo. Además constituye una gran ayuda si se desconoce

cómo alimentar distribuciones complejas de la biblioteca de PROMODEL™ en el modelo de simulación.

- Editor de turnos: Permite asignar turnos de trabajo a los elementos del modelo que lo requieren, por ejemplo, descansos programados, tiempo de comida, etc.
- Simrunner: Es una herramienta muy útil en el análisis posterior del modelo. Con ella se pueden diseñar experimentos destinados a conocer el impacto de factores críticos que se generan a partir de la variación en los valores de las variables aleatorias seleccionadas para ello. Además, permite discernir cuál es la mejor combinación de factores para obtener el máximo beneficio al mejorar un proceso.
- Referencias y Ayuda: En estos módulos se encuentran indicaciones que facilitan el uso y programación del software.

2.2. Marco Legal

El presente apartado expone la normatividad vigente para la organización de la educación en Colombia, las estrategias planteadas a nivel estatal para el aseguramiento de la calidad educativa y la política educativa en el país. Por último se plantea un resumen de las leyes, decretos, acuerdos y resoluciones de interés.

La bibliografía de este apartado es (Consejo Nacional de Acreditación, 2014; Revista Semana, 2011; Romero, 2011).

2.2.1. Organización Educación en Colombia

La Ley 115 de 1994 establece que la educación es un proceso de formación permanente, personal, cultural y social que se fundamenta en una concepción integral de la persona humana, de su dignidad, de sus derechos, y de sus deberes. Así mismo, esta señala las normas generales para regular el Servicio Público de la Educación que cumple una función social acorde con las necesidades e intereses de la persona, familia y sociedad.

La misma Ley organiza la educación formal en niveles de preescolar, básica (primaria y secundaria) y media, no formal e informal, dirigida a niños y jóvenes en edad escolar, a adultos, a campesinos, a grupos étnicos, a personas con limitaciones físicas, sensoriales y psíquicas, con capacidades excepcionales, y a personas que requieran rehabilitación social.

La educación superior es regulada por la Ley 30 de 1992, que define la misma como un servicio público que puede ser ofrecido tanto por el Estado como por particulares, y se realiza con posterioridad a la educación media. Además enuncia las siguientes temáticas:

- Se han definido varios tipos de Instituciones según su naturaleza y objetivos (Instituciones Técnicas Profesionales, Instituciones Tecnológicas, Instituciones Universitarias y Universidades).
- Existe un Sistema Nacional de Aseguramiento de la Calidad del cual hace parte el Consejo Nacional de Acreditación, el cual tiene la responsabilidad de dar fe pública de los altos niveles de calidad de las instituciones de educación superior y sus programas académicos.
- El Estado garantiza la calidad del servicio educativo a través de la práctica de la suprema inspección y vigilancia de la Educación Superior.
- Las políticas y planes para el desarrollo de la Educación Superior son, primeramente, propuestos por el Consejo Nacional de Educación Superior (Cesu), organismo con funciones de coordinación, planificación, recomendación y asesoría, integrado por representantes de todas las instancias relacionadas con la educación superior.

Los campos de acción definidos por la educación superior en Colombia son: el de la técnica, el de la ciencia, el de la tecnología, el de las humanidades, el del arte y el de la filosofía (art. 7, Ley 30 de 1992).

Por tanto, los programas académicos que ofrecen las instituciones de educación superior deben estar inscritos dentro de estos campos de acción, siendo ellos conformes a los propósitos de formación de cada institución (art. 8 Ley 30 de 1992). Dichos programas académicos pueden desarrollarse en niveles de pregrado y postgrado.

Los programas de pregrado preparan para el desempeño de ocupaciones, para el ejercicio de una profesión o disciplina determinada, de naturaleza tecnológica o científica o en el área de las humanidades, las artes y la filosofía. De la misma manera, los programas de postgrado denominados como especializaciones, son aquellos que se desarrollan con posterioridad a un programa de pregrado y posibilitan el perfeccionamiento en la misma ocupación, profesión, disciplina o áreas afines o complementarias. Los demás postgrados, como maestrías, doctorado y post doctorado basan su quehacer en la investigación como fundamento y ámbito necesario de su actividad.

Así mismo, se puede definir las instituciones universitarias o escuelas tecnológicas como aquellas facultadas para adelantar programas de formación en ocupaciones, programas de formación académica en profesiones o disciplinas y programas de especialización (art. 18 - Ley 30 de 1992). Las instituciones de carácter tecnológico están habilitadas, según la Ley 749 de 2003, artículo 2, para ofrecer programas por ciclos propedéuticos.

Son universidades las reconocidas actualmente como tales y las instituciones que acrediten su desempeño con criterio de universalidad en las siguientes actividades: la investigación científica o tecnológica; la formación académica en profesiones o disciplinas y la producción, desarrollo y transmisión del conocimiento

y de la cultura universal y nacional (art. 19 Ley 30 de 1992). Estas instituciones están igualmente facultadas para adelantar programas de formación en ocupaciones, profesiones o disciplinas, programas de especialización, maestrías, doctorados y post-doctorados, de conformidad con la Ley.

2.2.2. Aseguramiento de la Calidad en la educación colombiana

Para brindar garantías en los temas de evaluación, certificación y acreditación de la calidad de la educación superior en Colombia, se ha creado dentro del sistema educativo, el denominado Sistema de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior conformado por los organismos, las acciones y las estrategias que aplican desde el proceso mismo de creación y establecimiento de una institución de educación superior, hasta el desempeño del profesional que egresa del sistema.

A continuación se describen los principales componentes del sistema:

Registro calificado

Regulado por la Ley 1188 de 2008 y el Decreto 2566 de 2003 que establecen las condiciones y procedimientos que deben cumplirse para ofrecer y desarrollar programas académicos, además fija, previo trabajo con la comunidad académica, las condiciones básicas o mínimas de calidad, con lo cual se establece como meta la obtención de un registro calificado, indispensable para el funcionamiento de los programas académicos.

De acuerdo con dicha norma el Ministerio de Educación Nacional, con el apoyo de la comunidad académica, fija unas características específicas, comunes a los programas académicos de una determinada área del saber, con el fin de garantizar unas condiciones que, sin desvirtuar la iniciativa y autonomía institucional, sean compartidas y permitan esperar unas competencias básicas para el respectivo desempeño profesional.

Acreditación de Alta Calidad

El Sistema Nacional de Acreditación en Colombia, se creó en la Ley 30 de 1992, con el objeto fundamental de garantizar a la sociedad que las instituciones de educación superior que hacen parte de él, cumplen los más altos requisitos de calidad y que realizan sus propósitos y objetivos.

Se trata de un instrumento de fomento de la calidad de la educación superior, distinta a la inspección y vigilancia, que le compete constitucionalmente al Estado para garantizar la calidad de la educación y el cumplimiento de sus fines.

El modelo de calidad está organizado por etapas de obligatorio cumplimiento por parte de los actores que participan en el proceso. El éxito de éste radica en el

compromiso que asumen tanto las instituciones, la comunidad académica, así como el organismo responsable en el desarrollo de cada una de las etapas, bajo criterios de transparencia, de organización y de responsabilidad, entre otros.

La evaluación conducente a la acreditación se realiza en tres etapas:

1. La Autoevaluación que es el estudio llevado a cabo internamente por cada institución o programa académico y que se encuentra basado en el modelo de acreditación. En esta fase, la institución acentúa su compromiso con la calidad, el cual es derivado de la autonomía que la Constitución y la ley le otorgan. Se espera que los resultados de la autoevaluación sirvan no sólo a los fines de la acreditación, sino fundamentalmente a la formulación y desarrollo de acciones para mejorar la calidad de los programas académicos. En el informe final se consignan las fortalezas y debilidades en cada aspecto del programa, los correctivos cuando ya se han aplicado, y las propuestas de mejoramiento.
2. La Evaluación Externa o Evaluación por Pares, en ella se utiliza como punto de partida la autoevaluación. Es realizada por pares académicos de reconocida trayectoria en el campo del programa de formación, su tarea se centra en la verificación de la coherencia entre lo que el informe de autoevaluación presenta y lo que efectivamente encuentran en la institución. Los pares emiten sus juicios de calidad basados en la información obtenida e incluso en aquellos aspectos que no fueron considerados en la autoevaluación y que de igual forma resultan relevantes para apreciar la calidad de instituciones y de programas en un campo específico.
3. La Evaluación final consiste en el concepto final emitido por el Consejo Nacional de Acreditación, basado en la autoevaluación del programa, el informe entregado por el equipo de pares y en la reacción de la institución a dicho informe. Este concepto técnico incluye, cuando es el caso, una recomendación sobre el tiempo de vigencia de la acreditación (no menos de 4 años ni más de diez), y se traslada al Ministro de Educación Nacional para la expedición del acto de acreditación. Si el concepto no es favorable, se procede, en un marco de confidencialidad, a comunicar a la institución las recomendaciones pertinentes con miras a presentar de nuevo el programa en un plazo no inferior a dos años.

2.2.3. Política educativa en Colombia

En cuanto a la política educativa en Colombia se puede consultar el documento Plan sectorial de Educación 2014-2018, en el cual se plantea que el énfasis en la educación como un vehículo para lograr una sociedad más equitativa.

Esta estrategia es traducida en términos de ampliación de cobertura y mejoramiento de la calidad. Sin embargo, el país requiere, además de más y mejor educación, que ésta sea más pertinente frente a las demandas de los sectores productivos de una economía globalizada. Por ello, el énfasis es en la educación como una herramienta para construir un país más competitivo, que permita brindar una mejor calidad de vida a sus habitantes.

Trabajar en esta línea ha sido uno de los compromisos a los que llegó el país y representa un pacto social construido por más de 20 mil colombianos, de todas las regiones, que voluntariamente se dieron a la tarea de reflexionar y construir colectivamente un gran acuerdo en torno a las necesidades y anhelos del país en materia educativa. Es así como el Plan Sectorial 2014 - 2018 se desarrolla alrededor de cuatro políticas fundamentales: cobertura, calidad, pertinencia y eficiencia; y para cada una de estas políticas se propone una serie de metas y estrategias que se constituyen en el derrotero que orientará la acción del sector educativo durante este cuatrienio, con el fin de avanzar hacia una sociedad en paz.

2.2.4. Resumen de leyes y decretos de interés

Ley 115 de 1994 - Ley General de Educación: Ordena la organización del Sistema Educativo General Colombiano. Esto es, establece normas generales para regular el Servicio Público de la Educación que cumple una función social acorde con las necesidades e intereses de las personas, de la familia y de la sociedad. Respecto a la Educación Superior, señala que ésta es regulada por ley especial, excepto lo dispuesto en la presente Ley.

Ley 30 de 1992 - Servicio Público de Educación Superior: Expresa normas por medio de las cuales se reglamenta la organización del servicio público de la Educación Superior.

Decreto 1403 de 1993 - Reglamentación de Ley 30 de 1992: Establece que mientras se dictaminan los requisitos para la creación y funcionamiento de los programas académicos de pregrado que puedan ofrecer las instituciones de educación superior, estas deberán presentar al Ministerio de Educación Nacional por conducto del Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES), con el fin de garantizar el cumplimiento de los fines de la educación, la información referida al correspondiente programa. Así también regula lo referido a la autorización de la oferta de programas de Maestría, Doctorado y Postdoctorado, de conformidad con la referida Ley. (Dado el 21 de Julio de 1993 y Publicado en el Diario Oficial N° 41.476 del 5 de agosto de 1994).

Ley 749 de 2002: Por la cual se organiza el servicio público de la educación superior en las modalidades de formación técnica profesional y tecnológica, y se dictan otras disposiciones.

Decreto 1295 de 2010: Por el cual se reglamenta el registro calificado de que trata la Ley 1188 de 2008 y la oferta y desarrollo de programas académicos de educación superior.

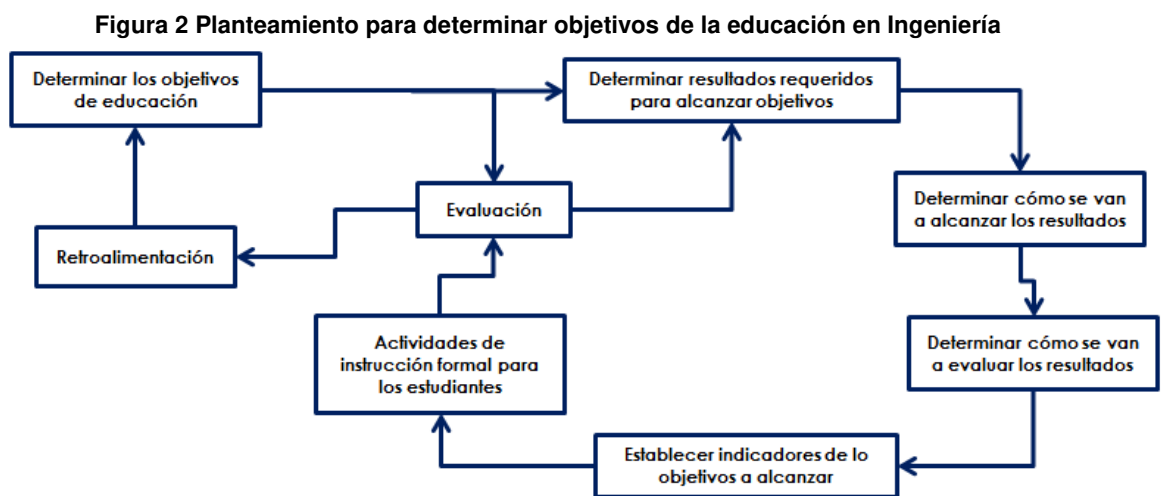
2.3. Marco Situacional

El último apartado del Marco Referencial, busca hacer una descripción de centros de investigación e iniciativas pedagógicas que buscan transformar la metodología de enseñanza – aprendizaje. Se intenta que esta exposición comience desde un nivel macro, para luego pasar a analizar el contexto nacional y por último el regional.

2.3.1. Retos de la educación de la Ingeniería

La preparación de estudiantes de Ingeniería para las realidades de la práctica actual es un reto, en especial cuando esta práctica involucra cada vez más equipos distribuidos a nivel mundial que se ven obligados a superar las dificultades de carácter temporal, geográfico, cultural, institucional y lingüísticas. Abordar esta nueva realidad en el aula presenta sus propios desafíos que van más allá de los problemas de distancia global, pues se encuentran diferencias fuertes entre las habilidades desarrolladas por los estudiantes y la diversa gestión que hace el maestro en el aula (Clear, Beecham, Oudshoorn, Barr, & Noll, 2016).

Este panorama ha generado que las instituciones educativas se planteen la necesidad de identificar los verdaderos objetivos a los que debe apuntar la educación en ingeniería, para realizar este proceso la Junta de Acreditación de Ingeniería y Tecnología (The Accreditation Board for Engineering and Technology, ABET) de Estados Unidos propone seguir la metodología descrita en Figura 2 Planteamiento para determinar objetivos de la educación en Ingeniería



Fuente: (The Accreditation Board for Engineering and Technology, ABET)

De esta forma, se ha establecido que las habilidades a las cuales debe apuntar la educación en Ingeniería (Lang, Cruse, McVey, & McMasters, 1999) son:

- Administración de proyectos
- Desarrollo y diseño de producto
- Participación en equipos de trabajo
- Liderazgo de equipos diversos
- Diseño de estructura
- Estructura de análisis
- Diseño de sistemas mecánicos, tecnológicos y computacionales

Para lograr esta meta es necesario formar consorcios educativos enfocados en ingeniería y ciencia para incrementar el intercambio de conocimientos entre educadores e instituciones, de esta forma, los avances en las ciencias de la información y en la gestión del conocimiento serán enseñados y aplicados a la gestión de los sistemas educativos (Wilcox & Wilcox, 2010). Además se debe plantear el diseño de planes curriculares interdisciplinarios que integren las herramientas de la era de la tecnología, ciencias, administración y artes a través de nuevos métodos de enseñanza que faciliten la comunicación profesor – estudiante y le brinde a este último mayor oportunidad de exploración propia del conocimiento (Hui Zhang & Zhou, 2015).

Lo anterior ha sido trabajado desde diferentes frentes a nivel mundial por organizaciones y asociaciones que de forma responsable buscan crear propuestas innovadoras para las problemáticas propuestas. A continuación se enuncian algunas de ellas.

- Asociación Americana de Educación para Ingeniería (American Society for Engineering Education, ASEE): Esta institución fue fundada en 1983 para promover la excelencia en la instrucción, investigación, el servicio público de la Ingeniería, a través del desarrollo de políticas y programas que mejoran las oportunidades profesionales para los miembros de las facultades de Ingeniería (American Society for Engineering Education, 2016).
- Asociación Australiana de Educación para Ingeniería (Australasian Association for Engineering Education, AAEE): Es una asociación profesional de académicos, personal de apoyo, estudiantes, bibliotecarios, ingenieros y empleadores interesados en fomentar la excelencia e innovación en la educación de ingeniería, así, mejorar la calidad, relevancia y rendimiento de la educación (Australasian Association for Engineering Education, 2016).
- Asociación Europea de Educación en Ingeniería (Société Européenne pour la Formation des Ingénieurs, SEFI): Es una organización sin ánimo de lucro fundada en 1973 en Bélgica con la colaboración de 21 universidades de Europa. Es el primer ejemplo de una asociación que vincula directamente a las instituciones de enseñanza superior de ingeniería, por lo tanto, independiente de los filtros nacionales y / o

comunitarios. Hoy en día, SEFI es la red más grande de instituciones de educación superior de ingeniería, que contribuye al desarrollo y mejora de la educación en ingeniería en Europa (European Society for Engineering Education, 2016).

- Federación Mundial de Ingeniería (Fédération Mondiale des Organisations d'Ingénieurs, FMOI): Organización internacional no gubernamental que representa a la profesión de ingeniería en todo el mundo, tiene como misión animar a todos sus miembros a contribuir a los esfuerzos mundiales por establecer un mundo sostenible, equitativo y pacífico (World Federation of Engineering Organizations, 2016).

2.3.2. Educación para la Ingeniería en Colombia

Al evaluar los centros y asociaciones colombianas que enfoquen sus esfuerzos en mejorar la educación en ingeniería se encuentra la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI) que fue fundada en 1976 y tiene como misión desarrollar políticas y programas para fomentar la formación en ingeniería de excelencia y promover diferentes actividades, entre ellas, la Reunión Anual de Enseñanza de la Ingeniería, ahora Reuniones Nacionales de ACOFI, foros, seminarios y talleres sobre temas de interés y reflexión para las facultades; de esta forma, participa en diferentes eventos de carácter local y externo relacionados con la educación y formación en ingeniería, con lo que se ha fortalecido como una institución de liderazgo académico, sólida, activa y con proyección en el contexto internacional (Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, 2011).

Así mismo al interior de algunas facultades de Ingeniería del país, se ha trabajado el tema y formado la Red IDDEAL que es un conjunto de grupos de investigación que buscan el desarrollo y divulgación de los procesos de enseñanza-aprendizaje a través de la lúdica. Esta comunidad fue iniciada desde la Universidad Tecnológica de Pereira, gracias a los esfuerzos de estudiantes y docentes de la Facultad de Ingeniería Industrial.

2.3.3. Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira

La Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira busca ser un equipo de alta calidad que crea, desarrolla, consolida y aplica conocimiento en el campo científico, tecnológico, económico, social, humanístico, ambiental, empresarial y organizacional. De esta manera, aportar a la formación de líderes empresariales integrales, con alta sensibilidad social, fundamentados en valores y comprometidos con el desarrollo económico y político.

Por lo anterior, la Facultad ha tomado como factores de calidad:

- La innovación y mejora de sus recursos físicos y gestión administrativa
- La gestión de proyectos de carácter internacional

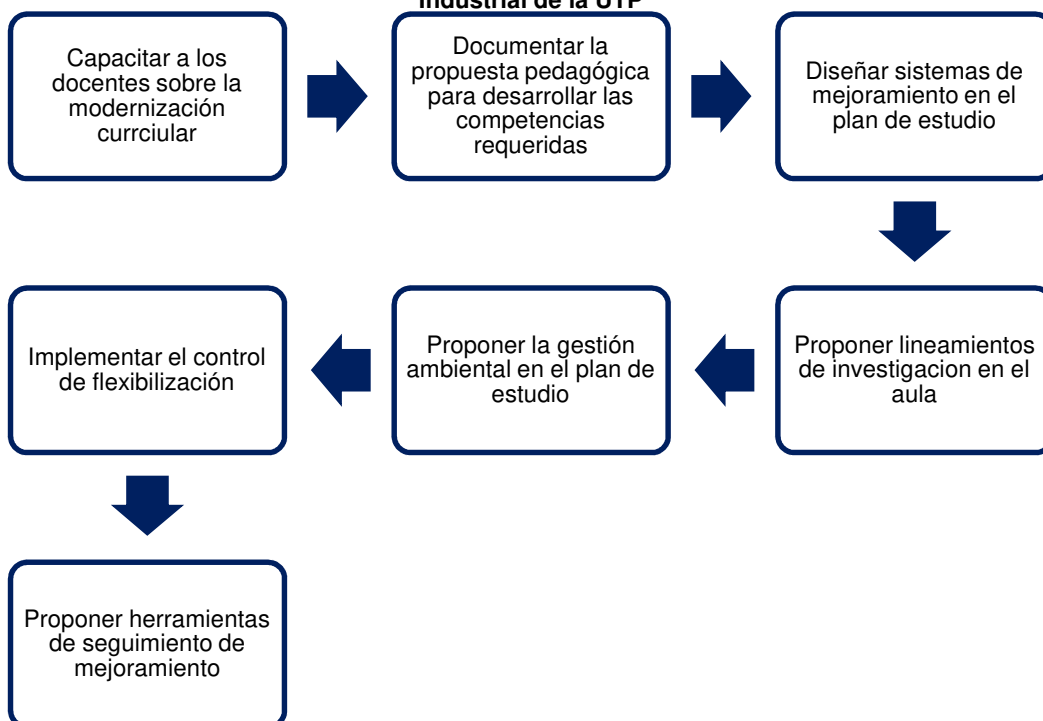
- El fomento de la investigación y generación de conocimiento
- La creación de un ambiente de bienestar a nivel institucional
- La articulación de los diferentes proyectos con las necesidades y oportunidades del entorno
- Modernizar el currículo de los programas de Ingeniería Industrial, a través de un enfoque basado en competencias.

Este último elemento ha sido trabajado por los diferentes actores de la Facultad y se han planteado cuatro puntos estratégicos.

1. Educabilidad: Formación integral de los estudiantes
2. Enseñabilidad: Referenciado al diseño curricular
3. Aprendibilidad y Cobertura: Respecto a los programas, caracterización y seguimiento de los mismo
4. Educatividad: Formación docente

Para llevar a cabo esta modernización curricular, la Facultad ha planteado la siguiente ruta (ver Figura 3 Ruta para la implementación de la modernización curricular en la Facultad de Ingeniería Industrial de la UTP):

Figura 3 Ruta para la implementación de la modernización curricular en la Facultad de Ingeniería Industrial de la UTP



Fuente: (Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira, 2015)

Estos objetivos han sido trabajados por diferentes actores dentro de la Facultad, uno de ellos ha sido el Grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones (GEIO), que nació con el fin de responder a una necesidad sentida en el ambiente pedagógica de la educación en ingeniería.

2.3.4. Grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones (GEIO)

Desde la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira, el Grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones (GEIO) investiga sobre nuevas herramientas y métodos de enseñanza que puedan emplearse en el aula de clase para ser el punto de conexión entre los aspectos científicos y tecnológicos que debe conocer el ingeniero industrial para responder a las problemáticas sociales de su entorno.

A partir de investigaciones desarrolladas por más de quince años, GEIO ha generado una metodología activa que permite al estudiante vivir el conocimiento por medio de la simulación de ambientes reales que deberá afrontar en su vida profesional, de esta forma, involucra capacidades como el raciocinio, la percepción, emoción, memoria, imaginación y la voluntad en la construcción de su propio conocimiento (Jaramillo & Mejía, 2006).

La eficacia de la metodología desarrollada por GEIO se puede sustentar a través de los principios didácticos, definidos como los aspectos generales que la estructura de la metodología pedagógica debe seguir para la creación de objetivos y normas que permitan alcanzar un proceso de enseñanza – aprendizaje significativo (Marius-Costel, 2010).

Los principios didácticos tienen un carácter sistémico, pues se clarifican y complementan mutuamente, además, su aplicación es independiente de la asignatura y nivel de educación de interés. A continuación se presenta cada uno de los principios didácticos y la forma en que la metodología del grupo GEIO lo evidencia.

- **Carácter científico del proceso educativo**

Este se define a través de que la metodología propuesta esté fundamentada científicamente, que el método pedagógico esté correlacionado con el método de la ciencia que se enseña y que el contenido a transmitir sea válido científicamente, relevante y brinde instrumentos para que el estudiante responda a su entorno (Vargas Jiménez, 2006).

La metodología del grupo GEIO es sustentada por diferentes corrientes educativas desarrolladas a partir del siglo XX, como:

1. La teoría socio – constructivista (Vigotsky, 1934) que plantea la adquisición de conocimientos como un proceso donde se involucran instrumentos, actitudes y normas que brindan un valor agregado al desarrollo intelectual del individuo, pues es por medio de estos, que el estudiante puede desarrollar o afianzar capacidades y habilidades necesarias (Requena & Sáinz de Vicuña, 2009).
2. La teoría constructivista piagetiana (Singer & Revenson, 1996) que sostiene la interacción entre el ambiente de interés y las estructuras mentales previas del estudiante, como factor que permite a este construir

- espontáneamente su conocimiento pues realiza una depuración de los elementos con que se relaciona para, luego, atribuir un significado a estos (Onrubia & Martí, 2002)
3. Teoremas del aprendizaje humanista (Ausubel et al., 1978) que definen el desarrollo cognitivo como un proceso en el que la nueva información se relaciona de forma no estética con estructuras de conocimientos previas, es decir, el aprendizaje surge de la interacción de antiguos y nuevos conocimientos, sumado a esto, se vuelve significativo bajo dos condiciones: la intencionalidad por parte del alumno, pues él aprende con significado lo que desea y herramientas de estudio potencialmente significativas, que estén acorde a las estructuras cognitivas del alumno (Antonio Moreira, 2012).
 4. Postulados de David Kolb y Roger Fry sobre el Aprendizaje Experiencial, que se resumen mediante el ciclo de aprendizaje de un evento educativo, cuyo punto de partida es que el estudiante debe estar abierto a nuevas experiencias, luego, reflexionar estas situaciones bajo otros enfoques con el fin de crear nuevos conceptos y teorías lógicas que puedan ser empleadas en diversos problemas (D. A. Kolb, 1984).
 5. Fundamentos del pensamiento sistémico de Peter Senge (Senge, Kleiner, Roberts, Ross, & Smith, 2004), que está construido bajo la idea de que un sistema, como lo es un evento educativo, está formado por más que la suma de sus componentes, por ende, debe ser analizado holísticamente.

Por medio de la anterior fundamentación científica, GEIO ha propuesto una metodología de enseñanza en la educación universitaria, que busca el aprendizaje significativo por medio del desarrollo de micromundos en el salón de clases y entendiendo las herramientas lúdicas como la representación simplificada de un entorno, donde los participantes pueden experimentar diferentes posturas sin temer grandes consecuencias, lo que da paso a la reflexión y constitución de disposiciones, partiendo de experiencias previas.

El método propuesto por el grupo GEIO no puede ser encasillado, pues depende del contenido que se desee exponer y la herramienta pedagógica que se emplee; de esta forma, se brinda al estudiante diversos métodos investigativos que le sean útiles cuando deba enfrentarse a contextos reales desde el rol de ingeniero. Así mismo, el contenido que se expone está acorde al plan de estudio desarrollado por la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira, que responde a los desafíos que debe enfrentar un profesional exitoso.

- Carácter sistemático del proceso enseñanza – aprendizaje

La metodología del grupo GEIO ofrece una serie de herramientas lúdicas que involucran al estudiante en un acto creativo donde se puede interactuar con el objeto de estudio y con otras personas, de esta forma, se propician ámbitos donde los participantes son autores de su propio conocimiento, siendo su guía los procesos de reflexión que se generan a partir de analizar la estructura de saberes con la que previamente contaban y la que actualmente forman. Igualmente el aprendizaje que se consigue es intencional pues el participante es quien propone

las metas a alcanzar, el punto al que desea llegar y la calidad de los resultados obtenidos; así, se logra un aprendizaje auténtico, retador y contextualizado. Igualmente el empleo de simulaciones lúdicas de los entornos que el futuro profesional debe enfrentar, facilitan al estudiante reconocer las relaciones entre el contenido científico de interés y la utilización de este en un contexto práctico.

- La vinculación de la teoría con la práctica

La formación integral se consigue cuando el estudiante conoce las situaciones prácticas del área de interés, además, domina, modifica y mejora las mismas mediante el empleo de la ciencia y la tecnología que en el ámbito académico le dan a conocer. GEIO a través de sus laboratorios lúdicos, brinda espacios controlables donde el estudiante puede reconocer contextos que deberá enfrentar desde su rol profesional, además, tiene la posibilidad de modificar estas simulaciones a partir de concepciones teóricas, sin temer a que esto genere inconvenientes para él u otros.

- La vinculación de lo concreto y lo abstracto

Plantear la relevancia de encontrar el punto de partida, significa realizar el vínculo de lo concreto y lo abstracto en el proceso de enseñanza – aprendizaje. Pues mientras algunos contenidos deben abordarse de manera inductiva, otras por sus características, se deben tratar a través del método deductivo (Arrobas Velilla et al., 2014).

Es conveniente nombrar que GEIO no cierra sus herramientas pedagógicas a un método de enseñanza, sino que brinda un abanico de posibilidades dentro de una misma asignatura. De esta manera, a través de la creación de laboratorios prácticos que abordan temáticas de la ingeniería industrial, provee a los estudiantes experiencias donde deben enfrentar una situación para luego deducir de esta teoría, o, propone reconocer primero las temáticas que se deben emplear para dar solución a los contextos representados.

De esta forma, con el empleo de las herramientas lúdico – activas propuestas se favorece la creación de ambientes para la recepción y elaboración de conocimientos, donde el estudiante a través de la práctica toma un papel activo, pues se expresa de una forma artística, para finalmente construir su identidad profesional.

- La asequibilidad del proceso enseñanza – aprendizaje

GEIO ofrece un portafolio de herramientas educativas que comprenden cuentos educativos, herramientas audiovisuales y workshops lúdico, a partir de estos instrumentos los estudiantes pueden ver, escuchar y vivir las temáticas a tratar, de esta forma, la metodología de enseñanza toma en cuenta los diferentes tipos de aprendizaje.

- Carácter sólido del conocimiento

En los procesos de educación por competencias es necesario involucrar factores evaluativos con el fin de garantizar la veracidad del ejercicio académico, por esto han surgido diferentes herramientas de evaluación que permiten cuantificar el desarrollo cognitivo del estudiante y reconocer la aplicación de sus conocimientos (Ion & Cano, 2012).

El instrumento planteado en la metodología de GEIO es la rúbrica, este permite generar una evaluación objetiva que beneficia a los estudiantes, pues su calificación no es influenciada por elementos que difieran de sus propias capacidades, igualmente facilita el ejercicio de los docentes al clarificarles los objetivos y parámetros del curso en todo momento (Favieri, 2014).

Si bien la estructura de las rúbricas puede variar según el caso en el que deseen aplicarse, se debe contar con un modelo básico que permita la graduación de las competencias (Cano, 2015). La metodología propuesta toma como base el modelo presentado por (Echeverri, Bohorquez, & Arenas, 2015) donde se plantea la creación de cuatro niveles de aprendizaje por rúbrica; el primer nivel es llamado “Incipiente”, señala que el estudiante cuenta con los aspectos relacionados con el conocimiento básico de la competencia y representa un 25% del saber total. El segundo nivel se denomina “En desarrollo”, se ejemplifica como la mitad del camino hacia el alcance de la competencia, es decir un 50% y se presenta cuando el alumno tiene la capacidad de relacionar un saber lógico con un contexto real. En el tercer nivel se dice que la competencia se encuentra “Madura” con un porcentaje del 75% de acercamiento y señala la habilidad que se tiene para aplicar el conocimiento adquirido sobre una situación real. Por último se encuentra el cuarto nivel, denominado como “Ejemplar” y significa que se es capaz de aplicar la competencia adquirida en una situación real y compleja.

De esta forma, se garantiza la formación de un conocimiento sólido y el desarrollo de las competencias genéricas y específicas con las que el estudiante debe contar al final de su proceso de formación.

- Carácter del trabajo consciente, creador, activo e independiente de los estudiantes bajo la dirección del docente

La metodología de GEIO permite la construcción de espacios donde el estudiante interactúe con otros mientras adquiere o afianza conceptos de interés, por esto crea nexos afectivos e involucra la sensibilidad del ser, sus emociones y espiritualidad.

A partir de esta práctica de aprendizaje se estimula la creatividad y se introducen espacios de dinamismo y diversión, donde el estudiante construye su propio conocimiento, además, desarrolla un espíritu crítico al socializar y trabajar en equipo.

- Carácter de la atención a las diferencias dentro del colectivo del proceso docente – educativo

Al ser necesario que el proceso de enseñanza – aprendizaje dentro del salón de clase sea un trabajo en equipo que permita el desarrollo multilateral de cada estudiante, la metodología propuesta expone el empleo de herramientas pedagógicas encaminadas al cumplimiento de un objetivo, que solo se puede conseguir a través del trabajo conjunto de todos los participantes; sin olvidar que la evaluación por competencias ideada, mide el nivel que cada estudiante va alcanzando, es decir, brinda una retroalimentación personalizada.

A partir del análisis efectuado, se puede concluir que la metodología universitaria diseñada por el grupo GEIO busca generar en el estudiante aprendizaje significativo a través del empleo de herramientas lúdicas que representan entornos donde el participante experimenta diversas posturas, de esta forma, se crean procesos de reflexión orientados por el carácter científico y tecnológico que brindan las actividades. Igualmente el papel del estudiante es activo, pues es él quien construye su conocimiento en la medida que interactúa con el entorno simulado y realiza cambios en el mismo, empleando temáticas y conceptos que pueden llegar a ser de difícil comprensión cuando se le exponen por medio de metodologías clásicas. Sumado a esto, el desarrollo cognitivo adquirido por el estudiante es evaluado a través de herramientas que reconozcan las competencias que realmente se han alcanzado y faciliten procesos de retroalimentación efectivos.

El grupo de investigación GEIO busca que a través del empleo de sus herramientas pedagógicas, se consiga una comprensión de los contenidos científicos para que la creación y exploración de nuevos instrumentos tecnológicos se realice de manera eficaz, así mismo, transversal a este proceso se logra reconocer las problemáticas sociales que el futuro profesional debe enfrentar.

2.4. Glosario

- Cartilla: Guía planeada en función de una estructura pedagógica y didáctica, que integra los conocimientos previos y los que se espera sean alcanzados mediante el desarrollo de las actividades propuestas dentro del documento, de esta forma, es el material completo de un curso o asignatura, sin olvidar que este debe ser aunado a un espacio de interacción social, en donde los estudiantes dialoguen con el docente los contenidos propuestos (Medina Rivilla et al., 2009; L. G. M. Mejía, 2013; Raynal & Rieunier, 2010)
- Caso de Estudio: Investigación sistemática de un evento o un conjunto de eventos relacionados que tiene por objeto describir y explicar el fenómeno de interés, así mismo, es una adecuada herramienta si se quiere exponer una situación particular de una temática (Kitchenham et al., 1995; Varma & Garg, 2005)
- Cuento: Narración literaria que se caracteriza por su brevedad, primacía en la trama para la transmisión de conocimientos y el uso de un lenguaje sencillo, de esta forma, puede ser empleada para la conducción de procesos educativos ya que fomenta la comunicación entre el docente y el

estudiante, además, de emplear elementos como la imagen, fragmentación en secuencias cortas o los recursos de repetición de frases para facilitar la lectura autónoma; convirtiendo al cuento en una herramienta pedagógica que permite al estudiante la construcción de su propio conocimiento (Colomer, 2005; García Velasco, 2005; Péres et al., 2013).

- Grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones (GEIO): Grupo de investigación adscrito a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira. GEIO investiga sobre nuevas herramientas y métodos de enseñanza que puedan emplearse en el aula de clase para ser el punto de conexión entre los aspectos científicos y tecnológicos que debe conocer el ingeniero industrial para responder a las problemáticas sociales de su entorno
- Herramienta lúdica: La herramienta lúdica es una alternativa de enseñanza – aprendizaje que busca traer contextos reales al salón de clases; así mismo, suele contar con diversos recursos educativos sin perder flexibilidad en su estructura, pues se enfocan en generar el aprendizaje mediante analogías de la realidad de interés; de esta forma, se facilita observar, representar o asumir una situación sin incurrir en riesgos o percances para el estudiante (Flehsig & Schiefekbein, 2006).
- Ley 115 de 1994 - Ley General de Educación: Ordena la organización del Sistema Educativo General Colombiano. Esto es, establece normas generales para regular el Servicio Público de la Educación que cumple una función social acorde con las necesidades e intereses de las personas, de la familia y de la sociedad. Respecto a la Educación Superior, señala que ésta es regulada por ley especial, excepto lo dispuesto en la presente Ley.
- Ley 30 de 1992 - Servicio Público de Educación Superior: Expresa normas por medio de las cuales se reglamenta la organización del servicio público de la Educación Superior
- PROMODEL™: Es un software ofrecido por Promodel Corporation y es uno de los paquetes de simulación más usados en el mercado. Cuenta con herramientas de análisis y diseño, que unidas a la animación de los modelos bajo estudio, permiten conocer mejor el problema de interés y alcanzar resultados más confiables respecto a las decisiones a tomar.
- Simulación: Una simulación es una imitación de una operación que ocurre en un proceso real o en un sistema a lo largo del tiempo, ya sea de carácter computacional o manual, la simulación envuelve la generación artificial de la historia de un sistema y la observación de esa historia permite realizar inferencias de las características operacionales del sistema real (Banks et al., 2010).
- Software Educativo: Tecnología multimedia basada en computadora para servir a la educación, pero que a diferencia de la mayoría de softwares, esta herramienta pedagógica tiene características únicas, pues para su desarrollo y aplicación se deben tomar en cuenta aspectos de la educación, la psicología, el conocimiento profesional y la tecnología

informática, por lo anterior, se puede decir que el software educativo está diseñado según unos objetivos de enseñanza y teoría del aprendizaje (Bayram et al., 2004; Zhang, 2012).

3. DISEÑO METODOLÓGICO

Este proyecto de investigación se ejecutó mediante un análisis exploratorio, además, se dividió en los siguientes enfoques:

1. Identificar mecanismos pedagógicos empleados en diferentes universidades del país para la enseñanza de la simulación discreta, empleado el software PROMODEL™, de esta forma, reconocer métodos de enseñanza empleados a nivel de formación profesional y cómo estos podían robustecer la propuesta pedagógica que se deseaba desarrollar mediante los experimentos lúdicos generados por el grupo de investigación GEIO y el empleo de la herramienta computacional de interés.

Por lo anterior, se analizaron algunas unidades temáticas planteadas desde diversos programas de ingeniería industrial para reconocer variables de cobertura y método de enseñanza a tomar en cuenta en el desarrollo de la propuesta.

2. Caracterizar los experimentos lúdicos desarrollados desde el grupo GEIO para conducir procesos de enseñanza en el área de investigación de operaciones y estadística.

3.1. Universo

Para identificar los mecanismos empleados para la enseñanza de la simulación discreta, se determinó que la zona de influencia del estudio fueron todas las Universidades de Colombia que contaban con certificación de alta calidad y parte del ranking Web de Universidades diseñado por la empresa de software QL2, AHREFS estadística, la compañía de análisis de red MAJESTIC Beta y el centro de investigación Schimago.

El ranking Web de Universidades evalúa los centros de estudio respecto a su presencia, visibilidad y transparencia en la Web, además, la calidad investigativa respecto al número y excelencia de artículos públicos.

El último ranking publicado fue en Julio 2016, donde para Colombia aparecen en el listado 293 Universidades.

Así mismo, para caracterizar los experimentos lúdicos desarrollados por GEIO se estableció que el universo de estudio fueron todas las herramientas pedagógicas

publicadas en la última versión de la cartilla elaborada por el grupo en el año 2016 y titulada “Investigación en nuevas prácticas pedagógicas para la Ingeniería: Recopilación de actividades lúdicas para la enseñanza de la Ingeniería Industrial”.

3.2. Muestra

Para reconocer los mecanismos pedagógicos empleados en centros educativos del país para la enseñanza de la simulación discreta, se decidió realizar el estudio con base en una muestra representativa de dichos establecimientos. Con las 293 universidades pertenecientes al universo se calculó una muestra de 167 centros académicos que debían ser analizados respecto a la cobertura del programa académico de pregrado de Ingeniería Industrial, en específico se estudió si estos dictaban la asignatura de simulación y bajo que método de enseñanza.

Para la investigación se determinó un tamaño de muestra de 167 centros educativos a razón del criterio de los expertos, pues la indagación no buscaba realizar inferencia estadística sobre la población sino describirla.

Con el fin de caracterizar las herramientas pedagógicas del grupo GEIO, se consideró pertinente y necesario la evaluación del 100% de los experimentos lúdicos recopilados en el Universo. De esta forma, garantizar que la propuesta pedagógica a desarrollar tomará en cuenta el mayor número de instrumentos elaborados por el grupo.

3.3. Delimitación del Estudio

A continuación se exponen los límites que se tomaron en cuenta para el desarrollo de la investigación, desde los dos enfoques que se realizó.

Tabla 10 Delimitación del Estudio

Enfoque	Identificación mecanismos pedagógicos empleados en diferentes universidad es del país para la enseñanza de la simulación discreta, empleado el software PROMODEL™	Caracterización los experimentos lúdicos desarrollados desde el grupo GEIO para conducir procesos de enseñanza en el área de investigación de operaciones y estadística
Delimitación Espacial	Las universidades que se estudiaron fueron aquellas pertenecientes al territorio nacional	Se analizaron los experimentos pedagógicos desarrollados por GEIO y publicados en la última versión de la cartilla generada en el grupo
Delimitación Demográfica	La información se tomó de fuentes secundarias, en su mayoría los portales Web brindados por las universidades y proyectos curriculares divulgados por las instituciones analizadas	La información se recopiló de fuentes secundarias, en su mayor parte de la cartilla “Investigación en nuevas prácticas pedagógicas para la Ingeniería: Recopilación de actividades lúdicas para la enseñanza de la Ingeniería Industrial” publicada por el grupo GEIO
Delimitación Temporal	El estudio se realizó en el primer semestre del 2017	
Delimitación	Los temas a abordar están enmarcados en las ciencias educativas, específicamente en	

Temática	las herramientas didácticas para la enseñanza de la ingeniería. Además se abordarán conceptos de la investigación de operaciones y estadística relacionados con la simulación discreta.
-----------------	---

Fuente: Autora

3.4. Fases de la Investigación

A continuación se muestran las fases que presentó la investigación

Etapa I: Revisión de la literatura existente sobre el tema de estudio.

Etapa II: Análisis de algunas unidades temáticas planteadas desde diversos programas de ingeniería industrial del país para conocer métodos pedagógicos empleados a nivel de formación profesional para la enseñanza de la simulación discreta

Etapa III: Caracterización de los experimentos lúdicos desarrollados desde el grupo GEIO para conducir procesos de enseñanza en el área de investigación de operaciones y estadística

Etapa IV: Planteamiento de las herramientas pedagógicas experienciales para la enseñanza de la simulación discreta

Etapa V: Desarrollo de la propuesta pedagógica mediante el software PROMODEL™

Etapa VI: Agrupación del conjunto de herramientas pedagógicas propuestas en una guía práctica de enseñanza de simulación discreta

Etapa VII: Elaboración documento final.

3.5. Variables de la Investigación Operacionalizadas

Las siguientes son las variables que se tuvieron en cuenta al momento de revisar los portales Web de las universidades de interés.

Tabla 11 Variables e Indicadores considerados al analizar las unidades temáticas de diferentes centros educativos del país

Variable	Indicador
Cobertura	Presencia del programa de pregrado de Ingeniería Industrial
	Presencia de la asignatura de simulación
	Ubicación de la asignatura de simulación en el pensum académico
	Carácter de la asignatura
	Requisitos para acceder a la signatura de simulación
Metodología de Enseñanza	Software enseñado
	Unidades temáticas tratadas
	Método de enseñanza empleada

Fuente: Autora

Igualmente, se presenta la variable considerada al caracterizar los experimentos lúdicos desarrollados por el grupo GEIO.

Tabla 12 Variable e Indicadores considerados para caracterizar los experimentos lúdicos del grupo GEIO

Variable	Indicador
Herramienta Pedagógica	Tipo de herramienta pedagógica
	Contexto teórico de la herramienta pedagógica
	Asignaturas en las que se puede aplicar la herramienta
	Descripción de la herramienta

Fuente: Autora

4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECOGIDA

El presente apartado tiene dos enfoques, en el primero, se expone el instrumento empleado para hacer la recolección de la información referente a métodos de enseñanza empleados en otros programas de ingeniería industrial del país para dictar la asignatura de simulación discreta. Además, se presenta el análisis realizado a la información recolectada.

El segundo enfoque, señala el instrumento empleado para recolectar la información referente a los instrumentos pedagógicos desarrollados por el grupo de investigación GEIO. Así mismo, se expone el análisis ejecutado.

Por lo anterior y con la intención de facilitar la lectura del documento, primero, se expone la presentación y análisis de la información referente a métodos de enseñanza empleados en otros programas de ingeniería industrial del país. Seguidamente se expone la caracterización de los experimentos lúdicos desarrollados por el grupo GEIO.

4.1. Instrumento para la recolección de la información referente a métodos de enseñanza empleados en programas de ingeniería industrial del país

El instrumento empleado se dividió en tres aspectos características generales, cobertura y metodología de enseñanza. Estos aspectos a su vez se dividían en:

Tabla 13 Descripción del instrumento empleado para la recolección de información referente a método de enseñanza

Aspecto	Descripción
Características Generales	Nombre del Centro Educativo
	Posición del Centro Educativo en el Ranking Web de Universidades
	Ubicación del Centro Educativo
	Tipo de Centro Educativo
Cobertura	Presencia del programa de Ingeniería Industrial o Afín
	Presencia de la asignatura de simulación
	Carácter de la asignatura
	Semestre en el cual se dicta la asignatura de simulación
	Prerrequisitos para cursar la asignatura
Metodología de Enseñanza	Tipo de software que se enseña
	Método de la asignatura
	Unidades temáticas

Fuente: Autora

El instrumento empleado para la recolección de información constó de tres hojas de cálculo, cuya estructura se presenta a continuación.

La información capturada se puede encontrar en el archivo Anexo A.

1. Características Generales

Tabla 14 Características Generales

RANKING	NOMBRE CENTRO EDUCATIVO	PORTAL WEB	UBICACIÓN	TIPO
Posición que el centro educativo a analizar ocupa en el Ranking Web de Universidades	Nombre del centro educativo	Página Web que se consultó para extraer la información	Lugar donde se ubica la sede principal del centro educativo	Se deseaba identificar si el centro educativo era de carácter público o privado

Fuente: Autora

2. Cobertura

Tabla 15 Elementos de cobertura

Ranking	Posición del centro educativo en la Base de Datos estudiada
Presencia del pregrado de Ingeniería Industrial o afín, a nivel profesional	El primer filtro de la búsqueda fue identificar si en el centro educativo a analizar existía la carrera a nivel profesional de Ingeniería Industrial o Afín; en caso de que la hubiera se marcaba una "S" de lo contrario una "N"
Presencia de la asignatura de simulación discreta en el plan de estudio	Un segundo filtro fue reconocer aquellos centros educativos que dentro del pregrado de Ingeniería Industrial o afín tenía la asignatura de Simulación Discreta. Las opciones de este campo fueron: NA = Si el centro educativo no contaba con el pregrado de Ingeniería Industrial o afín N= Si el centro educativo contaba con la carrera de Ingeniería Industrial pero no con la asignatura de Simulación Discreta S= Si el centro educativo contaba con la carrera de Ingeniería Industrial y con la asignatura de Simulación Discreta
Carácter de la asignatura de Simulación Discreta	Las opciones que se encontraron fueron de carácter obligatorio o electivo. Las opciones de este campo fueron: NA = Si el centro educativo no contaba con el pregrado de Ingeniería Industrial o afín, o aun con contar con el pregrado no dictaban la asignatura de simulación discreta Obligatoria= Si el centro educativo daba un carácter obligatorio a la asignatura de Simulación Discreta Electiva= Si el centro educativo daba la asignatura de Simulación Discreta como una electiva
Semestre	Se identificó el semestre en el cual se tiene asignada la materia de Simulación Discreta. En caso de que la asignatura no fuera dictada o no existiera el pregrado de Ingeniería Industrial en el centro educativo se colocaba "NA", de lo contrario el semestre identificado.
Prerrequisitos	Por último se analizó cuál o cuáles eran las asignaturas prerrequisitos que se debían haber cursado para asistir a la asignatura de simulación discreta.

Fuente: Autora

3. Metodología de Enseñanza

Tabla 16 Información sobre metodología de enseñanza

Ranking	Posición del centro educativo en la Base de Datos estudiada
Software empleado en la asignatura	Nombre de la herramienta computacional que se enseña en la asignatura de simulación discreta. Para los casos donde no se tuvo acceso a esta información

	se completó este campo con "NN", en los otros con el nombre del software
Método para dictar la asignatura de simulación discreta	Se identificó el método con el que se dicta la asignatura. Para esto se empleó en la mayoría de los casos información brindada por el Plan de Estudio o la descripción metodológica de la asignatura.
Se tuvo acceso a las unidades temáticas de la asignatura	Al analizar cada centro educativo, se buscaba si este brindaba información sobre las unidades temáticas o el proyecto curricular. Si era así se marcaba con una "S" este campo y se guardaba el documento hallado, para luego, este ser estudiado.

Fuente: Autora

4.2. Procesamiento y análisis de la información referente a métodos de enseñanza empleados en programas de ingeniería industrial del país

La información obtenida fue procesada mediante el software Microsoft Excel. A continuación se presenta en síntesis la información recolectada.

1. Características Generales

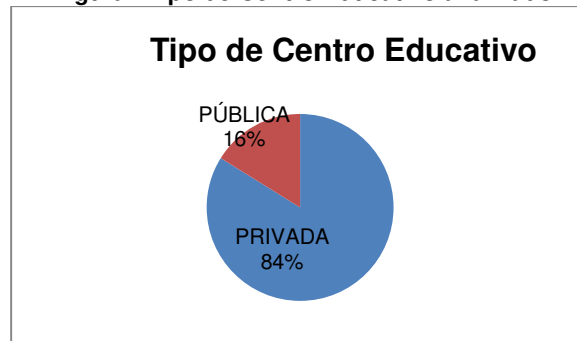
De los 167 centros educativos analizados se encontró que el 80% de estos se encuentran ubicados entre las ciudades de Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena, Pereira, Villavicencio, Boyacá y Bucaramanga. Además 140 de los centros educativos fueron de carácter privado, los demás fueron instituciones públicas de educación. Ver Tabla 17 Tipo de Centro Educativo analizado Tabla 18 Ubicación de los centros educativos Figura 5 Ubicación de los centros educativos Figura 4 Tipo de Centro Educativo analizado y Tabla 18 Ubicación de los centros educativos Figura 5 Ubicación de los centros educativos

Tabla 17 Tipo de Centro Educativo analizado

TIPO	CANTIDAD	PORCENTAJE
PRIVADA	140	83,8%
PUBLICA	27	16,2%
TOTAL	167	100,0%

Fuente: Autora

Figura 4 Tipo de Centro Educativo analizado



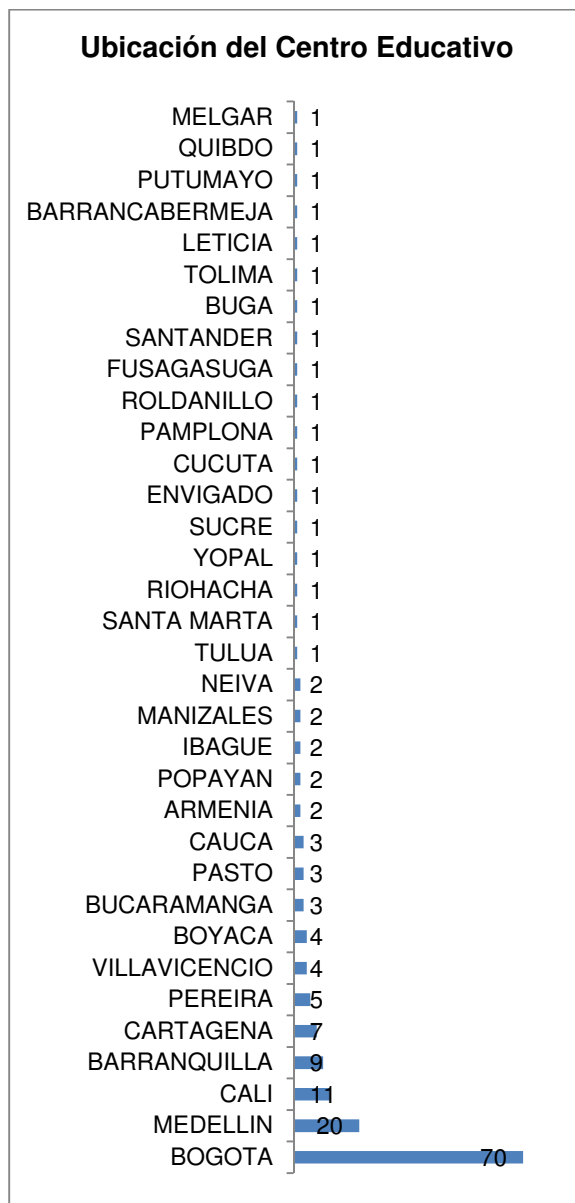
Fuente: Autora

Tabla 18 Ubicación de los centros educativos

UBICACIÓN	CANTIDAD	PORCENTAJE
BOGOTA	70	41,9%
MEDELLIN	20	12,0%
CALI	11	6,6%
BARRANQUILLA	9	5,4%
CARTAGENA	7	4,2%
PEREIRA	5	3,0%
VILLAVICENCIO	4	2,4%
BOYACA	4	2,4%
BUCARAMANGA	3	1,8%
PASTO	3	1,8%
CAUCA	3	1,8%
ARMENIA	2	1,2%
POPAYAN	2	1,2%
IBAGUE	2	1,2%
MANIZALES	2	1,2%
NEIVA	2	1,2%
TULUA	1	0,6%
SANTA MARTA	1	0,6%
RIOHACHA	1	0,6%
YOPAL	1	0,6%
SUCRE	1	0,6%
ENVIGADO	1	0,6%
CUCUTA	1	0,6%
PAMPLONA	1	0,6%
ROLDANILLO	1	0,6%
FUSAGASUGA	1	0,6%
SANTANDER	1	0,6%
BUGA	1	0,6%
TOLIMA	1	0,6%
LETICIA	1	0,6%
BARRANCABERMEJA	1	0,6%
PUTUMAYO	1	0,6%
QUIBDO	1	0,6%
MELGAR	1	0,6%
TOTAL	167	100,0%

Fuente: Autora

Figura 5 Ubicación de los centros educativos



Fuente: Autora

Además se identificó la relación entre el tipo centro educativo y la ubicación del mismo.

Tabla 20 Relación tipo de centro educativo y ubicación del mismo

TIPO	UBICACIÓN	CANTIDAD	PORCENTAJE
PRIVADA	BOGOTA	64	45,7%
	MEDELLIN	19	13,6%
	BARRANQUILLA	9	6,4%
	CALI	9	6,4%
	CARTAGENA	5	3,6%
	PEREIRA	4	2,9%
	BOYACA	3	2,1%
	BUCARAMANGA	3	2,1%
	VILLAVICENCIO	3	2,1%
	POPAYAN	2	1,4%
	PASTO	2	1,4%
	CAUCA	2	1,4%
	TOLIMA	1	0,7%
	RIOHACHA	1	0,7%
	NEIVA	1	0,7%
	ARMENIA	1	0,7%
	SANTA MARTA	1	0,7%
	MANIZALES	1	0,7%
	BARRANCABERMEJA	1	0,7%
	BUGA	1	0,7%
	SUCRE	1	0,7%
	CUCUTA	1	0,7%
	TULUA	1	0,7%
	ENVIGADO	1	0,7%
	YOPAL	1	0,7%
	FUSAGASUGA	1	0,7%
IBAGUE	1	0,7%	
TOTAL		140	100,0%

Fuente: Autora

Tabla 19 Relación tipo de centro educativo y ubicación del mismo

TIPO	UBICACIÓN	CANTIDAD	PORCENTAJE
PUBLICA	BOGOTA	6	22,2%
	CALI	2	7,4%
	CARTAGENA	2	7,4%
	BOYACA	1	3,7%
	ROLDANILLO	1	3,7%
	PUTUMAYO	1	3,7%
	MELGAR	1	3,7%
	VILLAVICENCIO	1	3,7%
	NEIVA	1	3,7%
	PASTO	1	3,7%
	PAMPLONA	1	3,7%
	CAUCA	1	3,7%
	PEREIRA	1	3,7%
	IBAGUE	1	3,7%
	QUIBDO	1	3,7%
	LETICIA	1	3,7%
	SANTANDER	1	3,7%
	MANIZALES	1	3,7%
	ARMENIA	1	3,7%
	MEDELLIN	1	3,7%
TOTAL		27	100,0%

Fuente: Autora

También se analiza la información, visualizando de qué tipo y en dónde se ubican los 15 centros educativos con posición más alta en el Ranking Web de Universidades para Colombia.

Tabla 22 Análisis tipo de centro educativo y ubicación del mismo en el ranking

TIPO	POSICIÓN DEL CENTRO EDUCATIVO EN EL RANKING
PÚBLICA	1
	3
	7
	9
	11
	14
	15

Tabla 21 Análisis ubicación física del centro educativo y posición

UBICACION FISICA	POSICION DEL CENTRO EDUCATIVO EN EL RANKING
BOGOTA	1
	2
	4
	6
	10
MANIZALES	7
SANTANDER	9
MEDELLIN	3
PEREIRA	14
CALI	11
BARRANQUILLA	8
CAUCA	15

Fuente: Autora

PRIVADA	2
	4
	6
	8
	10

Igualmente se se pudo acceder al portal web de todos los centros educativos de interes. Fuente: Autora

2. Cobertura

Variable: Presencia del pregrado de Ingeniería Industrial o afín, a nivel profesional

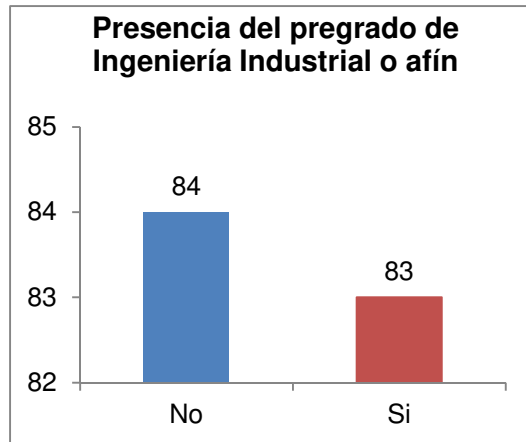
De los centros educativos analizados se encontró que 84 de ellos no ofertaban el pregrado de Ingeniería Industrial o afín, a nivel profesional.

Figura 6 Presencia del pregrado de Ingeniería Industrial o afín, a nivel profesional

Tabla 23 Centros Educativos que ofertaban el pregrado de Ingeniería Industrial o afín

Presencia del pregrado a nivel profesional de Ingeniería Industrial o afín.	Cantidad	Porcentaje
No	84	50,3%
Si	83	49,7%
TOTAL	167	100,0%

Fuente: Autora



Fuente: Autora

Al analizar la variable de la presencia del pregrado de Ingeniería Industrial o afín y la posición de los centros educativos, se identifica que el 86.7% de los 15 centros educativos con mejor posición en el ranking ofertan este programa académico o uno afín.

Tabla 24 Análisis de presencia del pregrado de Ingeniería Industrial o afín y el ranking del centro educativo

Presencia de la carrera de pregrado de Ingeniería Industrial o Afín, a nivel profesional.	Posición del centro educativo en el ranking
SI	1
	2
	3
	4
	7
	8
	9
	10
	11

	14
NO	6
	15

Fuente: Autora

Variable: Presencia de la asignatura de simulación discreta en el plan de estudio

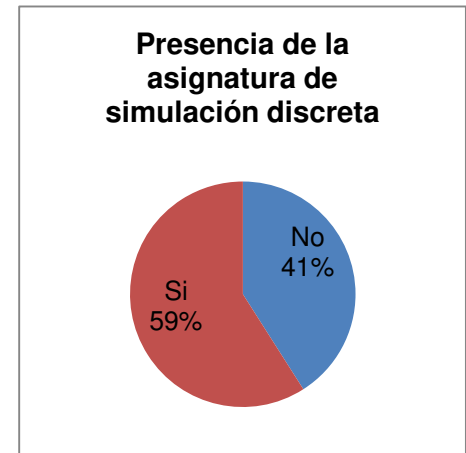
Así mismo de aquellos centros educativos donde había presencia del pregrado de Ingeniería Industrial o afín, se encontró que 41% no ofertaban la asignatura de simulación discreta.

Tabla 25 Centros educativos que dictan la asignatura de simulación discreta para el pregrado de Ingeniería Industrial o afín

Presencia de la asignatura de simulación discreta en el plan de estudio	Cantidad	Porcentaje
No	34	41,0%
Si	49	59,0%
TOTAL	83	100,0%

Fuente: Autora

Figura 7 Centros educativos que dictan la asignatura de simulación discreta para el pregrado de Ingeniería Industrial o afín



Fuente: Autora

Igualmente se realiza el análisis entre la variable de la presencia de la asignatura de simulación discreta en el plan de estudio y la posición del centro educativo en el ranking. De esta forma se identificó que de aquellos centros educativos que ofertan el pregrado de Ingeniería Industrial a nivel profesional y ocupan las 15 posiciones más altas, en un 100% brindan la asignatura de simulación discreta.

Variable: Carácter de la asignatura de Simulación Discreta

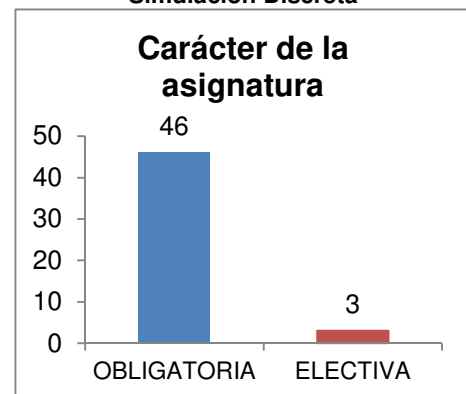
De aquellas instituciones donde se oferta el pregrado de Ingeniería Industrial o afín, y se dicta la asignatura de simulación discreta. Se identificó que el 6.1% presenta la asignatura como una electiva, es decir, el estudiante puede o no tomarla.

Tabla 26 Carácter de la asignatura de Simulación Discreta

Carácter de la asignatura de Simulación Discreta	Cantidad	Porcentaje
OBLIGATORIA	46	93,9%
ELECTIVA	3	6,1%

76

Figura 8 Carácter de la asignatura de Simulación Discreta



Fuente: Autora

TOTAL	49	100,0%
--------------	-----------	---------------

Fuente: Autora

Al evaluar el carácter de la asignatura con la posición de los centros educativos en el ranking; se identificó que, dentro de los 15 centros mejor posicionados, sólo uno tiene como electiva la asignatura de simulación discreta.

Tabla 27 Análisis entre el carácter de la asignatura y la posición del centro educativo en el ranking

Carácter de la asignatura de Simulación Discreta	Posición del centro educativo en el ranking
OBLIGATORIA	1
	2
	3
	4
	7
	8
	10
	11
ELECTIVA	9

Fuente: Autora

Variable: Semestre en el cual se dicta la asignatura de simulación

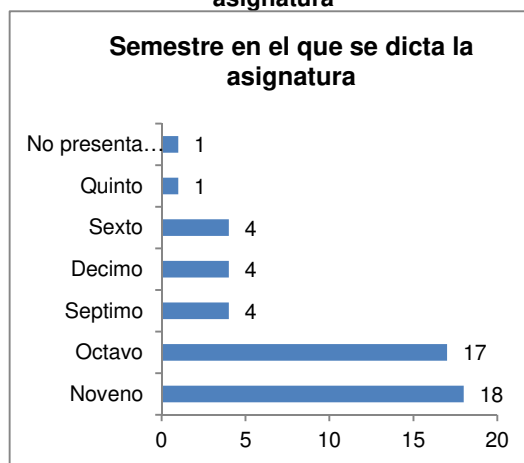
Respecto al semestre en el cual la asignatura debe ser cursada, se encontró que 4 de los centros educativos la ubican en decimo semestre, 18 en noveno, 17 en octavo, 9 entre séptimo y quinto. Además solo un centro educativo no tenía publicado esta información.

Tabla 28 Semestre en el cual se dicta la asignatura

Semestre	Cantidad	Porcentaje
Decimo	4	8,2%
Noveno	18	36,7%
Octavo	17	34,7%
Séptimo	4	8,2%
Sexto	4	8,2%
Quinto	1	2,0%
No presenta información	1	2,0%
TOTAL	49	100,0%

Fuente: Autora

Figura 9 Semestre en cual se dicta la asignatura



Fuente: Autora

Al evaluar la relación entre las variables: i) semestre en el que se plantea la asignatura y ii) posición del centro educativo en el ranking, después de haber

aplicado los filtros de centros educativos que oferten el pregrado de Ingeniería Industrial y la asignatura de simulación; se encuentra que de los 15 centros educativos mejor posicionado, cuatro plantean la asignatura en noveno semestre, tres en octavo, dos en sexto y uno en séptimo.

Tabla 29 Análisis entre el semestre en el que se plantea la asignatura y posición del centro educativo

Semestre	Posición del centro educativo en el ranking
Noveno	1
	4
	9
	14
Octavo	7
	8
	10
Sexto	2
	3
Séptimo	11

Fuente: Autora

Variable: Prerrequisitos para cursar la asignatura

Referente a los prerrequisitos de la asignatura de simulación discreta, se identificó que en algunos casos más de una materia debía haberse cursado o que los requisitos se abordaban respecto a número de créditos aprobados.

Tabla 30 Prerrequisitos de la asignatura

Prerrequisito	Cantidad	Porcentaje
INVESTIGACION DE OPERACIONES II	23	37,7%
LOGISTICA Y DISTRIBUCION	9	14,8%
ESTADISTICA II	8	13,1%
PLANEACION DE LA PRODUCCION	4	6,6%
CUMPLIR NUMERO DE CREDITOS EXIGIDOS	3	4,9%
INVESTIGACION DE OPERACIONES I	3	4,9%
DINAMICA DE SISTEMAS	3	4,9%
HABILIDADES GERENCIALES	2	3,3%
PROGRAMACION ESTOCASTICA	2	3,3%
PRODUCCION II	2	3,3%
TEORIA GENERAL DE SISTEMAS	1	1,6%
NO PRESENTA INFORMACION	1	1,6%
TOTAL	61	100,0%

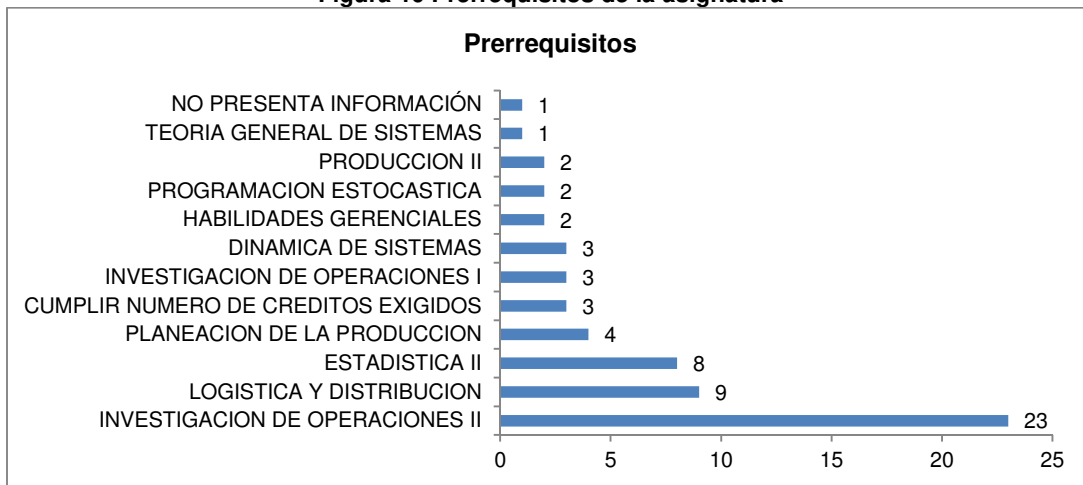
Fuente: Autora

De la información capturada sobre esta variable, se puede decir que un 37.7% de las veces la asignatura prerrequisito es Investigación de Operaciones II, un 14.8% es logística y distribución, 13.1% la materia de Estadística II, un 6.6% es planeación de la producción y con una misma participación del 4.9% se encuentra las asignaturas de Investigación de Operaciones I, Dinámica de Sistemas y haber cumplido un número de créditos. (Ver Figura 10 Prerrequisitos de la asignatura)

Es necesario mencionar que el prerrequisito de cierto número de créditos cursados, es para cuando la asignatura tiene un carácter electivo.

Por último se analizaron cuales son los prerrequisitos que exigen los centros educativos posicionados en los 15 primeros puestos del ranking, que además ofertan el pregrado de Ingeniería Industrial y dictan la asignatura de simulación discreta. (Ver Tabla 31 Análisis de prerrequisitos exigidos en los centros educativos mejor posicionados)

Figura 10 Prerrequisitos de la asignatura



Fuente: Autora

Tabla 31 Análisis de prerrequisitos exigidos en los centros educativos mejor posicionados

Prerrequisito	Posición del centro educativo en el ranking
INVESTIGACION DE OPERACIONES II	1
	7
	8
	9
	10
	11
	14
ESTADISTICA II	2
	3
	4
	7
PLANEACION DE LA PRODUCCION	4
	11
DINAMICA DE SISTEMAS	2
	3
PRODUCCION II	2
PROGRAMACION ESTOCASTICA	3
TEORIA GENERAL DE SISTEMAS	7
LOGISTICA Y DISTRIBUCION	8

Fuente: Autora

3. Metodología de Enseñanza

Variable: Software empleado en la asignatura

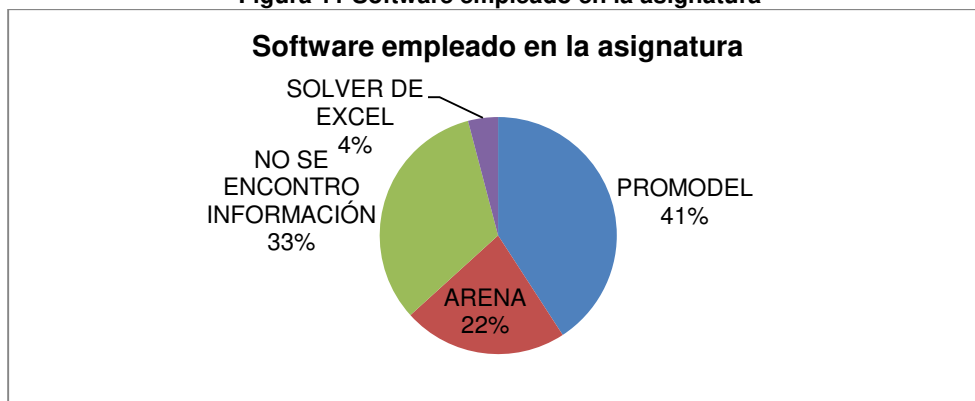
Se identificó que el software más empleado para conducir la asignatura de simulación discreta, por aquellos centros educativos que ofertan el pregrado de Ingeniería Industrial, es Promodel, seguido de Arena; además en 32.7% de los casos no se encontró esta información pues los centros educativos no la divulgan.

Tabla 32 Software empleado en la asignatura

Software	Cantidad	Porcentaje
PROMODEL	20	40,8%
ARENA	11	22,4%
NO SE ENCONTRO INFORMACIÓN	16	32,7%
SOLVER DE EXCEL	2	4,1%
TOTAL	49	100,0%

Fuente: Autora

Figura 11 Software empleado en la asignatura



Fuente: Autora

Igualmente se cruzó la información en relación al software empleado para dictar la asignatura y los 15 centros educativos mejor posicionados en el ranking.

Tabla 33 Análisis entre software empleado y posición de centros educativos

Software empleado en la asignatura	Posición del centro educativo en el ranking
PROMODEL	1
	2
	3
	4
	7
	8
	9
	10
	11

	14
SOLVER DE EXCEL	7

Fuente: Autora

Variable: Método para dictar la asignatura de simulación discreta

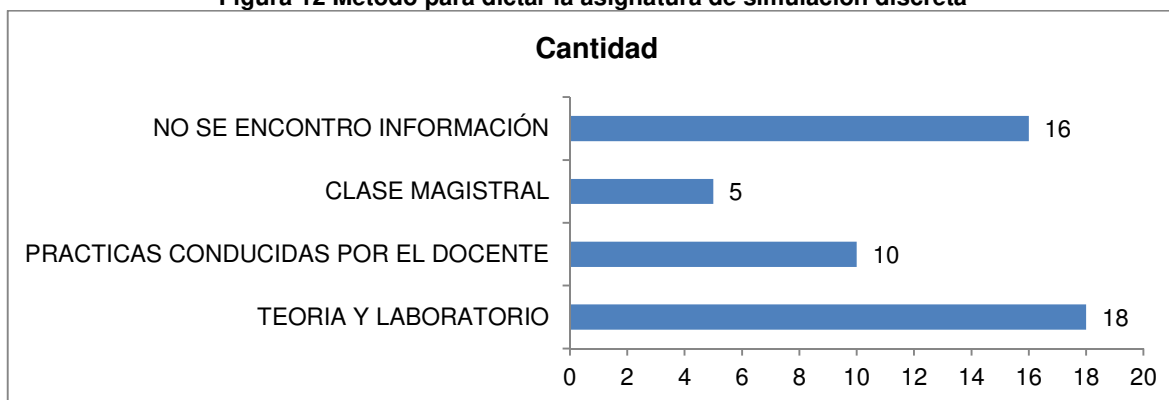
Al analizar esta variable se identificó que 16 centros educativos no presentaban información sobre el método empleado para dictar la asignatura, así mismo, 18 de estos en los planes de estudio identifican la asignatura bajo el método teoría y laboratorio, mientras 10 centros educativos estipulan que la dictan bajo prácticas conducidas por el docente.

Tabla 34 Método para dictar la asignatura de simulación discreta

Método para dictar la asignatura de simulación discreta	Cantidad	Porcentaje
TEORÍA Y LABORATORIO	18	36,7%
PRACTICAS CONDUCCIDAS POR EL DOCENTE	10	20,4%
CLASE MAGISTRAL	5	10,2%
NO SE ENCONTRO INFORMACIÓN	16	32,7%
TOTAL	49	100,0%

Fuente: Autora

Figura 12 Método para dictar la asignatura de simulación discreta



Fuente: Autora

Variable: Unidades temáticas

De los 49 centros educativos analizados que ofertaban el pregrado de Ingeniería Industrial y dictaban la asignatura de Simulación Discreta, sólo se tuvo acceso a cinco proyectos curriculares, provenientes de:

- Universidad Piloto de Colombia
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas
- Pontificia Universidad Javeriana
- Universidad Industrial de Santander
- Universidad Tecnológica de Pereira

Estos cinco documentos se analizaron bajo elementos como:

- Problema general planteado en la asignatura
- Competencia de Énfasis
- Contenido de las Unidades Temáticas
- Herramientas Pedagógicas empleadas
- Recursos utilizados

A continuación se presentan los cuadros comparativos realizados para cada aspecto.

Tabla 35 Problema general planteado en la asignatura

Centro Educativo	Problema General
Universidad Piloto de Colombia	Preparar a los futuros egresados en la aplicación de metodologías, herramientas y conceptos para la oportuna toma de decisiones en ambientes altamente complejos y dinámicos; permitiendo un manejo racional de los recursos disponibles, apoyándose en la aplicación de diversos modelos matemáticos
Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Proporcionar al estudiante la información necesaria para que adquiera destrezas y habilidades en el desarrollo de un estudio de simulación, en las etapas de definición del sistema, formulación del modelo, instrumentación, desarrollo algorítmico e interpretación de resultados, fundamentado en los procesos experimentales que se realizan en los computadores, con el fin de crear condiciones para que como Ingeniero Industrial utilice herramientas de simulación en los procesos de toma de decisiones en su ejercicio profesional.
Pontificia Universidad Javeriana	Brindar herramientas para que los estudiantes en su rol profesional empleen en la toma de decisiones en contextos complejos y ambientados en sistemas de producción
Universidad Industrial de Santander	Capacitar al estudiante en la administración del proceso integral de la cadena de suministros, mediante la aplicación de técnicas y herramientas que contribuyen a optimizar y simplificar las actividades destinadas a gestionar el flujo de materiales e información.
Universidad Tecnológica de Pereira	Plantear y resolver modelos matemáticos que describan de forma aproximada los diferentes factores involucrados en la toma de decisiones a nivel de producción, inventarios, inversiones, operaciones, distribución de recursos disponibles.

Fuente: Autora

Tabla 36 Competencia de Énfasis

Centro Educativo	Competencia de Énfasis
Universidad Piloto de Colombia	Tomar decisiones en temas de operaciones mediante el uso de métodos cuantitativos.
Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Tomar decisiones en ambientes altamente complejos
Pontificia Universidad Javeriana	Reconocer la metodología y herramientas que se pueden emplear para el adecuado proceso de modelaje de sistemas de producción altamente complejos.
Universidad Industrial de Santander	Reconocer técnicas matemáticas y de simulación referente a la administración del proceso integral de la cadena de suministros
Universidad Tecnológica de Pereira	Simular y modelar la operación de diversos sistemas utilizando las técnicas de simulación, de acuerdo con las demandas de la organización

Fuente: Autora

Tabla 37 Contenido de las Unidades Temáticas

Contenido de la Unidad Temática	Universidad Piloto de Colombia	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Pontificia Universidad Javeriana	Universidad Industrial de Santander	Universidad Tecnológica de Pereira
Introducción a la simulación	X	X	X	X	X
Generación Números aleatorios y pruebas de validación	X	X	X		X
Generadores de Proceso		X	X		X
Estadísticas de Entrada		X	X		X
Estadísticas de los Procesos		X	X		X
Introducción manejo del software	X	X	X	X	X
Modelos de líneas de espera	X	X		X	
Simulación sistemas productivos y de inventarios	X	X	X		X
Simulación sistemas de distribución y cadena logística				X	
Simulación sistemas de redes			X		X

Fuente: Autora

Tabla 38 Herramientas Pedagógicas empleadas

Herramienta Pedagógica	Universidad Piloto de Colombia	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Pontificia Universidad Javeriana	Universidad Industrial de Santander	Universidad Tecnológica de Pereira
Lectura de artículos especializados	X	X	X	X	X
Talleres grupales o individuales liderados por el docente	X	X	X	X	X
Casos de Estudio	X	X	X	X	X
Clases Magistrales	X	X	X	X	X
Exposición por parte de los estudiantes					X

Fuente: Autora

Tabla 39 Recursos utilizados

Recursos	Universidad Piloto de Colombia	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Pontificia Universidad Javeriana	Universidad Industrial de Santander	Universidad Tecnológica de Pereira
Herramienta computacional versión estudiante	X	X	X	X	X
Texto guía			X	X	X
Laboratorio de computo	X	X	X	X	X

Referente a los proyectos curriculares analizados, se considera relevante listar las fuentes de información que estos referencian para dictar la asignatura de simulación discreta.

Fuentes de información referenciadas para dictar la asignatura de simulación discreta

- Investigación de las operaciones. Handy Taha. Pearson. 2004
- Introducción a la Investigación de las operaciones. Lieberman, Gerard y Hillier, Frederick. Mc Graw Hill. 1998
- Métodos cuantitativos para la administración. Hillier, Fredereick. Mc Graw Hill, 2002.
- Análisis de la producción y las operaciones. Steven Nahmias. Mc Graw Hill, 2007.
- Simulación un enfoque práctico. Coss, BU. Limusa, 1993.
- Métodos y modelos de investigación de Operaciones Tomo I. Juan Prawda W. Limusa, 2004.
- Simulation Modeling & Analysis, M. Law Averril, David Kelton, Mc Graw Hill, 1991.
- Técnicas de Simulación en Computadoras. Thomas Naylor, Joseph Banlintfy, Donald S. Burdick, Kong Chu. Limusa, 1992.
- System Improvement Using Simulation, Robert Bateman, Charles Harrell. 1995.

4.3. Instrumento para la recolección de la información referente a los instrumentos pedagógicos desarrollados por el grupo de investigación GEIO

El instrumento diseñado tenía como fin la caracterización de los experimentos lúdicos desarrollados desde el grupo GEIO para conducir procesos de enseñanza en el área de investigación de operaciones y estadística, por lo anterior, el instrumento de recolección de información se dividió en:

Tabla 40 Descripción del instrumento empleado para la recolección de información sobre los experimentos lúdicos desarrollados por el grupo GEIO

Aspecto	Descripción
Características Generales	Nombre de la herramienta pedagógica
	Tipo de herramienta pedagógica
	Contexto Teórico
	Asignaturas en las que se puede aplicar la herramienta pedagógica
	Breve descripción de la herramienta
Descripción Herramienta	Nombre de la herramienta pedagógica
	Autor(es) de herramienta
	Tiempo
	Materiales
	Espacio
	Recurso humano
Desarrollo de la herramienta	

El instrumento para recolectar la información, constó de dos hojas de cálculo. A continuación se presenta la estructura de cada una.

1. Características Generales

Tabla 41 Elementos a considerar respecto a características generales de los experimentos lúdicos analizados

Número	Consecutivo dado por la investigadora para contabilizar el número de experimentos a evaluar
Nombre del experimento	Nombre asignado por el grupo GEIO al experimento lúdico
Tipo de herramienta pedagógica	Clasificación brindada al experimento. Este campo podía ser: Herramienta Lúdica, Cuento.
Contexto Teórico	Temáticas de Ingeniería Industrial que propone el grupo GEIO pueden trabajarse al emplear la herramienta pedagógica
Asignatura	Asignaturas en las que se puede aplicar la herramienta pedagógica. La lista de asignaturas que ocupan esta categoría se escogieron en relación al listado de materias que ofrece actualmente el pregrado de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira.
Breve Descripción	Corresponde a un resumen de las características de la herramienta lúdica, su procedencia y empleo.

Fuente: Autora

2. Descripción Herramienta

Tabla 42 Elementos a considerar respecto a la descripción de las herramientas lúdicas estudiadas

Número	Consecutivo asignado previamente
Autor(es)	Referencia bibliográfica del experimento lúdico
Tiempo	Tiempo requerido para la ejecución del experimento. Información dada en minutos
Materiales	Recursos físicos necesarios para ejecutar el experimento lúdico
Espacio	Espacio necesario para la ejecución de la actividad
Recurso Humano	Número de participantes necesarios para ejecutar el experimento. Se considera este valor sin tener en cuenta al orientador(es)
Desarrollo de la Herramienta	Forma de ejecutar la herramienta pedagógica.

Fuente: Autora

La información capturada se puede encontrar en el archivo Anexo B.

4.4. Procesamiento y análisis de la información referente a los instrumentos pedagógicos desarrollados por el grupo de investigación GEIO

La información obtenida fue procesada mediante el software Microsoft Excel. Así mismo, se analizaron 23 experimentos lúdicos del grupo GEIO publicados en la cartilla "Investigación en nuevas prácticas pedagógicas para la Ingeniería: Recopilación de actividades lúdicas para la enseñanza de la Ingeniería Industrial".

De los experimentos analizados se encuentra que el 78% de ellos corresponde a herramientas lúdicas, las restantes 5 son cuentos.

Tabla 43 Tipo de herramientas analizadas

Tipo de Herramienta	Cantidad	Porcentaje
---------------------	----------	------------

HERRAMIENTA LÚDICA	18	78,3%
CUENTO	5	21,7%
TOTAL	23	100,0%

Fuente: Autora

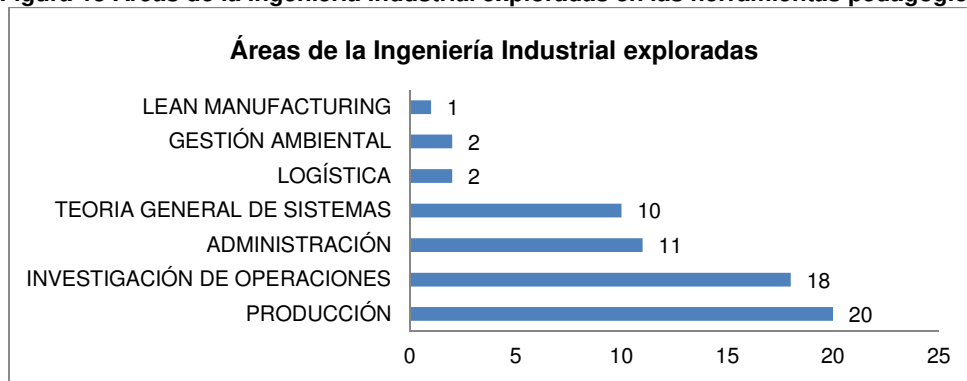
A partir de reconocer los contextos teóricos de los experimentos lúdicos analizados, se identificaron las área de Ingeniería Industrial a los cuales pertenecían estas temáticas y se encontró que la mayor rama de conocimiento explorada es la referente a la Producción, seguida de la Investigación de Operaciones, Administración y Teoría General de los Sistemas.

Tabla 44 Áreas de la Ingeniería Industrial exploradas en las herramientas pedagógicas

Área de la Ingeniería Industrial	Cantidad	Porcentaje
PRODUCCIÓN	20	31,3%
INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES	18	28,1%
ADMINISTRACIÓN	11	17,2%
TEORIA GENERAL DE SISTEMAS	10	15,6%
LOGÍSTICA	2	3,1%
GESTIÓN AMBIENTAL	2	3,1%
LEAN MANUFACTURING	1	1,6%
TOTAL	64	100,0%

Fuente: Autora

Figura 13 Áreas de la Ingeniería Industrial exploradas en las herramientas pedagógicas



Fuente: Autora

Así mismo, se identifica de manera detallada los contextos teóricos de los experimentos analizados.

Tabla 45 Detallado Contexto Teórico

Contexto Teórico	Cantidad	Contexto Teórico	Cantidad
Concepto sistema	7	Efecto látigo	1
Trabajo en equipo	4	Sistema productivo job shop	1
Kanban	4	Estructura y comportamiento sistema	1
Just in time	3	Teorema del límite central	1
Sostenibilidad	2	Estudio de tiempos y movimientos	1
Secuencia	2	MRP I	1
Métodos y tiempos	2	Flow shop	1
Comunicación	2	Muestra	1

Contexto Teórico	Cantidad	Contexto Teórico	Cantidad
Simulación	2	Arquetipo de desplazamiento de la carga	1
Cadena de suministros	2	Negociación	1
Gobernanza de los comunes	2	Iniciativa	1
Administración de la capacidad	2	Orientación ética	1
Lean manufacturing	2	Introducción a la simulación continua	1
Muestreo Monte Carlo	1	Planeación	1
Seguridad industrial	1	Investigación AHP	1
Producción básica	1	Problema de cargo	1
Concepto de modelo	1	Job shop	1
Ciclos reforzante	1	Programación lineal	1
Arbole de probabilidad	1	Arquetipo de la escala	1
Pensamiento sistémico	1	Pull	1
Creatividad	1	Arquetipo de soluciones rápidas que fallan	1
Push	1	Rango	1
Curtosis	1	Arquetipos sistémicos	1
Ciclos balanceantes	1	Administración de personal	1
Curvas de aprendizaje	1	Liderazgo	1
Mudas en la producción	1	Cellular Process	1
Desviación estándar	1	Media aritmética o promedio	1
Organización	1	Sistemas dinámicos	1
Diseño de puesto de trabajo	1	Mejoras en líneas	1
Población	1	Tasa de aprendizaje	1
Diagrama de frecuencias	1	Método de trabajo	1
Project process	1	Teoría de colas	1
Distribución de probabilidad	1	Atención al cliente	1
Responsabilidad social	1	Antropología industrial	1

Fuente: Autora

De este aspecto, sobresale que la temática que puede ser abordada con mayor número de experimentos del grupo GEIO es el concepto de sistema, seguido de trabajo en equipo y herramientas de Lean Manufacturing.

De la información recolectada, también, se buscó identificar en que asignatura podía ser empleado el experimento lúdico analizado, de lo que se encontró que una misma herramienta puede ser usada para el desarrollo de diferentes materias. Igualmente, la asignatura que contaba con más experimentos lúdicos para ser empleados era la simulación con 15 herramientas pedagógicas, así mismo, las asignaturas de administración e Introducción a la Ingeniería Industrial contaban con 12 actividades cada una.

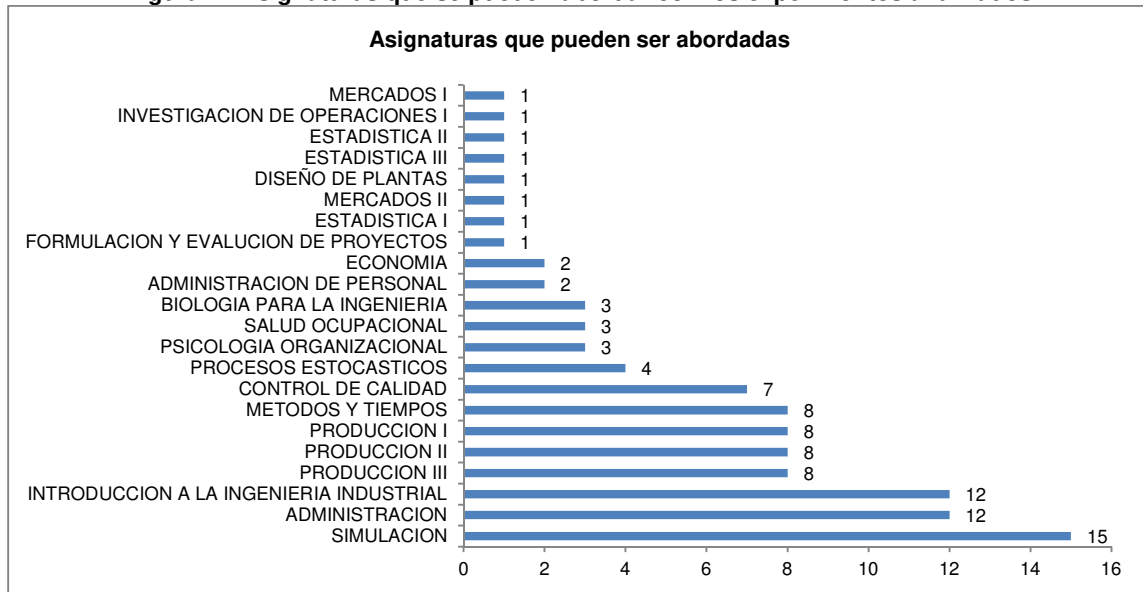
Tabla 46 Asignaturas que se pueden abordar con los experimentos analizados

Asignatura	Cantidad
SIMULACION	15
ADMINISTRACION	12
INTRODUCCION A LA INGENIERIA INDUSTRIAL	12
PRODUCCION III	8
PRODUCCION II	8
PRODUCCION I	8
METODOS Y TIEMPOS	8
CONTROL DE CALIDAD	7
PROCESOS ESTOCASTICOS	4
PSICOLOGIA ORGANIZACIONAL	3
SALUD OCUPACIONAL	3
BIOLOGIA PARA LA INGENIERIA	3
ADMINISTRACION DE PERSONAL	2
ECONOMIA	2

Asignatura	Cantidad
FORMULACION Y EVALUCION DE PROYECTOS	1
ESTADISTICA I	1
MERCADOS II	1
DISEÑO DE PLANTAS	1
ESTADISTICA III	1
ESTADISTICA II	1
INVESTIGACION DE OPERACIONES I	1
MERCADOS I	1
TOTAL	103

Fuente: Autora

Figura 14 Asignaturas que se pueden abordar con los experimentos analizados



Fuente: Autora

En este análisis se identificaron los experimentos lúdicos desarrollados por el grupo GEIO que explorarán alguna temática de la Investigación de Operaciones y Estadística, a continuación se enuncia el resultado.

Tabla 47 Experimentos desarrollados por GEIO que abordan alguna temática de la Investigación de Operaciones y Estadística

Nombre	Asignatura
EL SENTIDO DE LAS MUESTRAS	ESTADISTICA I
	ESTADISTICA II
	ESTADISTICA III
MESAS Y SILLAS	INVESTIGACION DE OPERACIONES I
ROUGE RIVER Y LAS MUDAS	PROCESOS ESTOCASTICOS
	SIMULACION
FABRICA DE VASOS	PROCESOS ESTOCASTICOS
	SIMULACION
GORROS DE PAPEL	PROCESOS ESTOCASTICOS
	SIMULACION
YOKIMABOBS	PROCESOS ESTOCASTICOS
EL MANCO, EL CIEGO Y EL MUDO	SIMULACION
FABRICA DE CAMISAS	
JOB SHOP	
TRABAJANDO EN EL LABORATORIO DE PRODUCCION	

Nombre	Asignatura
GORRAS OLIMPICAS	
BEER GAME	
FISH BANK	
SI LE DAS UNA GALLETITA A UN RATON	
EL GATO EN LA GORRA	
LA QUEJA DE GECKO	
LOS SNEETCHES Y OTRAS HISTORIAS	
LAS SEMILLAS MAGICAS DE ANNO	

Fuente: Autora

Por último, se caracterizan los experimentos mencionados en la Tabla 47 Experimentos desarrollados por GEIO que abordan alguna temática de la Investigación de Operaciones y Estadística.

Tabla 48 El sentido de las muestras

Nombre	El sentido de las Muestras
Referencia Bibliográfica	Heineke, J. N., & Meile, L. C. (Eds.). (1995). Games and exercises for operations management: hands-on learning activities for basic concepts and tools. Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall.
Tiempo Requerido	De 60 – 75 minutos
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Dos mazo de cartas por equipo • Lápiz • Formatos de gráficas para realizar los diagramas de interés
Espacio	Salón con mesas y sillas
Recurso Humano	Mínimo tres participantes
Contexto Teórico	<ul style="list-style-type: none"> • Conceptos de estadística como población, muestra, rango, moda, media aritmética, desviación estándar, histograma, distribución de probabilidad • Teorema del Límite Central
Breve Descripción	<p>Antes de comenzar la actividad, se divide al grupo en equipos de forma que cada equipo este conformado por un mínimo de tres participantes; además, dentro de cada equipo se deben establecer los roles de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Barajador: Participante encargado de barajar varias veces el mazo de cartas, antes de comenzar la lúdica, con el fin de crear aleatoriedad en el experimento y asegurar que no queden varias cartas en orden consecutivo. Así mismo al momento de correr el experimento, es el encargado de generar las muestras del tamaño que sea indicado. • Responsable de los cálculos: Persona encargada de calcular las medias de las muestras que se generan. • Analista: Participante que debe completar los formatos u hojas de trabajo en los cuales queda registro del valor promedio de las muestras y posteriormente se construye el histograma de frecuencia. El analista debe verificar que el barajador respete la aleatoriedad en la generación de cada muestra, es decir, que el tamaño de cada muestra sea el indicado y que cada vez que vaya a generar una muestra siempre el mazo cuente con 104 cartas. <p>Esta actividad tiene dos fases. En la primera, se da una breve introducción a los conceptos estadísticos a tratar o los que en particular se quieran explicar con la actividad (se recomienda que el Teorema del Límite Central sea explicado, posterior, a realizar las muestras de la distribución en forma de campana). En la segunda fase, se desarrolla el proceso de generación de muestras, como se presenta a continuación.</p> <p><u>Consideraciones Generales</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Se plantea explicar cuatro tipos de distribuciones de probabilidad (distribución uniforme, distribución bimodal, distribución sesgada y distribución en forma de campana) y para cada distribución, se

	<p>propone, generar muestras de tamaño dos y cuatro. Se recomienda empezar con la distribución uniforme con $n=2$, después, distribución uniforme con $n=4$, seguido de, distribución en forma de campana con $n=2$.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Para realizar cada experimento, se debe aclarar a los participantes cual va a hacer la distribución de valores asignadas a las cartas. ○ Sin importar cuál distribución se esté trabajando, o el tamaño de muestra, los pasos que debe seguir cada equipo son: <p><u>Pasos a seguir</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Posterior, a que el orientador haya explicado el número de muestras a generar para cada experimento (recomendable como mínimo 30), el tamaño de cada muestra y la distribución de valores de las cartas. El barajador garantiza las condiciones de aleatoriedad del experimento. 2. El barajador genera la muestra del tamaño correspondiente y expone las cartas obtenidas a sus compañeros. 3. El participante responsable de los cálculos, con ayuda de una calculadora o realizando los operaciones aritméticas manualmente, genera la media de la muestra obtenida siempre considerando: i) la distribución de valores asignada para las cartas (y explicada previamente por el orientador) y ii) si obtiene un valor promedio no entero, aproximar al entero más cercano. 4. A partir del valor de media generado por el responsable de los cálculos, el analista debe ubicar una "X" en la gráfica de la hoja de trabajo que corresponda. 5. El barajador debe regresar las cartas de la primera muestra al mazo de cartas y garantizar nuevamente la aleatoriedad. 6. Volver al paso dos, a menos, que se hayan obtenido el número de muestras requeridas. <p>Al final de cada experimento, el orientador pide a diferentes equipos que muestren el diagrama obtenido, realiza la retroalimentación correspondiente y en caso de ser necesario (o estar planeado) propone realizar otro experimento bajo ciertas condiciones.</p>
--	--

Adaptado de (GEIO, 2016)

Tabla 49 Mesas y Sillas

Nombre	Mesas y Sillas
Referencia Bibliográfica	Pendegraft, N., 1997. Lego My Simplex. OR/MS Today 24, 8.
Tiempo Requerido	60 minutos
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Hojas tamaño carta • Lápiz • Fichas de Lego grandes y pequeñas • Camiones
Espacio	Salón con mesas, sillas y tablero
Recurso Humano	De 16 – 24 participantes
Contexto Teórico	<ul style="list-style-type: none"> • Programación Lineal • Problema de Cargue
Breve Descripción	<p>Esta actividad lúdica esta dividida en so fases, en la primera, se busca tratar conceptos de programación lineal (caso: maximización de utilidades) y en la segunda fase, se plantea el problema de cargo o de la mochila. En cualquier caso, la actividad inicia dividiendo al grupo en equipos de trabajo de 4 o 6 participantes. A cada equipo se le brinda papel y lápiz.</p> <p><u>Primera Fase</u></p> <p>Se reparte a cada equipo cierto número de fichas de lego grandes y pequeña; además, se le indica que representa una carpintería que produce comedores, es decir, mesas y sillas con fichas de lego.</p>

Nombre	<p>De esta forma, se expone cual es la forma y cantidad de materia prima que se requiere para la producción de una mesa y una silla; así mismo, se indica las utilidades por la producción de cada producto. Por último, se pide a cada equipo escoger la combinación de producto que garantice el máximo de utilidad.</p> <p>Se da un tiempo prudencial, a los equipos, para plantear una opción. Después, se solicita a cada equipo socializar la combinación y utilidad alcanzada, de esta manera, se genera un conservatorio sobre la forma que cada equipo empleo para obtener la solución planteada. Seguidamente el orientador emplea parte de las ideas expuestas por los participantes, como introducción al tema de programación lineal – caso de maximización y método de solución gráfico.</p> <p><u>Segunda Fase</u></p> <p>Se indica a cada equipo que ahora ya no sólo produce mesas y sillas, sino también, camas y bibliotecas. Igualmente se explica la forma de construir estos productos con las fichas de lego, por lo anterior, se debe brindar más material de trabajo a cada equipo.</p> <p>Además, se informa que las carpinterías han aumentado sus servicios y ahora transportar sus productos en camiones. Por ende, a cada equipo se entrega un camión.</p> <p>El orientador expone que para el empleo del camión existe una restricción de capacidad y una ganancia asegurada por cada cantidad de producto transportado, se plantea la pregunta sobre cuál debe ser la combinación optima de productos a transportar para obtener las máximas ganancias.</p> <p>Como se hizo anteriormente, se brinda un tiempo prudencial a los equipos y luego se socializan las soluciones halladas.</p>
---------------	--

Adaptado de (GEIO, 2016)

Tabla 50 Rouge River y las Mudas

Nombre	Rouge River y las mudas
Referencia Bibliográfica	Grupo GEIO
Tiempo Requerido	De 60 - 90 minutos
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Contenedores especializados • Contenedores genéricos • Fichas de Lego grandes y pequeñas • Planos de los productos • Plantillas de producción
Espacio	Salón con mesas, sillas y tablero
Recurso Humano	Mínimo 11 participantes
Contexto Teórico	<ul style="list-style-type: none"> • Producción Básica • Métodos y tiempos • Mudas de la producción • MRP I • Teoría de Colas
Breve Descripción	<p>La actividad comienza con una contextualización sobre el nombre de la planta de producción y la explicación de los productos que se manufacturan; de esta forma, se expone el comportamiento de las diferentes estaciones de trabajo.</p> <p>El orientador solicita a seis participantes que tomen el rol de operarios, cada uno para una estación de trabajo; así mismo, asigna los roles de: gerente de planta, supervisor de producción y operarios de desensamble. Así mismo, el orientador explica la manera de generar las órdenes de producción y que los productos son fabricados en lotes de cinco.</p> <p>Por último, se establece que el objetivo de la planta es alcanzar un desempeño</p>

	<p>perfecto y el menor tiempo de producción.</p> <p>Se realiza una corrida, en la cual el orientador debe estar muy pendiente del comportamiento de la planta. Al finalizar este primer experimento se debe realizar una socialización de lo ocurrido y señalar el comportamiento observado, de esta forma, caracterizar las mudas presentes y proponer estrategias de mejora como lo es el empleo de MRP I. Dependiendo del concepto a explorar, se recomienda realizar una segunda corrida del experimento con el fin de implementar algunas de las mejoras expuestas.</p> <p style="text-align: center;">Adaptado de (GEIO, 2016)</p>
--	--

Tabla 51 Fabrica de vasos

Nombre	Fabrica de vasos
Referencia Bibliográfica	Peter Arnold, J. Robb Dixon, and Jay S. Kim Boston University, Boston, MA Introduces the Kanban production control concept and demonstrates its effect on quality and productivity.
Tiempo Requerido	60 minutos
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Marcador • Rollo de stickers • Fichas de Lego grandes y pequeñas • Contenedores genéricos • Cronometro
Espacio	Salón con mesas, sillas y tablero
Recurso Humano	Mínimo 10 participantes
Contexto Teórico	<ul style="list-style-type: none"> • Herramientas de Lean Manufacturing como Just in Time, Kanban. • Pull • Push • Simulación • Teoría de Colas
Breve Descripción	<p>Esta lúdica se divide en dos partes, en la primera, se busca explicar un sistema de producción Push, mientras que en la segunda, se plantea el empleo de la herramienta Kanban de espacio para la implementación de un sistema Pull.</p> <p><u>Primera Fase</u></p> <p>El orientador explica que se va a representar una fábrica de vasos, señalando el funcionamiento de las cuatro estaciones de trabajo de la planta y la forma en que se debe manufacturar el producto final.</p> <p>Se solicita a cuatro participantes que tomen el rol de operarios para las estaciones de trabajo, se asigna el rol de gerente de planta y operarios de desensamble.</p> <p>Po último, se indica que el primer experimento se efectuará por un tiempo de dos minutos y el objetivo es obtener la mayor cantidad de productos buenos como sea posible.</p> <p>Después de hacer la corrida, se realiza un conservatorio sobre lo ocurrido, se expone las ventajas y desventajas del sistema de producción Push, además, se brinda una introducción al empleo del sistema Pull.</p> <p><u>Segunda Fase</u></p> <p>A partir de la explicación brindada sobre el sistema Pull, se propone a los participantes aplicar el método de Kanban de espacio para facilitar la implementación del sistema Pull en la fábrica de vasos. Po lo anterior, se rediseñan las estaciones de trabajo y explican nuevamente las funciones cada participante.</p> <p>Al igual que en la primera fase, se indica que el primer experimento se efectuará por un tiempo de dos minutos y el objetivo es obtener la mayor</p>

	cantidad de productos buenos como sea posible.
	Al finalizar el experimento, se hace un retroalimentación de los objetivos alcanzados y al relación de estos con el empleo del sistema Pull y Kanban de espacio.

Adaptado de (GEIO, 2016)

Tabla 52 Gorros de Papel

Nombre	Gorros de Papel
Referencia Bibliográfica	Pendegraft, N., 1997. Lego My Simplex. OR/MS Today 24, 8.
Tiempo Requerido	60 minutos
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Hojas tamaño carta • Tarjetas Kanban • Clips • Marcador Azul y Rojo • Stickers
Espacio	Salón con mesas, sillas y tablero
Recurso Humano	De 16 – 24 participantes
Contexto Teórico	<ul style="list-style-type: none"> • Herramientas de Lean Manufacturing como Just in Time, Kanban. • Teoría de Colas
Breve Descripción	<p>En esta actividad se representa una fábrica que produce cuatro tipos de gorros de papel a través de tres estaciones trabajo donde se emplea el sistema Pull y el método de Kanban de tarjeta.</p> <p>El orientador explica el funcionamiento de un sistema Pull y el concepto de Kanban. Después, el orientador debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Explicar la distribución de cada estación de trabajo • Indicar la forma cómo se realiza la generación de pedidos • Asignar los roles de operarios para las diferentes estaciones de trabajo, dos patinadores y gerente de planta • La metodología para la producción de cada tipo de producto empleando dos clases de tarjetas Kanban <p>Por último, se propone realizar una corrida por un tiempo determinado.</p> <p>Al finalizar el experimento, se hace una retroalimentación sobre el comportamiento de la planta de producción, las ventajas y desventajas del método de trabajo.</p>

Adaptado de (GEIO, 2016)

Tabla 53 Yokimabobs

Nombre	Yokimabobs
Referencia Bibliográfica	Robert E. Stein CASE Design, Inc., Houston, TX Conor F. O’Muirgheasa University of Houston, Houston, TX Demonstrates the basics of Kanban/Just-In-Time (JIT) production.
Tiempo Requerido	60 minutos
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Contenedores genéricos • Tornillo 1/2" • Tornillo 1" • Tornillo 2" • Tornillo 2 1/2" • Tornillo 3/4" • Tuercas • Arandelas • Acoples
Espacio	Salón con mesas, sillas y tablero
Recurso Humano	Mínimo 10 participantes
Contexto Teórico	<ul style="list-style-type: none"> • Herramientas de Lean Manufacturing como Just in Time, Kanban.

	<ul style="list-style-type: none"> • Teoría de Colas
Breve Descripción	<p>Esta actividad busca representar un sistema de producción tipo Pull y la aplicación del método Kanban de tres tipos de tarjetas.</p> <p>La lúdica comienza con una introducción sobre el tipo de productos que se desean manufacturar, después, se explica la estructura de cada estación de trabajo y la metodología para generar los pedidos. De esta forma, se explica el proceso de manufactura.</p> <p>El orientador asigna los roles de operarios para las cuatro estaciones de trabajo, patinadores, supervisor y operarios del almacén de suministros, además, de gerente de planta.</p> <p>Se propone correr el experimento por un tiempo determinado, después, se guía un conversatorio sobre lo ocurrido, se plantean los conceptos de interés y se presentan ejemplos del empleo de este tipo de herramientas en contextos reales.</p>

Adaptado de (GEIO, 2016)

Tabla 54 Fabrica de camisas

Nombre	Fabrica de camisas
Referencia Bibliográfica	Grupo GEIO
Tiempo Requerido	De 60 - 90 minutos
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Fotocopias de las partes de la camisa • Tijeras • Pegante • Stickers • Marcador
Espacio	Salón con mesas, sillas y tablero
Recurso Humano	Mínimo 12 participantes
Contexto Teórico	<ul style="list-style-type: none"> • Lean Manufacturing • Job Shop • Simulación
Breve Descripción	<p>Esta actividad pretende representar una fábrica que produce diez tipos de camisas, a través de diez estaciones de trabajo y un sistema de producción Job Shop.</p> <p>Se recomienda, primero, explicar la distribución de la planta y asignar los diferentes roles. Después, indicar la metodología de generación de pedidos para facilitar la comprensión del funcionamiento de la planta.</p> <p>Se propone correr la lúdica por el tiempo que se demore la producción de diez órdenes de producción, al finalizar, el orientador debe dirigir una retroalimentación sobre lo sucedido y profundizar en los conceptos de Job Shop y empleo de herramientas Lean Manufacturing con el objetivo de optimizar el comportamiento del sistema. Dependiendo del concepto a explorar, se recomienda realizar una segunda corrida del experimento con el fin de implementar algunas de las mejoras expuestas.</p>

Adaptado de (GEIO, 2016)

Tabla 55 Job Shop

Nombre	Job Shop
Referencia Bibliográfica	Shell Game James Ward and Leroy B. Schwarz Purdue University, West Lafayette, IN Demonstrates the production challenges of a job shop environment
Tiempo Requerido	De 40 - 60 minutos
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Centros de trabajo • Cajas de Capas • Cronómetros • Marcadores

Espacio	Salón con mesas, sillas y tablero
Recurso Humano	Mínimo 6 participantes
Contexto Teórico	<ul style="list-style-type: none"> • Flow Shop • Cellular process • Job Shop • Simulación
Breve Descripción	<p>Esta herramienta plantea reconocer el concepto de Job Shop, sus ventajas y diferencias frente al Flow Shop.</p> <p>La actividad comienza con una breve introducción del concepto de Job Shop, después, el orientador asigna los roles de cuatro operario, un patinador y gerente de planta.</p> <p>Se explica el tipo de productos a elaborar, los materiales a emplear, la estructura de los puestos de trabajo y la forma en que se manufacturan las cajas de capas.</p> <p>Se propone desarrollar la actividad con el objetivo de producir todas las cajas de capas, en el menor tiempo posible y garantizando la calidad del producto.</p> <p>Al finalizar el experimento, el orientador direcciona una retroalimentación sobre lo sucedido, las ventajas de emplear el sistema Job Shop y métodos para optimizar el tiempo de producción. Dependiendo del concepto a explorar, se recomienda realizar una segunda corrida del experimento con el fin de implementar algunas de las mejoras expuestas.</p>

Fuente: (GEIO, 2016)

Tabla 56 Trabajando en el laboratorio de producción

Nombre	Trabajando en el laboratorio de producción
Referencia Bibliográfica	Grupo GEIO
Tiempo Requerido	120 minutos
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Plantillas de producción • Contenedores genéricos • Contenedores especializados • Fichas de Lego grandes y pequeñas • Mazo de cartas
Espacio	Salón con mesas, sillas y tablero
Recurso Humano	Mínimo 15 participantes
Contexto Teórico	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos y tiempos • Lean Manufacturing • Cadena de Suministros • Trabajo en Equipo • Simulación
Breve Descripción	<p>El desarrollo de esta actividad, se describe a continuación:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar una contextualización sobre la fábrica, productos que se manufacturan, explicación de cada área de trabajo 2. Asignar roles de operarios, gerente de planta, supervisor de materias primas, patinadores. 3. Explicar las funciones de cada rol 4. Indicar cómo se diligencia correctamente el tablero de producción 5. Exponer cómo ocurre la generación de pedidos. <p>Se desarrolla una primera corrida para diez órdenes de producción, después, el orientador direcciona una retroalimentación sobre lo sucedido, se expone el concepto que se desee trabajar y se exponen mejoras al proceso de manufactura.</p> <p>Dependiendo del concepto a explorar, se recomienda realizar una segunda corrida del experimento con el fin de implementar algunas de las mejoras expuestas.</p>

Adaptado de (GEIO, 2016)

Tabla 57 Gorras Olímpicas

Nombre	Gorras Olímpicas
Referencia Bibliográfica	Dambolena Ismael G. & Meile Larry (1995). Olympic Hats. En: Games and Exercise for Operations Management. Englewood Cliffs New Jersey. University of New Hampshire, Durham, NH. Pag 53.
Tiempo Requerido	60 minutos
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Transportador • CD • Lápiz • Asta de madera • Formatos graficas
Espacio	Salón con mesas, sillas y tablero
Recurso Humano	De 16 – 24 participantes
Contexto Teórico	<ul style="list-style-type: none"> • Muestreo Monte Carlo • Arboles de Probabilidad
Breve Descripción	<p>La lúdica comienza al dividir al grupo en equipos de trabajo de 4 a 6 personas, Después, se realiza la contextualización del ejercicio donde se plantea que cada equipo representa una empresa que fabrica gorras y desea participar en la licitación de la producción de gorras olímpicas para los próximos Juegos; no obstante, se encuentra que para considerar participar en esta licitación se debe evaluar el rango de posibles ganancias, cuando se conoce que existe cierta probabilidad de unidades de venta y precios.</p> <p>De esta forma, el orientador hace la introducción sobre toma de decisiones con rangos de incertidumbre y formas para darles solución. La primera que se propone es el empleo de arboles de probabilidad; se desarrolla esta estrategia y, al finalizar, se evidencian las ventajas y desventajas de este método.</p> <p>Seguidamente, se presenta el empleo de la simulación, el Muestreo Monte Carlo y los generadores de procesos son técnicas apropiadas para la toma de decisiones con incertidumbre. De esta forma se propone realizar un generador de números aleatorios manual con instrumentos como CD, Astas y marcadores; el orientador explica la forma de crear y ejecutar el generador, además propone a los equipos realizar un experimento de 30 muestras para conocer el comportamiento del evento aleatorio que se representa.</p> <p>Al finalizar, el orientador pregunta a los participantes si desean o no licitar para la producción de gorras olímpicas y realiza una retroalimentación de los procesos ejecutados.</p>

Adaptado de (GEIO, 2016)

Tabla 58 Beer Game

Nombre	Beer Game
Referencia Bibliográfica	The Beer Distribution Game John D. Sterman Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA Introduces the supply chain concept and the effects decisions along the chain have on inventory levels and costs.
Tiempo Requerido	De 60 - 120 minutos
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Tablero de juego • Fichas de Lego • Hojas de trabajo • Graficas de inventario • Graficas de ordenes • Hoja de Excel programada
Espacio	Salón con mesas, sillas y tablero
Recurso Humano	Mínimo 5 participantes
Contexto Teórico	<ul style="list-style-type: none"> • Cadena de Suministros • Sistemas Dinámicos • Efecto Látigo
Breve Descripción	Esta lúdica busca representar una cadena de suministros de cerveza, el sistema está conformado por seis eslabones:

	<ul style="list-style-type: none"> Materia Prima de carácter infinito Fábrica que compra la materia prima y vende al distribuidor Distribuidor que compra a la fabrica y vende al mayorista Mayorista que compra al distribuidor y vende al minorista Minorista que compra al mayorista y atiende al cliente Cliente que hace las ordenes de pedido <p>Se plantea que entre cada eslabón de la cadena existen dos demoras, que representan el tiempo que tarda entre que se hace el pedido y llega la mercancía a su fin. Esta cadena tiene funcionamiento Pull, por ende, el cliente es quien hala todo el sistema de distribución.</p> <p>Para comenzar la actividad se divide al grupo en cuatro equipos y se da a cada uno el rol de Fábrica, Distribuidor, Mayorista y Minorista. El cliente y la materia prima son representados por algún orientador.</p> <p>Después de asignar los roles y explicar el funcionamiento general de la cadena, se explica la metodología para realizar órdenes de compra, el funcionamiento del tablero de juego y cómo diligenciar las hojas de trabajo de cada rol.</p> <p>Se propone realizar el experimento por el mayor tiempo posible, sin olvidar, que el objetivo es satisfacer la demanda del cliente.</p> <p>Al finalizar el experimento, el orientador hace una retroalimentación sobre lo sucedido, afianza los conceptos de cadena de suministros y expone el concepto de interés.</p>
--	--

Adaptado de (GEIO, 2016)

Tabla 59 Fish Bank

Nombre	Fish Bank
Referencia Bibliográfica	Meadows, D., Sterman, J. Fishbanks: A Renewable Resource Management Simulation. Laboratorio de aprendizaje interactivo New Hampshire University
Tiempo Requerido	150 minutos
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> Tablero de juego Barcos de madera Conjunto de billetes Hojas de decisión Software especializado
Espacio	Salón con mesas, sillas y tablero
Recurso Humano	Mínimo 5 participantes
Contexto Teórico	<ul style="list-style-type: none"> Concepto sistema Arquetipos sistémicos Sostenibilidad Gobernanza de los comunes
Breve Descripción	<p>La lúdica Fish Bank ofrece un acercamiento hacia la reflexión de los elementos que intervienen de manera implícita dentro de las decisiones que involucran el desarrollo sostenible.</p> <p>Para comenzar la actividad se divide al grupo en equipos de 4 a 6 personas, se indica que cada equipo representa una empresa pesquera; cada compañía cuenta con un capital inicial y tiene como objetivo optimizar sus ganancias a lo largo del tiempo, tomando en cuenta que estas dependen de la captura de peces y las utilidades que puedan obtener al vender barcos.</p> <p>El orientador explica el comportamiento del tablero de juego, que representa el terreno común de pesca para todas las compañías. Además expone la forma de compra, venta y subasta de barcos, al igual, que la manera en que ocurre la pesca.</p>

	<p>Por último, se explica la forma en que se debe diligenciar e interpretar las hojas de trabajo. El orientador propone desarrollar el experimento por el mayor tiempo que sea posible.</p> <p>Al finalizar el ejercicio, el orientador dirige una retroalimentación sobre la sucedido, el comportamiento de los participantes, el estudio del sistema mediante técnicas de la Teoría General de los Sistemas, además, (dependiendo del concepto a tratar) presenta las estructuras sistémicas de los comportamientos mencionados.</p> <p>Esta actividad tiene una versión mucho más sencilla llamada Cosecha y puede ser indagada en (Sweeney, Meadows, & Mehers, 2011).</p> <p style="text-align: center;">Adaptado de (GEIO, 2016)</p>
--	---

Tabla 60 Si le das una galletita a un ratón

Nombre	Si le das una galletita a un ratón
Referencia Bibliográfica	Sweeney, L. B. (2001). When a butterfly sneezes: a guide for helping kids explore interconnections in our world through favorite stories. Waltham, MA: Pegasus Communications.
Tiempo Requerido	60 minutos
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Hojas tamaño carta • Imágenes de escenas del cuento
Espacio	Salón con mesas, sillas y tablero
Recurso Humano	De 5 – 24 participantes
Contexto Teórico	<ul style="list-style-type: none"> • Concepto sistema • Estructura y comportamiento del sistema • Ciclo balanceantes • Ciclo Reforzante
Breve Descripción	<p>Herramienta pedagógica pertenecientes al libro “Cuando una mariposa estornuda” de la investigadora sistémica Linda Booth Sweeney. El texto infantil es propio de Laura Numeroff.</p> <p>Esta actividad comienza con una introducción a la dinámica para la lectura del texto, esta puede variar, pero se recomienda que se empleen las imágenes que describen escenas claves de la lectura y que se pueden emplear para realizar un diagrama del cuento de forma grupal.</p> <p>Al finalizar la lectura se recomienda hacer una retroalimentación de lo descrito en el cuento y planteado gráficamente, después, hacer la presentación del concepto de sistema, formas visuales de representarlos y empleo de ciclos balanceantes y reforzantes.</p>

Adaptado de (GEIO, 2016)

Tabla 61 El gato en la gorra

Nombre	El gato en la gorra
Referencia Bibliográfica	Sweeney, L. B. (2001). When a butterfly sneezes: a guide for helping kids explore interconnections in our world through favorite stories. Waltham, MA: Pegasus Communications.
Tiempo Requerido	60 minutos
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Hojas tamaño carta
Espacio	Salón con mesas, sillas y tablero
Recurso Humano	De 5 – 24 participantes
Contexto Teórico	<ul style="list-style-type: none"> • Concepto sistema • Arquetipo de soluciones rápidas que fallan
Breve Descripción	<p>Al igual que el cuento anterior, este hace parte del libro “Cuando una mariposa estornuda”. El texto infantil es propio del Dr. Seuss.</p> <p>Para el desarrollo de la actividad se plantea la lectura del cuento y la creación individual de un diagrama que describa lo que ocurre en la historia. Después</p>

	<p>una socialización de las diferentes representaciones.</p> <p>El orientador puede hacer una breve introducción al concepto de sistema, estructura del mismo y representación gráfica de los sistemas, si considera que los participantes lo requieren. A partir de este cuento se puede abordar el arquetipo sistémico de soluciones rápidas que fallan.</p> <p style="text-align: center;">Adaptado de (GEIO, 2016)</p>
--	--

Tabla 62 La queja de Gecko

Nombre	La queja de Gecko
Referencia Bibliográfica	Sweeney, L. B. (2001). When a butterfly sneezes: a guide for helping kids explore interconnections in our world through favorite stories. Waltham, MA: Pegasus Communications.
Tiempo Requerido	60 minutos
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Hojas tamaño carta
Espacio	Salón con mesas, sillas y tablero
Recurso Humano	De 5 – 24 participantes
Contexto Teórico	<ul style="list-style-type: none"> • Concepto sistema • Arquetipo de desplazamiento de la carga
Breve Descripción	<p>El cuento fue escrito por Margaret Muth Alibasah y adaptado como herramienta pedagógica para la introducción de conceptos del Pensamiento Sistémico por Linda Booth Sweeney.</p> <p>Para el desarrollo de la actividad se asignan los diferentes roles entre los participantes, después, se pide la ayuda de estos para la lectura. Al finalizar esta etapa, se realiza una socialización de los eventos descritos en la historia.</p> <p>Con esta herramienta se puede introducir el concepto de sistema y representar el arquetipo de desplazamiento de la carga.</p>

Adaptado de (GEIO, 2016)

Tabla 63 Los sneetches y otras historias

Nombre	Los sneetches y otras historias
Referencia Bibliográfica	Sweeney, L. B. (2001). When a butterfly sneezes: a guide for helping kids explore interconnections in our world through favorite stories. Waltham, MA: Pegasus Communications.
Tiempo Requerido	60 minutos
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Hojas tamaño carta
Espacio	Salón con mesas, sillas y tablero
Recurso Humano	De 5 – 24 participantes
Contexto Teórico	<ul style="list-style-type: none"> • Concepto sistema • Arquetipo de la escalada
Breve Descripción	<p>Al igual que el cuento “E gato en la gorra”, esta historia fue escrita por el Dr Seuss y adaptada por Linda Booth Sweeney en su libro “Cuando una mariposa estornuda”.</p> <p>Para el desarrollo de la actividad se plantea la lectura del cuento, después, un conservatorio sobre lo narrado. De esta forma, conducir una retroalimentación sobre el concepto de sistema y la presentación del arquetipo de la escalada.</p>

Adaptado de (GEIO, 2016)

Tabla 64 Las semillas de Anno

Nombre	Las semillas de Anno
Referencia Bibliográfica	Sweeney, L. B. (2001). When a butterfly sneezes: a guide for helping kids explore interconnections in our world through favorite stories. Waltham, MA: Pegasus Communications.
Tiempo Requerido	60 minutos
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Hojas tamaño carta
Espacio	Salón con mesas, sillas y tablero
Recurso Humano	De 5 – 24 participantes

Contexto Teórico	<ul style="list-style-type: none"> • Concepto sistema • Introducción a la modelación del comportamiento del sistema
Breve Descripción	<p>Esta herramienta hace parte de la recopilación de cuentos clásicos realizados por Linda Booth Sweeney. El texto original es de autoría de Mitsumasa Anno.</p> <p>Se plantea la utilización de esta herramienta para dar a conocer el concepto de sistema y hacer una introducción a la modelación del comportamiento del sistema mediante elementos de la Teoría General de los Sistemas.</p> <p>Para iniciar la actividad se plantea a los participantes que realicen una tabla donde se pueda contabilizar el comportamiento de las semillas que se mencionaran en el cuento. Se recomienda que la lectura la realice un orientador, de esta forma, se puede guiar adecuadamente el diligenciamiento de la tabla. Al finalizar la lectura se plantea el diagrama de flujos y niveles que describa lo ocurrido en la historia.</p>

Adaptado de (GEIO, 2016)

Tabla 65 El manco, el ciego y el mudo

Nombre	El manco, el ciego y el mudo
Referencia Bibliográfica	Grupo GEIO
Tiempo Requerido	60 minutos
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Hojas tamaño carta • Pitillos • Cinta • Vendas para los ojos
Espacio	Salón con mesas, sillas y tablero
Recurso Humano	Mínimo 60 minutos
Contexto Teórico	<ul style="list-style-type: none"> • Planteamiento de modelos de simulación • Trabajo en equipo •
Breve Descripción	<p>En esta lúdica, se conforman grupos de tres personas, cada una asumirá un rol con una limitación (manual, visual y del habla), y tendrán una meta en común: hacer la torre de pitillos más alta, que se sostenga por si sola. Cada grupo deberá superar los obstáculos haciendo uso de sus capacidades comunicativas y de trabajo en equipo para lograr el objetivo.</p>

Adaptado de (GEIO, 2016)

5. DIAGNOSTICO OBTENIDO

En este apartado se presenta el análisis y evaluación más profunda de la información recopilada, tanto de los métodos de enseñanza empleados en el programa de Ingeniería Industrial para dictar la asignatura de simulación discreta como de los instrumentos pedagógicos desarrollados por el grupo GEIO.

Al igual que en los últimos dos apartados de este trabajo, primero se tratará la información relevante a los proyectos curriculares y después los experimentos lúdicos de GEIO.

5.1. Métodos de enseñanza empleados en programas de Ingeniería Industrial para dictar la asignatura de simulación discreta

5.1.1. Caracterización

De acuerdo a los resultados obtenidos de las Universidades de Colombia que contaban con certificación de alta calidad y fueron parte del ranking Web de Universidades, se pudo identificar que un 41,9% de ellas se ubica en Bogotá, un 12% en Medellín, seguidas de ciudades como Cali, Barranquilla, Cartagena y Pereira con un 19.2%. Así mismo de los centros educativos analizados el 84% representan entidades educativas de carácter privado.

De la muestra estudiada, se identificó que el 45,7% de las universidades privadas se ubican en Bogotá, un 13,6% en Medellín y un 12.8% entre Cali y Cartagena. De igual manera seis de los centros educativos públicos se localizan en Bogotá y cuatro entre las ciudades de Cali y Cartagena.

Para caracterizar aun más la muestra, se evaluaron los 15 centros educativos mejor posicionados en el ranking Web de Universidades; con lo que se encontró que:

- Siete de los 15 centros educativos mejor posicionados, son de carácter público.
- Dentro de las quince posiciones más altas, los centros educativos de carácter privado ocupan puestos mejores que las universidades de carácter público.
- Cinco de los centros educativos mejor posicionados en el ranking se localizan en Bogotá, el resto de ellos se ubican en diferentes ciudades como Manizales, Santander, Medellín, Pereira, Cali, Barranquilla y Cauca.

Igualmente todos los centros educativos estudiados presentaban portales web con acceso oportuno y adecuado.

5.1.2. Cobertura

De la muestra estudiada se encontró que el 50.3% no oferta el pregrado de Ingeniería Industrial o afín, a nivel profesional; lo que representa que 83 centros educativos si lo hacen. Al caracterizar las universidades que no ofertan el pregrado, se identificó que la mayoría de centros educativos con esta característica se ubican en lugares por encima al número treinta del ranking; de aquellas universidades que no ofertan el pregrado, se puede mencionar que dos de ellas se ubican en posiciones sobresaliente como la sexta y quince, por lo anterior, se evalúa la naturaleza de los centros educativos y se encuentra que estos enfocan sus esfuerzos en el desarrollo de programas académicos dirigidos al área de las ciencias sociales y humanas, además, es sobresaliente mencionar que estas universidades cuentan con pregrados de administración de empresas, ingeniería financiera, entre otras.

Así mismo de aquellos centros educativos que ofertan el pregrado de Ingeniería Industrial, sólo 59% dictan la asignatura de simulación discreta. Entre las universidades que no plantean la exposición de esta materia, se identificó que sus posiciones en el ranking Web de Universidades, son mayores al lugar cincuenta; además, aquellos centros educativos que ofertan el pregrado de Ingeniería Industrial a nivel profesional y ocupan las 15 posiciones más altas en el ranking, en un 100% brindan la asignatura de simulación discreta.

Al evaluar el carácter de la asignatura, cuando esta es dictada, se encontró que en sólo tres centros educativos la materia de simulación discreta es vista como una electiva. Las tres universidades que presentan esta característica se ubican en las posiciones 9, 46 y 52 del ranking Web de Universidades. De lo anterior es notorio que un centro educativo que tiene una posición sobresaliente en el ranking, planteen la asignatura como una electiva, por lo cual se evalúa nuevamente el plan de estudio de esta universidad y se identifica que en la estructura curricular para este pregrado se tienen contempladas tres asignaturas que tratan de:

- La capacitación entorno a la definición, empleo y análisis de algoritmos y conceptos matemáticos que son involucrados en procesos de entrada y salida de datos, selección y ordenamiento de operaciones, entre otros.
- La enseñanza de diseño de sistemas productivos mediante técnicas matemáticas y computacionales, al igual que sobre cómo emplear estas herramientas para de tomas de decisiones
- La instrucción sobre metodologías para analizar procesos industriales y de servicios.

Lo anterior puede explicar porque un centro educativo en la posición novena, plantea la asignatura de simulación discreta como una electiva de formación profesional.

Otro aspecto que se evaluó fue el semestre en el cual se dicta la asignatura, con lo que se identificó que 36.7% de las universidades que ofertan el pregrado de Ingeniería Industrial y la asignatura de simulación discreta, la plantean para el noveno semestre y un 34.7% para el octavo.

Al analizar en qué semestre ubican los 15 centros educativos mejor posicionados, la asignatura de simulación discreta; se identificó que las universidades ubicadas en las posiciones dos y tres, plantean dictar esta asignatura en el sexto semestre, por lo anterior, se analizaron en profundidad los planes de estudio de estos dos centros educativos y se identificó que se caracterizan por ubicar en semestres tempranos asignaturas de la rama estadística, matemática y computacional, que son preámbulos a la asignatura de simulación discreta.

Referente a los prerrequisitos de la asignatura de simulación discreta, se identificó que en algunos casos más de una materia debía haberse cursado o que los requisitos se abordaban respecto a número de créditos aprobados. El segundo caso, ocurría cuando la asignatura se presentaba como una electiva.

Los prerrequisitos más sobresaliente fueron las materias de Investigación de Operaciones II con un 37.7%, logística y distribución con una participación del 14.8% y Estadística II con 13.1%.

Por último se analizaron cuales son los prerrequisitos que exigen los centros educativos posicionados en los 15 primeros puestos del ranking, que además ofertan el pregrado de Ingeniería Industrial y dictan la asignatura de simulación discreta; con lo que se identificó que el 15.7% de los casos los prerrequisitos hacen referencia a asignaturas de planeación de la producción, además, que las universidades que ubican el puesto dos y tres en el ranking exigen haber cursado la materia de dinámica de sistemas antes de ver simulación discreta.

5.1.3. Metodología de Enseñanza

Se identificó que el software más empleado para conducir la asignatura de simulación discreta, por aquellos centros educativos que ofertan el pregrado de Ingeniería Industrial, es Promodel, seguido de Arena; además en un 32.7% de los casos no se encontró esta información pues las universidades no la divulgan.

Igualmente, al indagar sobre el método de enseñanza empleado para dictar la asignatura de simulación discreta se encontró que 16 centros educativos no presentaban información, 18 universidades presentan la asignatura bajo el método teoría y laboratorio, mientras 10 centros educativos estipulan que la dictan bajo prácticas conducidas por el docente.

Respecto al análisis de las unidades temáticas, sólo se tuvo acceso a cinco proyectos curriculares, provenientes de:

- Universidad Piloto de Colombia
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas
- Pontificia Universidad Javeriana
- Universidad Industrial de Santander
- Universidad Tecnológica de Pereira

Al analizar el problema general que presentan estas cinco propuestas, se encuentra que todas pretenden brindar al estudiante metodologías, herramientas y conceptos matemáticos e informáticos que puedan emplear en la toma de decisiones, no obstante, cuatro de ellos enfocan el empleo de estos instrumentos para optimizar entornos productivos y de servicios, mientras que sólo uno lo dirige en específico a la mejora continua de la cadena de suministros.

Igualmente, al estudiar la competencia de énfasis de cada proyecto curricular se identifica que dos de ellos se enfocan en desarrollar y fortalecer la capacidad de toma de decisiones a partir del empleo de herramientas cuantitativas, así mismo, las tres restantes plantean reconocer las técnicas matemáticas necesarias para simular y modelar operaciones de sistemas complejos. Además, los cinco proyectos curriculares analizados empleaban el software Promodel como herramienta computacional en la simulación discreta.

Cuando se analizó el contenido de las unidades temáticas, se identificó que la asignatura de simulación discreta tiene un enfoque teórico y otro práctico. En algunos casos esta división es marcada pues primero se dicta el enfoque teórico y luego el práctico, no obstante, en otros se conjugan las temáticas. Para visualizar el diagrama de cada enfoque ver Figura 15 Contenido de las Unidades de Enfoque Teórico

y Figura 16 Contenido de las Unidades de Enfoque Práctico

6, donde se presenta con mayor detalle el contenido de las unidades temáticas.

Al evaluar el tipo de recursos que se plantean en los proyectos curriculares estudiados, se identifica que es básico el uso de la herramienta computacional con la cual se realizan las prácticas de simulación discreta y, en tres de los cinco casos, el empleo de un texto guía para la conducción del enfoque teórico. Frente a lo anterior, es relevante resaltar que no se propone visitas a sistemas de producción o servicio, que el estudiante pueda reconocer y analizar para su posterior modelación.

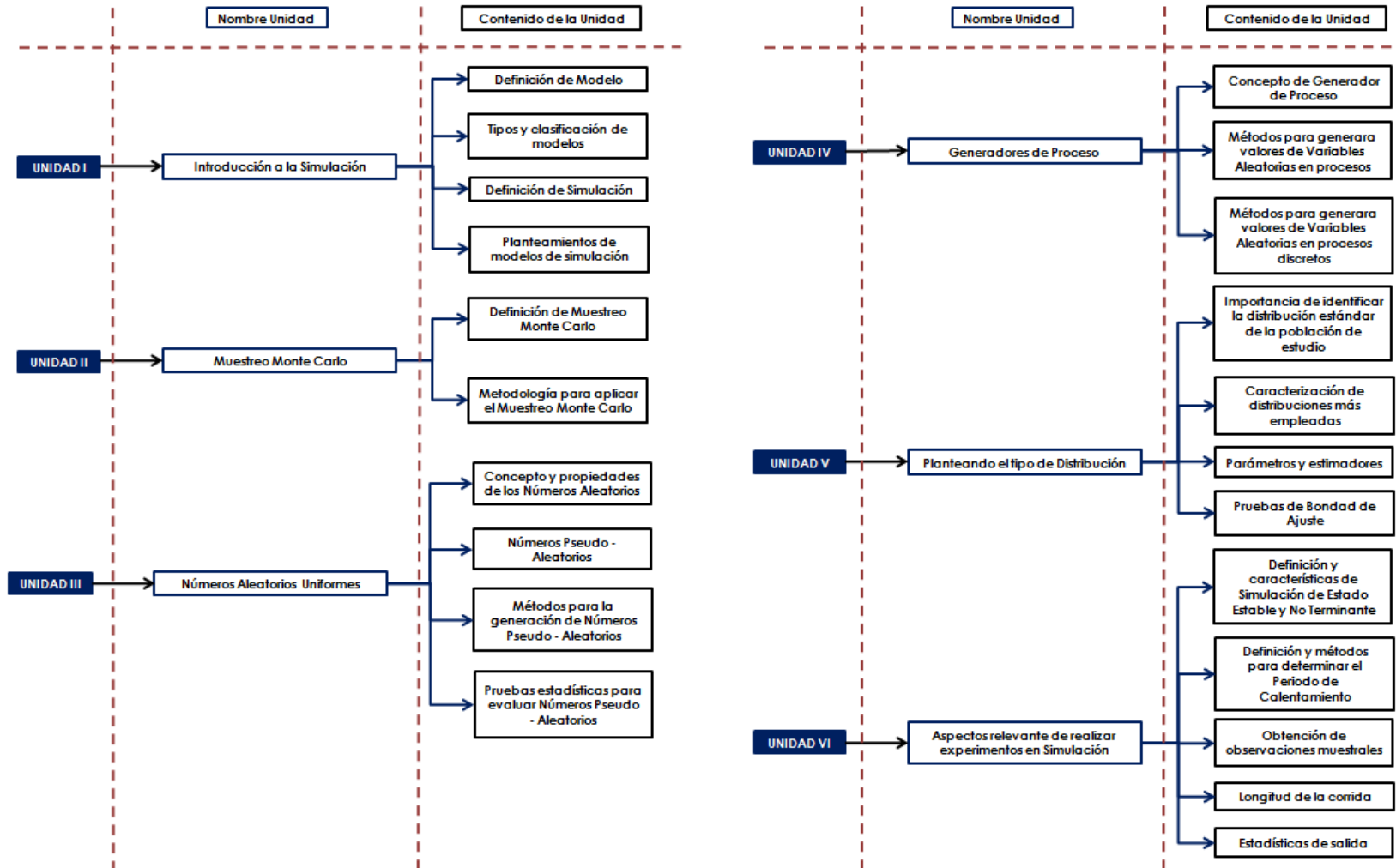
Así mismo, al identificar el tipo de herramientas pedagógicas empleadas sobresalen la lectura de artículos especializados, los talleres grupales o individuales liderados por el docente, el desarrollo de casos de estudio y las clases magistrales. No obstante es notoria la ausencia del empleo de

instrumentos pedagógicos como el cuento, el software educativo y la herramienta lúdica, siendo estas una oportunidad inexplorada para facilitar la enseñanza de la simulación ya que:

- Brindan la posibilidad al estudiante de reconocer situaciones complejas mediante la ubicación de las mismas en entornos previamente conocidos, especialmente cuando se manejan herramientas como cuentos clásicos o sencillos de leer.
- Permiten al estudiante vivir y ser parte de sistemas complejos, al enfocar el proceso de aprendizaje mediante analogías de la realidad de interés, de esta forma, el alumno puede observar, representar o asumir posturas sin incurrir en riesgos. Lo anterior, cuando se emplea la herramienta lúdica.
- Facilitan que el estudiante interactúe con la herramienta computacional y a su vez, aplique conceptos previamente aprendidos; en la medida que se empleen instrumentos pedagógicos como el software computacional.

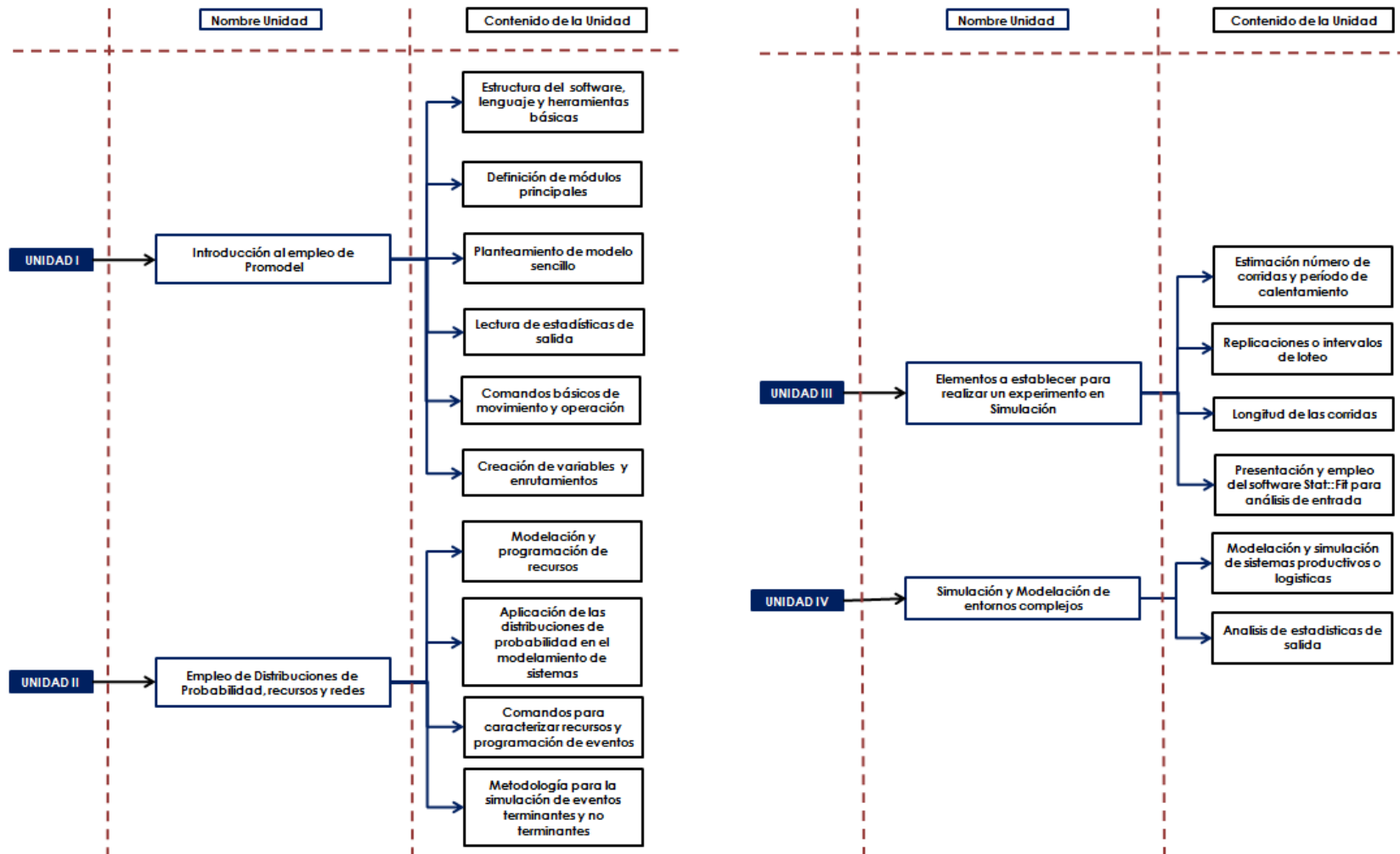
Sumado a lo anterior, el empleo de este tipo de herramientas pedagógicas brinda al estudiante nuevos métodos de enseñanza que pueden facilitarle cumplir su proceso de aprendizaje, al no encasillarlo.

Figura 15 Contenido de las Unidades de Enfoque Teórico
Unidades de Enfoque Teórico



Fuente: Autora

Figura 16 Contenido de las Unidades de Enfoque Práctico
Unidades de Enfoque Práctico



Fuente: Autora

5.2. Instrumentos pedagógicos desarrollados por el grupo de investigación GEIO

A partir de la información analizada, referente a las herramientas pedagógicas desarrolladas por GEIO, se identificó que en su mayoría son lúdicas y algunos cuentos. Además, el grupo ha trabajado en mayor medida en la creación y adaptación de actividades que se puedan emplear para la enseñanza de temáticas del área de producción, investigación de operaciones, administración y teoría general de los sistemas.

Al estudiar en detalle los temas que pueden ser abordados, sobresale que la temática más tratada es el concepto de sistema, seguido de trabajo en equipo y herramientas de Lean Manufacturing.

En el análisis desarrollado, se identificaron las asignaturas del pensum de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira que podían ser afrontadas con algún experimento lúdico de GEIO. De lo anterior se encontró que las materias de simulación, administración, introducción a la ingeniería industrial y las referentes a producción son las que cuentan con mayores propuestas pedagógicas por parte del grupo de investigación.

Así mismo, se identificó que de las 28 asignaturas de carácter obligatorio que oferta el programa, sólo el 17.8% no tienen alguna propuesta de enseñanza lúdica diseñada desde GEIO y publicada en la cartilla que se emplea para esta investigación. Se considera pertinente enunciar que dichas asignaturas son: Contabilidad de Empresas, Sistemas de Costeo, Análisis Financiero, Administración de Salarios e Ingeniería Económica.

Un último aspecto a considerar fue identificar cuáles herramientas desarrolladas desde GEIO, podían ser empleadas para estudiar temáticas de la rama de Investigación de Operaciones y Estadísticas. De esta forma identificar aquellas actividades que puedan ser empleadas en la propuesta de enseñanza para la asignatura de simulación discreta, por lo anterior se encontró el siguiente listado inicialmente:

- El sentido de las muestras
- Mesas y Sillas
- Rouge River y las mudas
- Fabrica de vasos
- Gorros de papel
- Yokimabobs
- El ciego, el manco y el mudo
- Fabrica de camisas
- Job Shop
- Trabajando en el laboratorio de producción

- Gorras olímpicas
- Beer Game
- Fish Bank
- Cosecha
- Si le das una galletita a un ratón
- El gato en la gorra
- La queja de Gecko
- Los sneetches y otras historias
- Las semillas mágicas de Anno

Las actividades mencionadas fueron caracterizadas, de esta manera, se identificó que la herramienta Mesas y Sillas no se consideraría en el lista final porque se enfoca en el desarrollo de temáticas de Programación Lineal, que es otro tipo de modelación diferente a la simulación. Por lo anterior el resultado fue:

Figura 17 Herramientas pedagógicas diseñadas por GEIO que pueden ser empleadas en la enseñanza de la simulación discreta

El sentido de las muestras	Rouge River y las mudas	Fabrica de vasos	Gorros de papel	Yokimabobs
El manco, el ciego y el mudo	Fabrica de camisas	Job Shop	Trabajando en el laboratorio de producción	Gorras olímpicas
Beer Game	Fish Bank	Cosecha	Si le das una galletita a un ratón	El gato en la gorra
	La queja de Gecko	Los sneetches y otras historias	Las semillas mágicas de Anno	

Fuente: Autora

No obstante se debe aclarar que los instrumentos que aparecen enmarcados en color rojo deben ser adaptados, pues son herramientas concebidas y planeadas para explicar aspectos y conceptos de simulación continua.

6. PROPUESTA DE HERRAMIENTA PEDAGÓGICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA SIMULACIÓN DISCRETA EMPLEANDO EL SOFTWARE PROMODEL Y ALGUNOS EXPERIMENTOS LÚDICOS DESARROLLADOS POR EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN GEIO

A partir de la revisión bibliográfica realizada, el análisis y diagnóstico de la metodología y herramientas empleadas para la enseñanza de la simulación discreta en las universidades del país y la caracterización de los experimentos lúdicos desarrollados por el grupo GEIO para la enseñanza de temáticas de simulación discreta. A continuación se presenta la propuesta de una herramienta pedagógica para la enseñanza de esta área de conocimiento.

6.1. Objetivo General

Generar una cartilla para la enseñanza de simulación discreta empleando el software Promodel y algunos experimentos lúdicos desarrollados por el grupo de investigación GEIO.

6.2. Objetivos Específicos

1. Determinar el contenido temático que se va a exponer en la propuesta pedagógica
2. Definir las herramientas pedagógicas del grupo GEIO que se van a emplear para la enseñanza de las temáticas determinadas previamente
3. Desarrollar las herramientas pedagógicas experienciales para la enseñanza de simulación discreta, empleando el software PROMODEL™
4. Compilar el contenido temático determinado y las herramientas pedagógicas experienciales desarrolladas en una cartilla con una estructura gráfica adecuada

7. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

En el presente apartado se presentan los resultados de la ejecución de la propuesta pedagógica para la enseñanza de simulación discreta empleando el software Promodel y algunos experimentos lúdicos desarrollados por el grupo de investigación GEIO.

7.1. Contenido temático

Con el fin de identificar el contenido temático a incluir en la propuesta de la cartilla para la enseñanza de la simulación discreta, se revisaron los textos reconocidos utilizados en diferentes universidades del país. Ver título 4.2. Procesamiento y análisis de la información referente a métodos de enseñanza empleados en programas de ingeniería industrial del país– subtítulo “Fuentes de información referenciadas para dictar la asignatura de simulación discreta”

Así mismo se hizo una revisión detallada del documento *Fundamentos teóricos de la simulación discreta* (Soto, 2013) y *Modelos cuantitativos para administración* (Davis & MacKeown, 1986), para conocer los aspectos teóricos a tratar en la propuesta. Igualmente, se realizaron diversos ejercicios, actividades y prácticas en el software PROMODEL™ planteadas en los textos *Laboratorios de simulación discreta* (J. A. Soto & López, 2010) y *Simulación y análisis de sistemas con Promodel* (García et al., 2006), de esta forma, determinar los contenidos prácticos a incluir. Por último, se revisaron nuevamente los contenidos temáticos analizados y presentados en la Figura 15 Contenido de las Unidades de Enfoque Teórico y Figura 16 Contenido de las Unidades de Enfoque Práctico.

En la

Tabla 66 Contenido temático propuestose puede observar el contenido temático propuesto.

7.2. Herramientas pedagógicas del grupo GEIO propuestas

A partir de la caracterización de las herramientas pedagógicas adaptadas y desarrolladas por el grupo GEIO, se seleccionaron aquellas que facilitarían la conducción y enseñanza del contenido temático propuesto.

En la Tabla 67 Herramientas pedagógicas propuestasse presenta la propuesta sobre cuál herramienta pedagógica seleccionada se recomienda emplear para cada contenido temático propuesto.

Tabla 66 Contenido temático propuesto

UNIDAD I	UNIDAD II
<p>Introducción al concepto de sistema</p> <ul style="list-style-type: none"> Definición Estructura del sistema <p>Introducción al concepto de modelo</p> <ul style="list-style-type: none"> Definición Relación entre sistema y modelo Ventajas de los modelos Tipos de modelos Clasificación de los modelos <p>Introducción al concepto de simulación</p> <ul style="list-style-type: none"> Planteamiento Definición Ventajas de la simulación Desarrollo de modelos de simulación 	<p>Introducción al software PROMODEL</p> <ul style="list-style-type: none"> Presentación de la herramienta Módulo de Información general Módulo de Estaciones Módulo de Entidades Módulo de Llegadas Módulo de Procedimientos Variables Graficas de fondo Atributos Red de rutas Recursos Ejecución de la simulación Estadísticas de Salida
UNIDAD III	UNIDAD IV
<p>Muestreo Monte Carlo</p> <ul style="list-style-type: none"> Definición Pasos para aplicar Muestreo Monte Carlo Ejercicios 	<p>Números Aleatorios Uniformes</p> <ul style="list-style-type: none"> Definición Propiedades Cómo generar números aleatorios uniformes <p>Números Pseudo - Aleatorios</p> <ul style="list-style-type: none"> Concepto Criterios que debe cumplir un número pseudo - aleatorio Métodos para generar números pseudo - aleatorios Pruebas estadísticas
UNIDAD V	UNIDAD VI
<p>Generados de Proceso</p> <ul style="list-style-type: none"> Definición Métodos para generar valores de variables aleatorias a partir de una distribución de probabilidad Método de transformación inversa Método de composición Método de aceptación y rechazo 	<p>Ejercicios Propuestos</p> <ul style="list-style-type: none"> Fábrica de vasos - Pull Trabajando en el laboratorio de producción Job Shop Cajas de Capas Gorros de papel Yokimabobs Fábrica de camisas Rouge River

Fuente: Autora

Tabla 67 Herramientas pedagógicas propuestas

UNIDAD I	Herramienta Pedagógica del grupo GEIO
Introducción al concepto de sistema Definición Estructura del sistema	Nombre Si le das una galletita a un ratón Tipo Cuento educativo
Introducción al concepto de modelo Definición Relación entre sistema y modelo Ventajas de los modelos Tipos de modelos Clasificación de los modelos	Nombre Cosecha Tipo Herramienta lúdica
Introducción al concepto de simulación Planteamiento Definición Ventajas de la simulación Desarrollo de modelos de simulación	Nombre El ciego, el manco y el mudo Tipo Herramienta lúdica Temática Planteamiento desarrollo de modelos de simulación
UNIDAD II	Herramienta Pedagógica del grupo GEIO
Introducción al software PROMODEL Presentación de la herramienta Módulo de Información general Módulo de Estaciones Módulo de Entidades Módulo de Llegadas Módulo de Procedimientos Variables Graficas de fondo Atributos Red de rutas Recursos Ejecución de la simulación Estadísticas de Salida	Nombre Fábrica de vasos Tipo Herramienta lúdica Descripción Se trabaja el experimento lúdico Fábrica de vasos bajo el método Push, de esta forma, se propone el desarrollo de cuatro modelos de simulación en las que se exploran y explican las diferentes herramientas brindadas por el software PROMODEL
UNIDAD III	Herramienta Pedagógica del grupo GEIO
Muestreo Monte Carlo Definición Pasos para aplicar Muestreo Monte Carlo Ejercicios	Nombre Gorras Olimpicas Tipo Herramienta lúdica

UNIDAD IV	Herramienta Pedagógica del grupo GEIO
<p>Números Aleatorios Uniformes</p> <p>Definición</p> <p>Propiedades</p> <p>Cómo generar números aleatorios uniformes</p> <p>Números Pseudo - Aleatorios</p> <p>Concepto</p> <p>Criterios que debe cumplir un número pseudo - aleatorio</p> <p>Métodos para generar números pseudo - aleatorios</p> <p>Pruebas estadísticas</p>	<p>Nombre</p> <p>Trabajando en el laboratorio de producción</p> <p>Tipo</p> <p>Herramienta lúdica</p> <p>Temática</p> <p>Se propone ejecutar el laboratorio de producción AC con el fin de brindar a los participantes la experiencia de un sistema con comportamiento estocástico</p>
UNIDAD V	Herramienta Pedagógica del grupo GEIO
<p>Generados de Proceso</p> <p>Definición</p> <p>Métodos para generar valores de variables aleatorias a partir de una distribución de probabilidad</p> <p style="padding-left: 40px;">Método de transformación inversa</p> <p style="padding-left: 40px;">Método de composición</p> <p style="padding-left: 40px;">Método de aceptación y rechazo</p>	<p>Nombre</p> <p>Trabajando en el laboratorio de producción</p> <p>Tipo</p> <p>Herramienta lúdica</p> <p>Temática</p> <p>Se propone ejecutar el laboratorio de producción AC con el fin de identificar la importancia de los generadores de proceso en la modelación de sistemas estocásticos</p>
	<p>Nombre</p> <p>El sentido de las muestras</p> <p>Tipo</p> <p>Herramienta lúdica</p> <p>Temática</p> <p>Se plantea para explicar la temáticas de teorema central del límite y el empleo de StatFit</p>
UNIDAD VI	Herramienta Pedagógica del grupo GEIO
<p>Ejercicios Propuestos</p> <p>Fábrica de vasos - Pull</p> <p>Trabajando en el laboratorio de producción</p> <p>Job Shop Cajas de Capas</p> <p>Gorros de papel</p> <p>Yokimabobs</p> <p>Fábrica de camisas</p> <p>Rouge River</p>	<p>Cada uno de los ejercicios propuestos es una actividad lúdica, por ende, se propone ejecutar cada uno de esta forma facilitar a los participantes el reconocimiento del comportamiento del sistema</p>

Fuente: Autora

7.3. Desarrollo de herramientas pedagógicas experienciales para la enseñanza de simulación discreta, empleando el software PROMODEL™

Se desarrollaron once modelos en el software PROMODEL™ relacionados con los experimentos lúdicos adaptados por el grupo GEIO, para soportar la enseñanza de simulación discreta. Así mismo se desarrolló un ejercicio empleando Microsoft Excel para exponer conceptos de Muestreo Monte Carlo y una actividad en la herramienta StatFit con el fin de identificar su aplicación para encontrar el tipo de distribución que mejor puede llegar a representar a una muestra de datos.

Todas las herramientas pedagógicas desarrolladas pueden encontrarse en los documentos anexos (Carpeta Anexo C). A continuación se enuncian los nombres de los archivos de interés.

1. FABRICA DE VASOS PUSH_MATERIA PRIMA LIMITADA
2. FABRICA DE VASOS PUSH
3. FABRICA DE VASOS_DOBLE ESTACION 4
4. FABRICA DE VASOS PUSH_MEJORA HERRAMIENTA (SETUP)
5. GORRAS OLIMPICAS
6. LABORATORIO AC
7. EL SENTIDO DE LAS MUESTRAS
8. FABRICA DE VASOS PULL
9. JOB SHOP CAJAS DE CAPAS
10. GORROS DE PAPEL
11. YOKIMABOBS
12. FABRICA DE CAMISAS
13. ROUGE RIVER

7.4. Cartilla educativa para la enseñanza de simulación discreta empleando el software PROMODEL™ y algunos experimentos lúdicos del grupo GEIO


A partir del contenido temático establecido y el desarrollo de las herramientas pedagógicas para soportar la enseñanza de simulación discreta, se generó una cartilla educativa con la que se busca exponer conceptos y herramientas que se pueden usar en el desarrollo de modelos de simulación discreta empleando el software PROMODEL™

Sin olvidar que todas las herramientas lúdicas que se presentan son adaptaciones del grupo GEIO y los modelos de simulación fueron desarrollados en su totalidad por la autora. Así mismo toda la información teórica que se expone tiene su respectiva referencia bibliográfica. Además los modelos de simulación que se exponen buscan representar el comportamiento que usualmente se obtiene del desarrollo de la actividad lúdica, es decir, existen otros escenarios que se pueden

dar al ejecutar la lúdica y no son contemplados en los modelos de simulación que se exponen.



Al desarrollar la cartilla educativa se trato emplear una estructura gráfica adecuada, en la cual sobresale que al inicio de cada Unidad se presenta un resumen de los objetivos de la misma, las temáticas a tratar y las actividades que se proponen.

Así mismo en lugares de la cartilla se realiza la exposición de herramientas lúdicas del grupo GEIO, que se propone sean empleadas para conducir el proceso de enseñanza. Para la lectura de las actividades lúdicas se recomienda tener claro los siguientes parámetros gráficos

Gráfico	Descripción
	Indica el inicio de la presentación de una actividad lúdica desarrollado por el grupo GEIO
	Empleado como introducción para determina el espacio físico necesario para el desarrollo de la actividad lúdica
	Utilizado para presentar el tiempo necesario de la ejecución de la lúdica
	Empleado para dar a conocer los materiales necesarios en la ejecución de la lúdica
	Se emplea para dar a conocer el número de recurso humano necesario para ejecutar la actividad lúdica
	Se utiliza para presentar el contexto teórico de la herramienta lúdica
	Empleado para dar a conocer lo objetivos de la herramienta lúdica
	Indica que se va explicar la forma en que se desarrolla la actividad lúdica
	Presenta campos que se pueden explorar al finalizar cada actividad lúdica
	Identifica el material anexo con el que cuenta la actividad lúdica desarrollada y se presenta en la cartilla

Fuente: Autora

Al interior de la cartilla se presentan:

Desarrollo Gráfico	Descripción
 <p data-bbox="461 260 634 296">Sabías que...</p>	<p data-bbox="818 254 1263 365">Capsula de conocimiento: En la cual hay información o datos que pueden robustecer la conducción del proceso de enseñanza</p>
 <p data-bbox="461 459 613 489">Recuerda...</p>	<p data-bbox="818 449 1263 560">Gota de memoria: Conduce al lector a otra sección de la cartilla donde se explica algún concepto que se considera relevante.</p>

Fuente: Autora

Todas las herramientas pedagógicas que se mencionan a lo largo de la cartilla se encuentran como anexos de la misma.

La cartilla desarrollada se presenta como anexo del presente trabajo (Anexo D).

8. OTROS RESULTADOS

Mediante el desarrollo y resultados del presente proyecto de investigación se hizo partícipe del Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2016 con la ponencia “*Propuesta de herramientas pedagógicas experienciales como instrumentos claves en la formación de ingenieros competentes, para apoyar los procesos de enseñanza – aprendizaje del área de investigación de operaciones y estadística*” (Gómez Suta, Zuluaga Ramírez, & Arenas Valencia, 2016).

Igualmente como resultado del presente trabajo se desarrolló la propuesta de un curso corto referente a la enseñanza de la simulación discreta empleando el software PROMODEL™ y algunas herramientas lúdicas del grupo GEIO, con el fin de que sea dictado por profesores y estudiantes pertenecientes al grupo de investigación a equipos de profesionales que tengan interés en afianzar o explorar temáticas de simulación discreta. En los anexos del presente trabajo se puede encontrar la propuesta desarrollada (Anexo E).

Por último se generó un artículo titulado “*Propuesta de escenario lúdico para facilitar el proceso de enseñanza – aprendizaje en temáticas de Simulación Discreta*”, actualmente se encuentra en proceso de revisión en la revista Scientia et Technica de la Universidad Tecnológica de Pereira. Dicho documento se encuentra en los anexos del presente trabajo (Anexo F).

9. CONCLUSIONES

- A nivel universitario existe la necesidad de desarrollar herramientas pedagógicas que no sólo faciliten la adquisición de conocimientos, sino también, la aplicación de los mismos y la cohesión de estos con instrumentos tecnológicos; de esta forma brindar a los futuros egresados las habilidades y destrezas necesarias para responder a los retos que desde su rol profesional deberán enfrentar.
- Igualmente en la literatura revisada se presenta el empleo de cinco herramientas pedagógicas para la conducción de procesos de enseñanza – aprendizaje sobre investigación de operaciones y estadística empleando elementos computacionales, estos son:
 - El cuento que fomenta la comunicación entre el estudiante y el docente, además, sumerge al alumno en la lectura de narraciones breves y sencillas que, después, este mismo emplea para realizar planteamientos matemáticos y simulaciones computacionales.
 - La cartilla que facilita la labor docente, pues brinda al estudiante los objetivos, temáticas y tareas que este debe cumplir para lograr un proceso educativo eficiente; lo anterior, fomenta que sea el alumno el responsable de su proceso educativo y el maestro un guía de este.
 - Los casos de estudio representan un desafío para el estudiante, pues este debe emplear sus habilidades, conocimientos, herramientas y técnicas para resolverlos; siempre con el apoyo del docente que es el responsable de evitar factores que puedan causar confusión o estrés al alumno.
 - El software educativo representa una opción para que el estudiante en la medida que aplica los conocimientos en situaciones prácticas, interactúe en un ambiente computacional. No obstante, su diseño y planificación representa un reto para el docente.
 - La herramienta lúdica es una alternativa pedagógica que busca llevar contextos reales al salón de clases; así mismo, suele contar con diversos recursos educativos sin perder flexibilidad en su estructura, pues se enfocan en generar el aprendizaje mediante analogías de la realidad de interés; de esta forma, se facilita observar, representar o asumir una situación sin incurrir en riesgos o percances para el estudiante.

Por lo anterior cada herramienta brinda una serie de bondades que facilitan los procesos de aprendizaje de investigación de operaciones y estadística empleando herramientas computacionales, porque ubican al estudiante o participante en una serie de contexto socio – culturas donde este interactúa con otros actores y enfrenta desafíos que le exigen afianzar habilidades previas y/o desarrollar aquellas de las cuales carece para resolver el problema que se le presente.

- A partir de la recolección de datos generada, su posterior tratamiento y análisis, es pertinente concluir que la muestra estudiada se caracteriza por tener universidades que se ubican en las principales ciudades del país. Así mismo, se identificó que la mitad de estos centros educativos ofertan el pregrado de Ingeniería Industrial y de estos sólo la mitad dictan la asignatura de simulación discreta. De aquellas universidades que presentan en pregrado la asignatura de interés, se encontró que casi en su mayoría la materia es de carácter obligatorio y los prerrequisitos de esta son asignaturas como Investigación de Operaciones II, Estadística II, Dinámica de Sistemas, Logística y Distribución. Por último, al analizar las unidades temáticas se identificó que la asignatura de simulación discreta se caracteriza por:
 - La asignatura busca brindar a los estudiantes herramientas matemáticas, lógicas y computacionales que puedan ser empleadas en la modelación y simulación de entornos complejos, con el fin de mejorar los procesos de toma de decisiones.
 - El contenido de las unidades temáticas tiene un rasgo teórico y otro práctico. En el primero se ofrece una serie de conceptos y definiciones que el estudiante debe conocer para analizar y modelar entornos complejos mediante técnicas matemáticas y estadísticas. El segundo rasgo pretende que el alumno reconozca el software de simulación discreta (en su mayoría la herramienta computacional Promodel), para emplearlo en la simulación de entornos previamente estudiados con instrumentos estadísticos.
 - Los recursos empleados se restringen a instrumentos como el software empleado para la simulación discreta, el laboratorio donde se encuentran las herramientas computacionales necesarias y en algunos casos textos guías.
 - Las herramientas pedagógicas empleadas son lecturas de artículos científicos, casos de estudio, clases magistrales y desarrollo de talleres grupales y/o individuales dirigidos por el docente.

Por ende, se identificó que el empleo de herramientas lúdicas, software educativo y cuentos para conducir la asignatura de simulación discreta es un aspecto inexplorado a nivel nacional.

- El grupo GEIO ha desarrollado diversas herramientas pedagógicas entre las que se encuentran actividades lúdicas y cuentos, en su mayor parte, estas pueden ser empleadas para tratar temáticas de producción, investigación de operaciones, administración y teoría general de los sistemas. Así mismo el grupo de investigación ha creado y adaptado diversos instrumentos que pueden ser usados para apoyar la enseñanza de la simulación discreta, a continuación se presenta una lista de dichas herramientas:
 - El sentido de las muestras

- Rouge River y las mudas
 - Fabrica de vasos
 - Gorros de papel
 - Yokimabobs
 - El manco, el ciego y el mudo
 - Fabrica de camisas
 - Job Shop
 - Trabajando en el laboratorio de producción
 - Gorras olímpicas
 - Beer Game
 - Fish Bank
 - Cosecha
 - Si le das una galletita a un ratón
 - El gato en la gorra
 - La queja de Gecko
 - Los sneetches y otras historias
 - Las semillas mágicas de Anno
- Al desarrollar las diferentes herramientas pedagógicas propuestas, se identificó que el software PROMODEL™ es un instrumento computacional con una interfaz gráfica amigable y sencillo de emplear para la representación de sistemas productivos; por lo anterior fue posible desarrollar los modelos de simulación de las lúdicas propuestas que los estudiantes y/o participantes pueden emplear para robustecer su proceso de enseñanza – aprendizaje de simulación discreta
 - Mediante el desarrollo de la cartilla educativa se diseñó una herramienta pedagógica que pueda ser empleada por docentes y orientadores para la creación de entornos educativos caracterizados por la presencia de escenarios lúdicos de sistemas productivos, donde los participantes y/o estudiantes pueden reconocer y modificar variables del mismo sin incurrir en riesgos para ellos u otros, de esta forma, recopilar todo el conocimiento vivenciado durante la exploración de la lúdica para desarrollar un modelo de simulación discreta del experimento ejecutado.

10. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que futuros proyectos de investigación referentes al tema, tomen en cuenta otras Bases de Datos al igual que otra ecuación de búsqueda, con el fin de robustecer la revisión de la literatura sobre herramientas pedagógicas empleadas para la enseñanza de la investigación de operaciones en relación a aspectos computacionales.
- Futuras investigaciones pueden considerar el empleo de otras herramientas computacionales que manejen un lenguaje de programación más complejo u otro tipo de simulación.
- Se recomienda que futuros proyectos de esta naturaleza consideren obtener información sobre las unidades temáticas y/o proyectos curriculares de fuentes primarias, es decir, hacer contacto con los diferentes centros educativos de interés para conocer si estos desean y pueden brindar este tipo de información.
- En el desarrollo de futuras herramientas pedagógicas empleando los experimentos lúdicos desarrollados por GEIO, se pueden llegar a considerar fuentes diferentes a la cartilla del grupo como lo son los trabajos elaborados por integrantes del grupo de investigación y publicados en las memorias de las diversas versiones del encuentro de la RED IDDEAL.
- Se recomienda que para el desarrollo de próximas herramientas pedagógicas para la enseñanza de simulación discreta, se consideren las temáticas de periodo de calentamiento y técnicas para identificar el número de replicas necesarias al ejecutar un modelo de simulación.

11. FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Agudelo Ramírez, A. (2008). Uso de la lúdica y el pensamiento lateral en la enseñanza de las cinco disciplinas para la construcción de organizaciones inteligentes. Facultad de Ingeniería Industrial. Retrieved from <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/911>
- Allon, & Van Mieghem. (2010). The Mexico-China Sourcing Game: Teaching Global Dual Sourcing. *INFORMS Transactions on Education*, 10(3), 105–112. <https://doi.org/10.1287/ited.1090.0045>
- Alpers, A., & Trotter, L. E. (2009). Teaching Computational Discrete Optimization at the Undergraduate Level. *INFORMS Transactions on Education*, 9(2), 63–69. <https://doi.org/10.1287/ited.1090.0020>
- American Society for Engineering Education. (2016). The Organization: American Society for Engineering Education. Retrieved December 18, 2016, from <http://www.asee.org/about-us/the-organization>
- Antonio Moreira, M. (2012). La Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico: un referente para organizar la enseñanza contemporánea. *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 31, 9–20.
- Aracil, J. (2002). *Dinámica De Sistemas*. Madrid: Isdefe. Ingeniería de Sistemas. Retrieved from http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/30937935/Aracil_Gordillo_DS.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1459994585&Signature=RWjAdKFm/D+Aeud+2RUzsgqpCmw=&response-content-disposition=inline;filename=Dinamica_de_sistemas.pdf
- Arrobas Velilla, T., Cazenave Sánchez, J. I., Cañizares Díaz, J. I., & Fernández Serrat, M. L. (2014). Herramientas didácticas para mejorar el rendimiento académico. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*. Retrieved from <http://red-u.net/redu/index.php/REDU/article/view/621/pdf>
- Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería. (2011). Quiénes somos | ACOFI – Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería. Retrieved December 18, 2016, from <http://www.acofi.edu.co/la-asociacion/quienes-somos/>
- Australasian Association for Engineering Education. (2016). Australasian Association for Engineering Education. - Australasian Association for Engineering Education. Retrieved December 18, 2016, from <http://www.aeee.net.au/index.php>
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology : a cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston.
- Baker, A., Navarro, E. O., & Van Der Hoek, A. (2005). An experimental card game for teaching software engineering processes. *Journal of Systems and Software*, 75(1–2), 3–16. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2004.02.033>
- Banks, J., Nelson, B. L., Carson, J. S., & Nicol, D. M. (2010). *Discrete Event System Simulation. PrenticeHall international series in industrial and systems engineering*. <https://doi.org/10.2307/1268124>
- Bayram, S., Education, C., Technologies, I., & Nous, A. P. (2004). Evolution of Educational Software Evaluation : Instructional Software Assessment. *The*

- Turkish Online Journal of Educational Technology*, 3(2), 21–27.
- Cagiltay, N. E. (2007). Teaching software engineering by means of computer-game development: Challenges and opportunities. *British Journal of Educational Technology*, 38(3), 405–415. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2007.00705.x>
- Calderón, A., & Ruiz, M. (2015). A systematic literature review on serious games evaluation: An application to software project management. *Computers & Education*, 87, 396–422. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.07.011>
- Campus, K., & Penrith, S. (2003). Engineering education - is problem-based or project-based learning the answer? *Australasian Journal of Engineering Education*, 3, ISSN 1324-5821. <https://doi.org/10.1108/13552540210420989>
- Cano, E. (2015). LAS RÚBRICAS COMO INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS EN EDUCACIÓN SUPERIOR: ¿USO O ABUSO? *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 19(2), 265–280. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56741181017>
- Chlond, M. J., & Toase, C. M. (2002). IP Modeling of Chessboard Placements and Related Puzzles. *INFORMS Transactions on Education*, 2(2), 1–11. <https://doi.org/10.1287/ited.2.2.1>
- Clear, T., Beecham, S., Oudshoorn, M., Barr, J., & Noll, J. (2016). Developments in Global Software Engineering Education, 1–4.
- Coller, B. D., & Scott, M. J. (2009). Effectiveness of using a video game to teach a course in mechanical engineering. *Computers & Education*, 53(3), 900–912. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2009.05.012>
- Colomer, T. (2005). EL DESENLACE DE LOS CUENTOS COMO EJEMPLO DE LAS FUNCIONES DE LA LITERATURA INFANTIL Y JUVENIL. *Revista de Educación*, 203–216.
- Consejo Nacional de Acreditación. (2014). El sistema de educación superior de Colombia. Retrieved December 17, 2016, from <http://www.cna.gov.co/1741/article-187279.html>
- Cox III, & Walker II. (2006). The Poker Chip Game: A Multi-product, Multi-customer, Multi-echelon, Stochastic Supply Chain Network Useful for Teaching the Impacts of Pull versus Push Inventory Policies on Link and Chain Performance. *INFORMS Transactions on Education*, 6(3), 3–19. <https://doi.org/10.1287/ited.6.3.3>
- Cruz-Martín, A., Fernández-Madrugal, J. A., Galindo, C., González-Jiménez, J., Stockmans-Daou, C., & Blanco-Claraco, J. L. (2012). A LEGO Mindstorms NXT approach for teaching at Data Acquisition, Control Systems Engineering and Real-Time Systems undergraduate courses. *Computers and Education*, 59(3), 974–988. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.026>
- Davis, K. R., & MacKeown, P. G. (1986). *Modelos cuantitativos para administración*. Grupo Editorial Iberoamerica.
- Departamento Nacional de Planeación. (2015). *Plan Nacional de Desarrollo, Todos Por un Nuevo País 2014 - 2018* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- DePuy, G. W., & Taylor, G. D. (2007). Using Board Puzzles to Teach Operations Research. *INFORMS Transactions on Education*, 7(2), 160–171. <https://doi.org/10.1287/ited.7.2.160>

- Dunning, I., Gupta, V., King, A., Kung, J., Lubin, M., & Silberholz, J. (2015). A Course on Advanced Software Tools for Operations Research and Analytics. *INFORMS - Transactions in Education*, 15(2), 169–179. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1287/ited.2014.0131>
- Echeverri, E. M., Bohorquez, N., & Arenas, W. (2015, December 17). IMPLEMENTACIÓN DE LABORATORIOS LÚDICOS PARA LA EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS DESDE UN ENFOQUE CONSTRUCTIVISTA. *Revista Educación en Ingeniería*. Retrieved from <http://www.educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/584>
- Enns, S. T. (2008). An Interactive Spreadsheet-based Tool to Support Teaching Design of Experiments. *INFORMS Transactions on Education*, 8(2), 55–64. <https://doi.org/10.1287/ited.1080.0008>
- European Society for Engineering Education. (2016). European Society for Engineering Education. Retrieved December 18, 2016, from http://www.sefi.be/?page_id=6811
- Evans. (2000). Spreadsheets as a Tool for Teaching Simulation. *INFORMS Transactions on Education*, 1(January 2016), 27–37. <https://doi.org/10.1287/ited.1.1.27>
- Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira. (2015). Facultad Ingeniería Industrial.
- Fang, H. G., Liu, M., & Liu, J. (2011). Research on Educational Software Unified Process Model Based on Education Domain Knowledge. *Advanced Materials Research*, 271–273, 1279–1285. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.271-273.1279>
- Favieri, A. (2014, October 15). Análisis de una evaluación por rúbricas en una actividad matemática universitaria. Comité Latinoamericano de Matemática Educativa. Retrieved from <http://funes.uniandes.edu.co/5420/1/FavieriAnálisisALME2014.pdf>
- Flehsig, K.-H., & Schiefekbein, E. (2006). Veinte Modelos Didácticos para América Latina. In *INTERAMER de la Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos* (p. 70). Organización de los Estados Americanos.
- García, E., García, H., & Cárdenas, L. (2006). *Simulación Y Análisis De Sistemas Con Promodel* (First). México: PEARSON Educación.
- García Molina, R. (2015). Experimentos de Física y Química en tiempos de crisis. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación de Las Ciencias*. Retrieved from <http://reuredc.uca.es/index.php/tavira/article/view/926>
- García Velasco, A. (2005). *El lenguaje de los cuentos infantiles* (1a. ed.). Aljaima.
- Garg, K., & Varma, V. (2007). A Study of the Effectiveness of Case Study Approach in Software Engineering Education. In *Software Engineering Education & Training, 2007. CSEET '07. 20th Conference on* (pp. 309–316). <https://doi.org/10.1109/CSEET.2007.8>
- GEIO, G. (2016). *Investigación en nuevas prácticas pedagógicas para la Ingeniería: Recopilación de actividades lúdicas para la enseñanza de la Ingeniería Industrial*. Pereira.
- Gómez Suta, M., Zuluaga Ramírez, C. M., & Arenas Valencia, W. (2016). PROPUESTA DE HERRAMIENTAS PEDAGÓGICAS EXPERIENCIALES COMO INSTRUMENTOS CLAVES EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS

- COMPETENTES, PARA APOYAR LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES Y ESTADÍSTICA. In *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2016* (pp. 1–10).
- González Gil, M. D. (1986). El cuento. Sus posibilidades en la didáctica de la literatura. *CAUCE, Revista de Filología Y Su Didáctica*, 9, 195–208.
- Hui Zhang, & Zhou, C. (2015). Shaping identity of being creative Information Technology (IT) Engineers: Why, what and how should educators do? *2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)*, 2665–2669. <https://doi.org/10.1109/FSKD.2015.7382378>
- Ion, G., & Cano, E. (2012). LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO UNIVERSITARIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA EVALUACIÓN POR COMPETENCIAS. *Educación XX1*, 15(2), 249–270. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70624504012>
- Jaramillo, C., & Mejía, L. (2006, June 15). Diez notas sobre la difusión de GEIO. *Revista Educación en Ingeniería*. Retrieved from <http://www.educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/142>
- Kitchenham, B., Pickard, L., & Pfleeger, S. L. (1995). Case studies for method and tool evaluation. *Software, IEEE*, 12(4), 52–62. <https://doi.org/10.1109/52.391832>
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning : experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development Englewood Cliffs*. Prentice Hall.
- Lang, J. D., Cruse, S., McVey, F. D., & McMasters, J. (1999). Industry Expectations of New Engineers: A Survey to Assist Curriculum Designers. *Journal of Engineering Education*, 88(1), 43–51. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.1999.tb00410.x>
- Marín-González, Y., Montes-de la-Barrera, J. O., Hernández-Riaño, H. E., & López-Pereira, J. M. (2010). Validación de la lúdica como herramienta metodológica complementaria en la enseñanza del método de producción tradicional y del método de producción de la teoría de restricciones (TOC) para el manejo de los entornos multitarea. *Ingeniería Y Universidad*, 14(1), 97–115. [https://doi.org/Ingenieria 14-1.indb](https://doi.org/Ingenieria%2014-1.indb)
- Marius-Costel, E. (2010). The didactic principles and their applications in the didactic activity, 7(9).
- Mcloughlin, C., & Luca, J. (2001). Learning Through Self-Direction: The Influence of Task Design on Team-Based Professional Knowledge Building in an Online Environment. In *ASCILITE 2000 annual conference*.
- Medina Rivilla, A., Salvador Mata, F., & Arroyo González, M. (2009). *Didáctica general*. Prentice Hall Pearson Educación.
- Mejía, L. A. (2011). *USO DE LA LÚDICA COMO COMPLEMENTO METODOLÓGICO A LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL (V ETAPA)*. Pereira.
- Mejía, L. G. M. (2013). La guía didáctica: práctica de base en el proceso de enseñanza-aprendizaje y en la gestión del conocimiento. *Apertura*, 5(1), 66–73. Retrieved from <http://redalyc.org/articulo.oa?id=68830443006>

- Melo, L., Ramos, J., & Hernández, P. (2014). *La Educación Superior en Colombia: Situación Actual y Análisis de Eficiencia*.
- Muñuzuri, J., Cortés, P., Grosso, R., Onieva, L., Muñuzuri, J., Cortés, P., ... Onieva, L. (2016). *INFORMS Transactions on Education Teaching Heuristic Methods to Industrial Engineers: A Problem-Based Experience Teaching Heuristic Methods to Industrial Engineers: A Problem-Based Experience*, (February).
- Onrubia, J., & Martí, E. (2002). *Las teorías del aprendizaje escolar*. (Universidad de Cataluña, Ed.).
- Péres, D., Pérez, A. I., & Sánchez, R. (2013). El cuento como recurso didáctico (The Story As An Educational Resource). *3Ciencias*, 13, 1–29. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4817922.pdf>
- Piaget, J. (1940). *A Piaget primer : how a child thinks*. Plime Book.
- Ragsdale, C. T. (2001). Teaching Management Science with Spreadsheets: From Decision Models to Decision Support. *INFORMS Transactions on Education*, 1(2), 68–74. <https://doi.org/10.1287/ited.1.2.68>
- Rahman, S. N. A., Mazlan, N. A., & Woei, L. S. (2013). A pedagogical re-tale: Nusantara folktales conservation via multimedia programming in Alice 2.3. *Proceedings - 2013 International Conference on Informatics and Creative Multimedia, ICICM 2013*, 248–253. <https://doi.org/10.1109/ICICM.2013.49>
- Rajlich, V. (2010). Teaching undergraduate software engineering by means of the evolution of open-source projects. *IEEE International Conference on Software Maintenance, ICSM*, (Section III), 2010–2011. <https://doi.org/10.1109/ICSM.2010.5609587>
- Raynal, F., & Rieunier, A. (2010). *Pedagogía: Diccionario de conceptos claves*. Editorial Popular. Retrieved from <https://books.google.com/books?id=I8TTcQAACAAJ&pgis=1>
- Requena, M. D., & Sáinz de Vicuña, P. (2009). *Didáctica de la Educación Infantil*. Editex.
- Revista Semana. (2011). Reforma a la Ley 30: por qué sí, por qué no. Retrieved December 17, 2016, from <http://www.semana.com/nacion/articulo/reforma-ley-30-que-si-que-no/237727-3>
- Rodrigues, C. S. C., & Werner, C. M. L. (2011). Making the comprehension of software architecture attractive. In *2011 24th IEEE-CS Conference on Software Engineering Education and Training, CSEE and T 2011 - Proceedings* (pp. 416–420). <https://doi.org/10.1109/CSEET.2011.5876116>
- Rojas Carvajal, Y. (2013). Caracterización de la innovación en un producto de software en el contexto de la industria de software colombiana modelo MCI. Retrieved from <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/15083>
- Romero, C. (2011). Sobre la reforma a la Ley 30 de Educación ... | *Ágora | Congreso Visible*. Retrieved December 17, 2016, from <http://www.congresovisible.org/agora/post/sobre-la-reforma-a-la-ley-30-de-educacion-superior/1084/>
- Senge, P. M. (1990). *The fifth discipline : the art and practice of the learning organization*. Doubleday/Currency.
- Senge, P. M., Kleiner, A., Roberts, C., Ross, R. B., & Smith, B. J. (2004). *La quinta disciplina en la práctica: estrategias y herramientas para construir la*

- organización abierta al aprendizaje* (Tercera). New York: Granica S.A.
- Singer, D. G., & Revenson, T. A. (1996). *A Piaget primer: how a child thinks*. Plume.
- Sniedovich, M. (2002). INFORMS Transactions on Education OR / MS Games : 1 . A Neglected Educational Resource, (September 2016).
- Soto, J. (2013). *Simulación - Fundamentos teóricos de simulación discreta*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Soto, J. A., & López, J. F. (2010). *Laboratorios de simulación discreta* (Primera Ed). Pereira. ISBN: 978-958-00-0000-0
- Sweeney, L. B., Meadows, D., & Mehers, G. M. (2011). *The Systems Thinking Playbook for Climate Change: A toolkit for interactive learning*.
- Talluri. (2009). The Customer Valuations Game as a Basis for Teaching Revenue Management. *INFORMS Transactions on Education*, 9(3), 117–123. <https://doi.org/10.1287/ited.1090.0029>
- Trick. (2004). Using Sports Scheduling to Teach Integer Programming. *INFORMS Transactions on Education*, 5(1), 10–17. <https://doi.org/10.1287/ited.5.1.10>
- Trick, M. A. (2001). Building a Better Game through Dynamic Programming: A Flip Analysis. *INFORMS Transactions on Education*, 2(1), 50–58. <https://doi.org/10.1287/ited.2.1.50>
- Tunku, U., Rahman, A., & Long, S. (2015). LEARNING PROGRAMMING USING OBJECTS-FIRST APPROACH. *Jurnal Teknologi*, 11, 67–72.
- Vargas Jiménez, A. (2006). *Los principios didácticos, guía segura del profesor*. *Revista Pedagogía Universitaria*, 11(3): 15-44, 2006. Editorial Universitaria. Retrieved from http://cid.uveg.edu.mx/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=49538
- Varma, V., & Garg, K. (2005). Case studies: the potential teaching instruments for software engineering education. In *Fifth International Conference on Quality Software, 2005.(QSIC 2005)*. (pp. 279–284).
- Vigotsky, L. S. (1934). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Critica.
- Vygotsky, L. S. (1978). Internalización de las funciones psicológicas superiores. In *El Desarrollo de los procesos psicológicos superiores* (pp. 1–13).
- Wilcox, L. C., & Wilcox, M. S. (2010). A review and evaluation of engineering education in transition. *2010 IEEE Transforming Engineering Education: Creating Interdisciplinary Skills for Complex Global Environments*. <https://doi.org/10.1109/TEE.2010.5508832>
- World Federation of Engineering Organizations. (2016). World Federation of Engineering Organizations. Retrieved December 18, 2016, from <http://www.wfeo.org/about/>
- Wu, M., & Yan, H. (2008). System Dynamics Modeling and Simulation in Software Engineering Education. *2008 The 9th International Conference for Young Computer Scientists*, 2407–2411. <https://doi.org/10.1109/ICYCS.2008.374>
- Zhang, H. (2012). Educational software process improvement model and strategy. In *International Conference on Computer Science and Information Processing (CSIP)* (pp. 945–947).