



ONTARE

Revista de Investigación de la Facultad de Ingeniería

Vol. 4 No. 2, julio-diciembre de 2016

ISSN 2382-3399, Bogotá-Colombia

Periodicidad semestral

La Revista ONTARE es una revista impresa editada por la Universidad EAN, con una periodicidad semestral, de circulación nacional e internacional. Publica artículos inéditos en español, inglés, francés y portugués que presenten resultados de investigación o revisiones teóricas que aporten a los debates en el campo de la ingeniería y tecnología en el área del conocimiento de la electrónica y la informática.

Nota. El contenido de los artículos que aparecen en esta publicación es responsabilidad de los autores.



Volumen 4, Número 2
Julio a Diciembre de 2016

Rector

Rubén Darío Gómez Saldaña

Editora

Maira Alejandra García Jaramillo

Comité Editorial

Leonardo Rodríguez Urrego
Universidad EAN

Jorge Eliécer Gómez Gómez
Universidad de Córdoba

Mariana Medina Sánchez
Leibniz Institut für Festkörper- und
Werkstoffforschung

Fabrizio Garelli
Universidad Nacional de la Plata

Comité Científico

Mario Andrés Hernández Pardo
Universidad EAN

Fabian Mauricio León Vargas
Universidad Antonio Nariño

Michael Villamizar
Idiap Research Institute

Eduard Galvis Restrepo
Universidad Santo Tomás

Gerente de Investigaciones y publicaciones

H. Mauricio Diez Silva

Coordinadora de Publicaciones

Laura Cediél Fresneda

Asistente editorial

Lina Margarita Espitia González

Revisión de estilo

Laura León Penagos

Traducción al inglés

Mónica Franco

Traducción al francés

Oliver Rustique

Traducción al portugués

Antonio Lobato

Diseño de caratula

Álvaro Leonel Guerrero C.

Diagramación e impresión

Digiprint Editores EU.
Calle 63 #70D - 34, Bogotá - Colombia

Publicado por Ediciones EAN 2016.

Todos los derechos reservados.

©Universidad EAN, Calle 79 No. 11-45, Bogotá D.C., Colombia, 2016.

Prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin autorización de la Universidad EAN®

Producido en Colombia.

Contenido

	Página
<i>EDITORIAL</i>	5
Pensamiento complejo y creatividad	
<ul style="list-style-type: none">• <i>En: Complex thinking and creativity</i>• <i>Fr: Pensée complexe et créativité</i>• <i>Pt: Pensamento complexo e criatividade</i>	
<i>Beatriz Cecilia Ruiz Lara - Luis Carlos Torres Soler</i>	7
El conocimiento como sistema adaptativo complejo en las organizaciones de gestión de proyectos (PMO)	
<ul style="list-style-type: none">• <i>En: Knowledge as a complex adaptive system in project management organizations - (PMO)</i>• <i>Fr: La connaissance en tant que système adaptatif complexe des entreprises de gestion de projets - (PMO)</i>• <i>Pt: O conhecimento como sistema adaptativo complexo nas organizações de gerenciamento de projetos - (PMO)</i>	
<i>Jeferson Eleazar Martinez Lozano</i>	27
<i>Estudo do comportamento azeotrópico da mistura etanol-água em colunas de destilação convencional a diferentes condições de pressão</i>	
<ul style="list-style-type: none">• <i>En: Study of the azeotropic behavior of the ethanol-water mixture in columns of conventional distillation at different pressure conditions</i>• <i>Fr: Étude du comportement azéotrope du mélange eau - éthanol dans des colonnes de distillation conventionnelle à pression variable</i>• <i>Es: Estudio del comportamiento azeotrópico de la mezcla etanol-agua en columnas de destilación convencional a diferentes condiciones de presión</i>	
<i>Jeffrey León-Pulido - Maicon Ferreira</i>	55
<i>Efectividad metodológica para el levantamiento de requerimientos de aplicaciones web</i>	
<ul style="list-style-type: none">• <i>En: Methodological effectiveness for the elicitation of web application requirements</i>• <i>Fr: Effectivité méthodologique pour la levée de requêtes d'applications web</i>• <i>Pt: Ejetividade metodológica para o levantamento de requerimentos de aplicações web</i>	
<i>César Augusto López Caballero - Silvio Rafael Cuello de Ávila</i>	71

	Página
Implementación de un robot móvil seguidor de línea y detector de obstáculos con comunicación Bluetooth	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>En: Implementation of a mobile robot with Bluetooth communication that can operate as a line follower and an obstacle detector</i> • <i>Fr: Implémentation d'un robot mobile détecteur d'obstacles et de démarcations au sol interagissant par communication Bluetooth</i> • <i>Pt: Implementação de um robô móvel com comunicação Bluetooth seguidor de linha e detector de obstáculos</i> 	
<i>Camilo Mejía Moncayo - Luis Armando Cobo Campo - Hebert Alberto Calderón</i>	99
Pautas para publicar en la revista ONTARE	119
Código de ética y buenas prácticas editoriales	127
Árbitros 2016	131

EDITORIAL

La revista Ontare, publicación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad LEAN, tiene por objetivo dar a conocer trabajos que abordan diferentes temáticas relacionadas con las tecnologías de la información y la comunicación que generen un alto impacto a nivel científico, académico y empresarial. En la presente edición específicamente se abordan retos relacionados con áreas de docencia en educación superior, gestión de proyectos, ingeniería química, robótica y diseño de aplicaciones web.

Es así como en primera instancia tenemos el trabajo de reflexión realizado sobre los elementos teóricos del conocimiento que se generan desde la complejidad, el pensamiento complejo y los retos de la educación superior generados por el acelerado desarrollo de las tecnologías y las constantes transformaciones sociales que le exigen adaptar y adaptarse a los diversos procesos de aprehensión de conocimientos. Más adelante, se encuentra un artículo en el que se identifica la creación de conocimiento en sistemas adaptativos complejos en las organizaciones de gestión de proyectos.

Otro de los resultados de investigación presentes en esta edición es un trabajo computacional que demuestra cómo disminuyendo la presión en columnas de destilación convencionales se favorece la separación de la mezcla binaria etanol-agua, la cual tiene un comportamiento azeotrópico.

Finalmente, en el área de ingeniería de sistemas se presentan dos trabajos: el primero evalúa la efectividad del proceso de investigación de requerimientos utilizando un conjunto de preguntas sincronizadas o agrupadas por aspectos generales y un prototipo o modelo de pantalla; y el segundo, presenta el proceso de desarrollo de un prototipo de robot móvil, que cuenta con comunicación bluetooth y puede operar como seguidor de línea y como detector de obstáculos.

Este volumen de la revista Ontare, muestra una vez más el compromiso del equipo de edición con la difusión de resultados de investigación de alta calidad que solucionen problemas de ingeniería y afines usando los últimos avances en tecnología de la información y la comunicación.

Maira Alejandra García Jaramillo
Editora Revista Ontare

Pensamiento complejo y creatividad

Fecha de recepción: 9 de septiembre de 2016
Fecha de aprobación: 9 de diciembre de 2016
Pp. 7-26

Beatriz Cecilia Ruiz Lara¹
Universidad EAN
becelara@hotmail.com

Luis Carlos Torres Soler²
Universidad Cooperativa de Colombia
lctorress@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.21158/23823399.v4.n2.2016.1625>

Cómo citar este artículo/ To reference this article/ Comment citer cet article/ Para citar este artigo:
Ruiz, B. C. y Torres, L. C. (2016). Pensamiento complejo y creatividad. *Revista Ontare*, 4(2), 7-26.
DOI: <https://doi.org/10.21158/23823399.v4.n2.2016.1625>.

Resumen

Este artículo es una reflexión sobre elementos teóricos del conocimiento que se generan desde la complejidad, el pensamiento complejo y los retos de la educación superior en una sociedad que cada día demanda nuevas estrategias y el desarrollo de un pensamiento que permita comprender y actuar sobre una parte, sin perder las implicaciones que se generan con el contexto y superar las barreras que nuestra percepción limitada nos impone, teniendo como herramienta la creatividad para abordar una misma realidad desde diferentes posiciones y aplicando estrategias que permiten potenciarla. Para la comprensión del proceso creativo se requieren miradas en distintas dimensiones, interrelacionar diversos aspectos, determinar cómo los procesos educativos transdisciplinarios tejen los conocimientos y pueden desarrollar la creatividad latente en cada persona.

Palabras clave

Creatividad, educación, pensamiento complejo, transdisciplinariedad.

¹ Docente Investigadora Universidad EAN y Escuela de Posgrados Fuerza Aérea Colombiana EPFAC. Doctorante Pensamiento Complejo Multiversidad Mundo Real Edgar Morin. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0266-2473>

² Matemático, MSc. Ingeniería de Sistemas, MA. Ciencias de la Educación. Doctorante en Pensamiento Complejo, Multiversidad Mundo Real Edgar Morin. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6756-4984>

Complex thinking and creativity

Abstract

This article is a reflection on the theoretical elements of knowledge that are generated from the complexity, the complex thinking and the challenges of the higher education in a society that day by day is demanding for new strategies and the development of a thought that allows to understand and to act on one part, without losing the implications that are generated with the context, and overcome the barriers that our limited perception imposes on us, having the creativity as a tool to approach the same reality from different positions and applying strategies that allow it to be strengthened. In order to understand the creative process, it is necessary to look at different dimensions, to interrelate different aspects, to determine how the transdisciplinary educational processes weave knowledge, and to develop latent creativity in each person.

Keywords

Creativity, education, complex thinking, transdisciplinarity.

Pensée complexe et créativité

Résumé

Cet article offre une réflexion sur les éléments théoriques de la connaissance générés par la complexité, la pensée complexe et les défis de l'éducation supérieure face à une société exigeant constamment de nouvelles stratégies pour permettre de développer une pensée offrant compréhension et action mais conservant simultanément les implications générées par le contexte sans outrepasser les limites imposées par notre perception. La créativité se trouve être l'outil pour aborder cette réalité sous différents points de vue en utilisant les stratégies qui permettent son renforcement. Pour bien comprendre le processus de création, différents angles d'analyse sont requis pour mettre en relation les divers aspects du processus et ainsi déterminer de quelles manières les processus éducatifs transdisciplinaires tissent et mettent en relation les connaissances développant la créativité latente de chaque individu.

Mots clefs

Créativité, éducation, pensée complexe, transdisciplinarité.

Pensamento complexo e criatividade

Resumo

Este artigo é uma reflexão sobre os elementos teóricos do conhecimento que se geram a partir da complexidade, do pensamento complexo e dos desafios da educação superior em uma sociedade que a cada dia exige novas estratégias e o desenvolvimento de um pensamento que permita compreender e agir sem perder as implicações que se estabelecem com o contexto, superando as barreiras que nossa percepção limitada nos impõe, tendo como ferramenta a criatividade para abordar uma mesma realidade a partir de diferentes posições e aplicando estratégias que permitem torná-la sempre mais potente. Para o entendimento do processo criativo requerem-se olhares em diferentes dimensões, inter-relacionar diversos aspectos, determinar como os processos educativos transdisciplinares tecem os conhecimentos e podem desenvolver a criatividade latente em cada pessoa.

Palavras-chave

Criatividade, educação, pensamento complexo, transdisciplinaridade.

1. Introducción

La educación universitaria enfrenta, en la era de la información, nuevos retos impuestos por la globalización de las economías, el acelerado desarrollo de las tecnologías y las constantes transformaciones sociales que le exigen adaptar y adaptarse a los diversos procesos de aprehensión de conocimientos, que sumen a la formación de seres que con sabiduría logren hacer de sus contextos mejores espacios para que la vida florezca.

Esto obliga a que los profesionales posean competencias blandas: sean empáticos, comunicadores asertivos, constructores aún con las diferencias, cooperativos, comprometidos con sus equipos, deben ostentar conocimientos técnicos en sus áreas de desempeño, pero con capacidades interdisciplinarias dirigidas hacia la transdisciplinariedad, innovadores y creativos, de ahí que los procesos formativos deben orientarse hacia aprendizajes multidimensionales que los conduzca a resolver problemas con una visión total y parcial al mismo tiempo, actuar en lo local mirando lo global, con pensamientos abiertos y flexibles, apoyados en el uso de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), de tal forma que los estudiantes aprendan, critiquen y gestionen conocimiento por medio de estas.

Es decir, en todos los ámbitos educativos, en especial en la universidad, se deben realizar cambios con nuevas propuestas, tanto en el currículo como en la metodología. Por tanto, la educación hoy día, en esta era de la información, en la que las TIC facilitan que los estudiantes adquieran toda la información que requieren de manera oportuna, ya no debe poseer rígidos sistemas curriculares, mucho menos fragmentar y condicionar el contenido que pueden aprender y, en algunos casos, no permiten encontrar respuestas diferentes de las tradicionales cuando se aborda un problema. Hay que dejar a un lado la transmisión de un conocimiento disciplinar, inacabado, por uno transdisciplinar, en el que los estudiantes trabajen en

equipos interdisciplinarios. Por tanto, el pensamiento debe proyectarse a otras dimensiones, generar un pensamiento complejo.

De este modo, el proceso creativo requiere una mirada amplia en cada una de las situaciones que se abordan, en particular con diferentes enfoques, realizando analogías, hallando detalles y resultados nuevos, ojalá innovadores, pues las demandas de la nueva sociedad son cada vez más complejas.

El escrito toma en contexto el pensamiento complejo y la creatividad en un todo, pues se considera que las interacciones posibles entre estos son fuertes, continuas y dinámicas, generando un bucle de retroalimentación positiva entre el pensamiento complejo y la potenciación de la creatividad que se concretan en un sujeto creativo.

2. Pensamiento complejo

La creatividad, la innovación y la invención son productos de pensadores complejos como Leonardo da Vinci, quien abordó transdisciplinariamente el conocimiento, superando las barreras disciplinares de los saberes, lo que condujo a grandes inventos con magníficos resultados. Muchas circunstancias debieron favorecer sus logros, pero quizá su proceso creativo tuvo gran relevancia; ¿qué lo hacía tan especial?: observaba su entorno, la naturaleza, desde diferentes perspectivas, iba más allá de lo evidente en la búsqueda de solucionar problemas, creando o mejorando situaciones reales o imaginarias.

Examinaba con prismas diversos para ampliar los escenarios de posibilidades, sus conocimientos, permitiéndole reflexionar simultáneamente sobre el todo y las partes, promoviendo los retos, la perseverancia, advertía las relaciones entre los elementos y sus sistemas, provocaba ideas divergentes: transformaba, inventaba.

De igual forma Edgar Morin, filósofo francés considerado el pensador del siglo XXI, y padre del pensamiento complejo, propone la transformación de la educación para que desarrolle un pensamiento capaz de interconectar distintas dimensiones, mediante una visión global, sin descuidar lo particular; que integre, no que separe el objeto de estudio [Morin, 1999].

La fragmentación de los saberes y el aislamiento entre las disciplinas se palpan en el contexto educativo, desde los procesos en el aula hasta la vida misma. Los currículos, la evaluación, los procesos de enseñanza y aprendizaje siempre permanecen con una visión disciplinaria (Morin, 1999a). La realidad educativa muestra la fragmentación y la disyunción entre procesos de la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación; esto produce problemas teóricos y prácticos, visibles en su contexto por la medición, según un enfoque cuantitativo. Esta fragmentación y esta realidad educativa involucran pensamiento.

Al estudiar cómo comprender el conocimiento, que genera un proceso cognitivo, se advierte que es producido, desplegado, comunicado, transformado y aplicado en el pensamiento (Morin, 2001b). El pensamiento, considerado en su movimiento de llegar a ser (y no simplemente en su contenido de imágenes e ideas relativamente bien definidas), es, ciertamente, el proceso en el cual tiene su real y concreta existencia el conocimiento.

El pensamiento es, en esencia, la respuesta activa de la mente en cada fase de la vida. Se incluye en el pensamiento respuestas intelectuales, emocionales, sensitivas, musculares y físicas. Estos son aspectos de un solo proceso indisoluble. Tratarlos separadamente produce fragmentación y confusión. Todos constituyen un proceso de respuesta de la mente a cada situación real, y tal respuesta, a su vez, produce una nueva contribución.

El pensamiento, considerado como la respuesta de la mente, es básicamente mecánico en su modo de operar, es la repetición de alguna estructura previamente existente, traída por la mente, o es cierta combinación, adaptación y organización de lo guardado en subsiguientes estructuras de ideas y conceptos, categorías, etcétera. Se forman combinaciones que pueden poseer cierta especie de novedad, resultado de la interacción fortuita de elementos de la mente, pero tal novedad sigue siendo esencialmente mecánica. En ese proceso mecánico no hay razón intrínseca para que los pensamientos que surjan sean relevantes o adecuados a la situación real que evoca; esencialmente, una situación es un acto de percepción, y luego se expresa en pensamiento.

El pensamiento que puede ser una alternativa es el complejo, pues proyecta que se desarrolle una estrategia reflexiva y no reductiva, incorpora multiplicidad de elementos y relaciones para el estudio de las diversas situaciones, incluyendo al sujeto observador como una parte de la misma situación. Es decir, es incluyente, valora la diversidad y distingue la individualidad (Morin, 1999a).

El pensamiento complejo es producto de un proceso sistémico que no contempla la causalidad lineal, sino una causa que produce un efecto, y el efecto actúa sobre la causa: un bucle retroactivo, que conduce a una autoorganización. Pero las dinámicas que se forman en ese bucle están totalmente reguladas. Morin considera, en los fenómenos, lo antagónico como complementario y estima que la incertidumbre siempre está presente (citado en Soto, 1999); por tanto, debe abordarse para enfrentar el azar, lo que conduce a que surja la creatividad, la imaginación, la gestión del conocimiento.

Sus características apuntan a que el estudiante perciba una totalidad, que su aprendizaje se produzca por factores del entorno conjugados con sus capacidades cognitivas que, por naturaleza son transversales, proveen autoorganización y adaptación para enfrentar el caos y la incertidumbre. No obstante, variadas características de todo individuo se presentan en

el proceso creativo que, muchas veces, se realiza de modo inconsciente, pero que de manera intuitiva no deja de persistir en las metas planeadas.

El docente aclara en su clase, entre otras cosas, puntos claves de una temática; sin embargo, no existe apertura de espacios para una experiencia formativa y abierta, que implique varias posibilidades, que responda a preguntas o cuestionamientos vitales, que sugiera alternativas de solución que el estudiante piensa y evalúa. Y la evaluación tiene un enfoque instrumental, riñendo con procesos que se encaminan a fortalecer la formación integral, a potenciar la creatividad y al desarrollo del pensamiento complejo.

La dificultad del pensamiento complejo es que debe afrontar lo entramado (el juego infinito de interretroacciones), la solidaridad de los fenómenos entre sí, la bruma, la incertidumbre, la contradicción. No obstante, se pueden elaborar elementos conceptuales, principios, para una aventura que lleve a una transformación de los procesos educativos, en particular involucrando el paradigma de complejidad y desarrollando estrategias para potenciar la creatividad empleando un pensamiento complejo.

3. El sujeto creativo

Estudiar el proceso creativo no es sencillo. Existen múltiples factores: interrelaciones y elementos. El principal es el entorno, el que inhibe o impulsa; el que motiva o desmotiva, el que separa o integra; el que promueve que el conocer sea un proceso sistémico, el que proyecta la observación de los detalles en las distintas situaciones, el que conduce a que se acoja el individuo como parte de una acción investigadora.

El entorno, más precisamente el proceso educativo, conduce a que el sujeto se cuestione libre y constantemente, repensando, reflexionando, criticando el saber que recibe, que lo introduce sin temor a que cometa errores, a hallar contradicciones o incertidumbres con el fin de abordarlas de la mejor manera. Es decir, como lo indica Morin (1999a), los procesos educativos, en particular los docentes, deben sentir la necesidad de entregarles a los estudiantes más incertidumbres y menos certezas, guiarlos para que hallen problemas y no se les entreguen ejercicios que, particularmente, solo tienen una respuesta. Todo esto con el fin de estimular la curiosidad, la imaginación, la observación, la búsqueda incesante de conocimiento, que se motive a la experimentación, a descubrir lo que está oculto; esto es una especie de energía que impulsa al estudiante a que sienta deseos por investigar y gestionar conocimiento.

En algunos momentos, el estudiante está interesado en áreas diferentes a las de su formación, lo cual permite entrar en ámbitos distintos en los que podría crear ingeniosos productos o mejorar unos ya existentes (De la Torre, 2008). En general, ser creativo tiene multiplicidad de intereses, pero debe rescatarse que se realizan transformaciones a esos mismos intereses, pues de alguna forma se mejora la motivación para dejarse fascinar y absorber por distintos aspectos en la realidad, transfiriendo luego una comprensión enriquecida de lo percibido a objetos concretos. Por tanto, una parte de la pedagogía, para quienes se dedican a la docencia, es incitar a los estudiantes a ser creativos.

Da Vinci dijo: «Todo nuestro conocimiento tiene su origen en los sentidos» (Gardner, 2002). Esto lleva a pensar que la percepción tiene gran importancia en el proceso de aprendizaje; en otras palabras, los sentidos desempeñan un papel importante para comprender qué sucede en el entorno, y la educación debería reflexionar en cómo potenciarlos en lugar de emplear al máximo la memoria. La vista debe ser aguda, para que una buena observación determine detalles, amplíe el proceso de conocer, pues no se puede llegar a comprender un objeto si solamente se mira en una sola dimensión, desde un solo ángulo; debe analizarse desde

todos los ángulos posibles y con diferentes enfoques. El oído debe ser agudo para escuchar los murmullos que se suscitan en el entorno, que pueden dar buen conocimiento por la energía que los genera.

Las ideas, los procesos o productos que generan los sentidos de una persona creativa, en general, no están guiados por teorías preestablecidas ni métodos que se conozcan; son producto de la observación y la reflexión; surgen con una visión integradora de diferentes áreas. Es un producto transdisciplinar.

Entonces, para ser creativo, el conocimiento es fundamental. Este permite comprender el orden/desorden del mundo, el mundo y las diferentes situaciones, las leyes que podrían determinar un comportamiento. Un aspecto fundamental para la interpretación de la naturaleza, del lugar de la humanidad en la globalidad, del sujeto en el orden/desorden que existe, es reflexionar y vincular distintas áreas con el fin de que el enfoque sea amplio y la visión sea desde diferentes ángulos.

En el aula, el análisis pedagógico de la creatividad incluye, necesariamente, la motivación que el docente le provee al estudiante; es decir, esta se halla en directa relación con los intereses del individuo. La motivación que pueda producir el entorno social, llamada motivación extrínseca, abre la mente para impulsar la generación de diferentes ideas que vienen a la mente. El entorno social lleva a todo individuo a diseñar una gran variedad de objetos, sistemas y elementos que podrían ser estratégicos para afrontar distintas situaciones, para solucionar problemas, o ser novedosos.

Sin embargo, también es muy importante la motivación intrínseca: esa preocupación que tiene el ser por resolver algunas deficiencias en la sociedad, y que de alguna manera serían fundamentales. Así, el individuo se interesará por la creación de diversos mecanismos. Para lograr que todo sea posible, utilizará diversos tipos de energía a fin de que la mezcla

lo lleve a distintos estadios en que trabaja, descansa, reflexiona y sueña, y así construir cosas originales (Csikszentmihalyi, 1998).

Como toda persona tiene sueños, estos deben trasladarse a lo real; primero en papel, luego, si es posible, diseñar lo soñado. Entonces, diseñar varios modelos que podrían estar fuera del concepto que establece el mismo conocimiento puede ser rasgo de creatividad (Torres, 2012); es decir, puede generar algo que aún no se conoce; no importa que pueda rechazarse por la comunidad.

Además, muchas veces se desconocen avances tecnológicos que podrían, en algún momento, favorecer el pensar para proveer ideas creativas³, pues tras una idea puede surgir otra y otra, y, por tanto, llegar a generarse productos o procesos innovadores que ayuden a estar a la vanguardia de la competitividad⁴. Los avances tecnológicos son precisamente las herramientas computacionales que es posible adquirir a cada instante, utilizar de forma adecuada y ayudar al desarrollo de distintas habilidades y capacidades que podrían estar inhibidas por algún motivo.

Por ejemplo, desde mediados del siglo XX, varios investigadores plantearon la idea de construir una máquina que pudiera emular los procesos cognitivos que realiza el ser humano; en pocas palabras, que

³ La creatividad es la capacidad que tiene el ser humano para comprender la realidad oculta y generar y expresar nuevas ideas, que adquieren gran valor y significado (Letelier, 2001). Las ideas creativas son la verdadera fuente de poder en cualquier organización moderna para estar en la competitividad del mercado (Fourer, 2005). Las ideas creativas son el ADN de aquello que podría ser muy valioso (Maslow, 1990).

⁴ Existen diferentes conceptos sobre innovación, mas hoy día ante la globalización de las economías, en las empresas la innovación resulta imprescindible para la competitividad; esta puede verse en productos, servicios o métodos (procesos). Innovación, en sí es producir algo totalmente nuevo (López, 1999). Sin embargo, algo totalmente nuevo podría ser aquello que resulta de hacerle modificaciones a algo ya existente, de hacer servir algo para tareas que no fueron concebidas.

la máquina tuviese inteligencia (artificial) para que razonara y tomara decisiones autónomamente. Algo se ha logrado. Por lo menos, el computador es más veloz que el cerebro, mucho más veloz; pero no tiene capacidad de pensar, razonar o reflexionar sobre algo. Solamente procesa datos y, como resultado, produce gran cantidad de datos según los parámetros estipulados (programa); sin embargo, la creatividad del ser humano provee ideas para que esas máquinas sean realidad, para que sea posible diseñar programas que muestren las capacidades cognitivas del ser humano, es decir, capacidad para realizar síntesis de documentos, diseñar mecanismos, realizar pinturas y partituras de melodías (Veraldi, 1998); y en esa búsqueda persistente de algo se mejora la motivación y, seguro de esta forma, el cerebro genera ideas originales con gran flexibilidad y fluidez, propiedades que deben estimularse para ser considerado creativo (López, 2008).

En el proceso creativo, las características observables que pueden potenciarse en el aula son: apertura, curiosidad, fluidez, flexibilidad, observación, sensibilidad para hallar y definir los problemas, sus causas y efectos; habilidades mentales para considerar los riesgos que suceden, pero, a la vez, habilidad para aceptar retos, cualquiera sea su contexto. Esto induce a reflexionar en torno a que la formación en el aula debe transformarse para dejar un poco la función memorística que tiene el individuo según la concepción del pensamiento reduccionista y lineal, y dirigirse a potenciar esas características necesarias para que surjan procesos creativos (Torres, 2011).

4. La complejidad

Hoy, a cada momento, se puede adquirir información desde los más recónditos lugares, de los más variados temas en un tiempo oportuno, pero ¿qué hace esa información en la mente? ¿Se gestiona conocimiento? ¿Se establecen relaciones para aclarar aspectos de un fenómeno o problema? No se sabe. Es muy difícil precisar una respuesta adecuada por la complejidad de la sociedad, del cerebro, del conocimiento; además, aunque se distinguen características del proceso creativo, para cuyo análisis, debido a su complejidad, deben incluirse muchos factores: elementos, relaciones, propiedades.

El método científico, además de reinar por varios siglos, siempre llevó a determinar que para conocer sobre un sistema se requería dividirlo en sus partes, analizar cada una por separado y luego relacionar el conocimiento alcanzado para comprender de forma total el sistema. Sin embargo, la observación del ser humano le hizo reflexionar y pensar que existen sistemas que poseen propiedades que no están en ninguna de las partes; que esas propiedades surgen por la misma interacción entre algunas de ellas; es decir, el sistema puede tener propiedades que no están en ninguna parte (Torres, 2007). A partir de esto, surge la teoría de sistemas generales o TGS, aplicada a sistemas de índole biológico, ecosistemas y de la vida, pero sigue su avance hasta establecer los principios del pensamiento sistémico⁵. Uno de ellos es que la suma de las partes es menor que el todo. Es decir, el pensamiento sistémico determina

⁵ El pensamiento sistémico se aplica esencialmente en sistemas de índole social, es decir, en fenómenos que suceden en una organización, cuyo comportamiento depende del accionar diferente de las distintas personas en ella, del contexto en que se halla, del tipo de producto o servicio que presta, del mercado a que ha tenido capacidad de acceso y de otros factores internos y externos que no son a simple vista posible detectarlos, mucho menos con un solo enfoque o visión, porque hay complejidad.

que el sistema (todo) debe estudiarse en su conjunto y no por partes; además, en su propio entorno. Puede que en algunos casos sea necesario estudiar la parte para comprender las interacciones que existen, cómo es ella y qué propiedades posee, entre otras cosas.

El pensamiento sistémico no es una metodología, quizá tampoco una disciplina. Es un enfoque que permite analizar sistemas de cierto tipo en los que el método científico, basado en la separación de las partes, no es adecuado para aplicarse, puesto que es necesario considerar el entorno y al mismo observador que busca comprenderlo. Su enfoque sugiere que es importante del sistema, qué interacciones existen entre las partes, las propiedades emergentes que surgen a partir de esas interacciones e indica qué interesa, ya que el todo es más que la suma de las partes.

Distintos enfoques surgen, respecto a la complejidad y a la creatividad, que en algunos contextos se llaman paradigmas, pero no son más que modelos conceptuales que tienen el propósito de permitir entender qué es, para qué sirve, dónde se halla, cómo estudiarse. Los paradigmas surgen en procura de mejorar o transformar teorías que podrían ser válidas en un contexto muy limitado.

La complejidad del proceso creativo no puede apreciarse, pues en él existen variedad de interacciones, datos, experiencias, conocimiento y reflexiones, entre otros elementos, los cuales no deben separarse. Son un todo complejo. Deben mirarse en distintas dimensiones, con variados enfoques y una visión globalizadora.

En los distintos campos del saber resulta estrictamente necesario vincular la observación al entorno con la visión imaginaria, sin límites ni restricciones, considerando todos los ángulos posibles, para conectarlos con las imágenes mentales, por analogías, similitudes con semejanzas o contradicciones.

Entonces, ¿qué es la complejidad? A primera vista, la complejidad es un tejido (complexus: lo que está tejido en conjunto) de constituyentes heterogéneos inseparablemente asociados (Torres, 2007): presenta la paradoja de lo uno y lo múltiple. Con mayor atención, la complejidad es el tejido de eventos, acciones, interacciones, retroacciones, determinaciones, azares, que constituyen nuestro mundo fenoménico (Morin, 2002). La complejidad se presenta con los rasgos inquietantes de lo enredado, de lo inextricable, del desorden, de la ambigüedad, de la incertidumbre. De allí la necesidad, para el conocimiento, de poner orden en los fenómenos, rechazando el desorden, descartando lo incierto; en otras palabras, selecciona los elementos de orden y de certidumbre, quita la ambigüedad, aclara, distingue, jerarquiza. Pero tales operaciones, necesarias para la inteligibilidad, corren el riesgo de producir ceguera e ilusiones, de eliminar caracteres de lo complejo; por ejemplo, donde el orden y el desorden conviven para establecer la organización adecuada.

Pero la complejidad vuelve a las ciencias por la misma vía que se fue (Morin, 2000). El desarrollo de la física, que se ocupó de revelar el orden impecable del mundo, su determinismo absoluto y perfecto, su obediencia a una ley única y su constitución de una materia simple primigenia (el átomo), se ha abierto finalmente a la complejidad de lo real (Torres, 2007). Se ha descubierto en el universo físico un principio hemorrágico de degradación y de desorden (segundo principio de la termodinámica); luego, en el supuesto de la simplicidad física y lógica, se descubre la extrema complejidad microfísica; la partícula no es un ladrillo primario, sino una frontera de la complejidad tal vez inconcebible; el cosmos no es una máquina perfecta, sino un proceso en vías de desintegración y de organización.

También se evidencia que la vida no es una sustancia, sino un fenómeno de autoeco-organización extraordinariamente complejo que produce la autonomía. Es decir, se evidencia que los fenómenos antrosociales no podrían obedecer a principios de inteligibilidad menos complejos que aquellos requeridos para los fenómenos naturales. Se debe

afrontar la complejidad antrososocial en vez de disolverla u ocultarla, abordarla en su contexto, porque en cada contexto existen diferentes elementos, interacciones, retroacciones.

El propósito de las ciencias sociales es contextualizar posturas idealistas o materialistas, con distintas propuestas para su quehacer, con ciertos criterios de validez del conocimiento. Al respecto se visibiliza una separación e incomunicación de las ciencias y las disciplinas, para comprender, significar e interpretar un fenómeno educativo, presentándose un distanciamiento entre el objeto por conocer y el sujeto cognoscente, lo que suscita problemas de orden cognitivo, ético y moral, y emerge tensiones desde lo humanista y lo científico que generan un cruce de racionalidades en el contexto educativo y logran que este sea más complejo y se produzcan relaciones de poder de los docentes y los estudiantes, represiones, castigo y, desde luego, temor y miedo en la forma de abordar la búsqueda de una respuesta a los problemas que se presentan.

Los principios de la complejidad inducen a constantes cambios. Por ello, el ser creativo se considera muchas veces disperso, porque realiza, quizá de forma inconsciente, un bucle retroactivo (Morin, 2001), donde la percepción y el análisis de un problema no siguen un proceso lineal, sino que sucede un ir y venir, con periodos de descanso y reflexión; sin eliminar elementos aparentemente ajenos al problema, sino haciéndolos parte del análisis y, desde luego, parte del todo. Así, todo proceso se enriquece por nuevas percepciones, lo que lleva a la generación de ideas originales que, de alguna forma, son novedosas e influyen en el entorno para que este mismo impulse a que se hagan realidad (Torres, 2011).

5. Conclusiones

El proceso creativo es un fenómeno complejo, con elementos en interacción continua, que induce a la comprensión integral de un tema, a identificar los procesos mentales que intervienen en las concepciones, y a establecer estrategias que permitan al estudiante un aprendizaje significativo.

Un resultado podría considerarse inconcluso, disperso, ambiguo, pero, como sucede dentro del bucle recursivo, se siguen generando múltiples ideas, que se evalúan y mejoran para terminar el camino. Es decir, debe comprenderse la complejidad de los fenómenos que se analizan, utilizar la observación y el entorno de manera sistémica, y no seguir un proceso lineal.

El proceso creativo tiene muchos componentes que pueden potenciarse en el aula. La curiosidad y la motivación requieren actividades que sean significativas para los estudiantes y de espacios que faciliten la reflexión, la autoevaluación, el aprendizaje a través de los sentidos y la imaginación.

El ambiente del aula para la creatividad debe ser receptivo a las nuevas ideas, no rechazar ninguna por más loca que parezca. Esto ayuda a los estudiantes a desarrollar la autoestima y la automotivación, la apertura mental y la visión globalizadora, realizar conexiones insospechadas y fuera de lo normal, construir analogías poco usuales que globalmente muestren aspectos de la creatividad.

El conocimiento así considerado permite reconocer los fenómenos multidimensionales y transdisciplinarios. El ambiente en el aula debe ser tal que, en vez de aislar y fragmentar, respete la diversidad e integre lo único que existe; además, que fomente la autonomía.

Los cambios en los procesos educativos, en particular en la universidad, deben orientarse hacia una reforma del pensamiento, al desarrollo del pensamiento complejo, que les permita a los futuros profesionales actuar creativamente en sus labores. Podría ser siguiendo lo propuesto por Morin (2001a), una reforma educativa que se soporte en la teoría de la complejidad, que se encargue de hacer crítica a la fragmentación y disyunción del conocimiento; además, que se construyan espacios para un aprendizaje significativo, para potenciar la creatividad, las competencias blandas y otras capacidades que posee la persona.

6. Referencias

- Csikszentmihalyi, M. (1998). *Aprender a fluir*. Barcelona, España: Kairos.
- De La Torre, S. (2008). *Creatividad aplicada: recursos para una formación creativa*. Madrid, España: Escuela Española.
- De La Torre, S. (1982). *Educación en creatividad*. Madrid, España: Narcea.
- Fourez G. (2005). *La construcción del conocimiento científico*. 3a ed., Madrid, España: Narcea.
- Gardner, H. (2002). *Mentes creativas: una anatomía de la creatividad*. Barcelona, España: Paidós Ibérica.
- Gardner, H. (2011). *Las cinco mentes del futuro*. Barcelona, España: Paidós Ibérica.
- Letelier S. (2001). *Caleidoscopio de la creatividad*. Santiago, Chile: Universitaria.
- López, R. (2008). *Creatividad con todas sus letras*. Universitaria, Santiago, Chile. Recuperado de http://issuu.com/anzuelo/docs/creatividad_con_todas_sus_letras/1
- López R. (1999). *Prontuario de la creatividad*. 2a ed. Santiago, Chile: Bravo y Allende Editores,. Recuperado de <http://issuu.com/anzuelo/docs/prontuario>
- Maslow, A. (1990). *La personalidad creadora*. 4a ed. Barcelona, España: Kairos.
- Morin, E. (2002). *El método II. La vida de la vida*. 5a ed. Madrid, España: Cátedra-Teorema.

- Morin, E. (2001). *El método V. La humanidad de la humanidad*. 3a ed. Madrid, España: Cátedra-Teorema.
- Morin, E. (2001a). *El método IV. Las ideas de las ideas*. 5a ed. Madrid, España: Cátedra-Teorema.
- Morin, E. (2001b). *La mente bien ordenada*. Barcelona, España: Seix Barral- Los Tres Mundos,.
- Morin, E. (2000). *El método I. La naturaleza de la naturaleza*. 4a ed. Madrid, España: Cátedra-Teorema.
- Morin, E. (1999). *El método III. El conocimiento del conocimiento*. 3ª ed. Madrid, España: Cátedra-Teorema.
- Morin, E. (1999a). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. París, Francia: Unesco.
- Soto, M. (1999). *Edgar Morin. Complejidad y sujeto humano* (tesis de Doctorado). Universidad de Valladolid, España. Recuperado de <http://www.biblioteca.org.ar/libros/133208.pdf>
- Torres, L. C. (2007). *Complejidad. Aspectos básicos*. Bogotá, Colombia: Unidad de Publicaciones, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia.
- Torres, L. C. (2011). *Creatividad en el aula*. Colección 150 años Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia: UN Editorial.
- Torres, L. C. (2012). *Creatividad, estímulos para su desarrollo*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Veraldi, G. y Veraldi, B. (1998). *Psicología de la creación*. 2a ed. Bilbao, España: Mensajero.

El conocimiento como sistema adaptativo complejo en las organizaciones de gestión de proyectos (PMO)

Fecha de recepción: 9 de septiembre de 2016
Fecha de aprobación: 9 de diciembre de 2016
Pp. 27-54

Jeferson Eleazar Martinez Lozano
Instituto Tecnológico Metropolitano
jefersonmartinez@yahoo.es

DOI: <https://doi.org/10.21158/23823399.v4.n2.2016.1626>

Cómo citar este artículo/ To reference this article/ Comment citer cet article/ Para citar este artigo: Martínez, J. (2016). El conocimiento como sistema adaptativo complejo en las organizaciones de gestión de proyectos (PMO). *Revista Ontare*, 4(2), 27-54. DOI: <https://doi.org/10.21158/23823399.v4.n2.2016.1626>

Resumen

El artículo busca identificar la creación de conocimiento en sistemas adaptativos complejos (CAS) en las organizaciones de gestión de proyectos (PMO). Para tal fin, se revisaron resultados de investigaciones publicadas en revistas académicas, que han hecho un aporte comparativo de la conceptualización y caracterización de los CAS en las organizaciones. A partir de ahí, se plantea la hipótesis acerca de entender la importancia del conocimiento como CAS en las PMO y entender su relación con los modelos de madurez, como una herramienta de gestión de las capacidades en entornos multiagentes que interactúan en ambientes no lineales como sistemas complejos.

Palabras clave

Sistemas adaptativos complejos (CAS), oficinas de gestión de proyectos (PMO), conocimiento, modelos de madurez, gestión de proyectos.

¹ Ingeniero Telemático con experiencia en Dirección y Gestión de Proyectos. Magister en Sistemas de información por la Universidad EAFIT y especialista en proyectos informáticos por la Universidad Distrital de Bogotá. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4743-3500>

Knowledge as a complex adaptive system in project management organizations - (PMO)

Abstract

The article seeks to identify the creation of knowledge in complex adaptive systems (CAS) within project management organizations (PMOs). To that end, we reviewed the results of some research work that was published in academic journals, which have made a comparative contribution of the conceptualization and characterization of CAS in organizations. From there, we present the hypothesis about understanding the importance of knowledge as CAS in PMOs and understanding its relation with maturity models, as a tool for managing capacities in multi-agent environments that interact as complex systems in non-linear environments.

Keywords

Complex adaptive systems (CAS), project management offices (PMO), knowledge, maturity models, project management.

La connaissance en tant que système adaptatif complexe des entreprises de gestion de projets - (PMO)

Résumé

Cet article tente d'identifier la création de connaissance dans les systèmes adaptatifs complexes (CAS) des entreprises de gestion de projets (PMO). Nous avons pour cela procédé à une analyse des résultats de recherches publiés dans des revues académiques, ayant effectué un apport comparatif de la conceptualisation et caractérisation des CAS dans les organisations. Se pose dès lors l'hypothèse de l'importance de la compréhension de la connaissance des CAS dans les PMO pour comprendre leur relation avec les modèles de maturité comme outil de gestion des capacités en environnements multiagents interagissant dans des environnements non linéaires comme les systèmes complexes.

Mots clefs

Systèmes adaptatifs complexes (CAS), bureau de gestion de projets (PMO), connaissances, modèles de maturité, gestion de projets.

O conhecimento como sistema adaptativo complexo nas organizações de gerenciamento de projetos - (PMO)

Resumo

O artigo procura identificar a criação de conhecimento em sistemas adaptativos complexos (CAS) nas organizações de gestão de projetos (PMO). Para tal fim, revisaram-se resultados de pesquisas publicadas em revistas acadêmicas, com uma contribuição comparativa do conceito e da caracterização dos CAS nas organizações. A partir daí, propõe-se a hipótese do entendimento da importância do conhecimento como CAS nas PMO e entender sua relação com os modelos de maturidade como uma ferramenta de gestão das capacidades em meios multiagentes que interagem em ambientes não lineares como sistemas complexos.

Palavras-chave

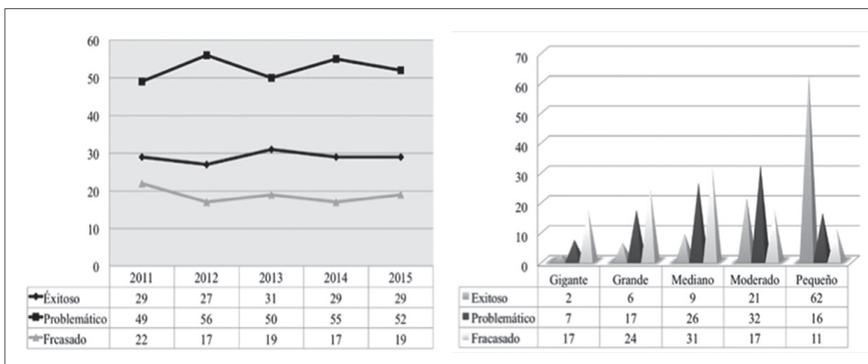
Sistemas adaptativos complexos (CAS), escritórios de gestão de projetos (PMO), conhecimento, modelos de maturidade, gerenciamento de projetos.

1. Introducción

La importancia de la generación del conocimiento a partir de los sistemas adaptativos complejos es un factor clave para el éxito de los proyectos, en donde entender las dinámicas y la complejidad de las interacciones entre múltiples agentes (organizaciones, procesos, metodologías, personas, herramientas) se vuelve fundamental a la hora de entregar resultados eficientes y eficaces a la gerencia en ambientes de sistemas complejos y no lineales. La oficina de gestión de proyectos (PMO) es la unidad funcional en las organizaciones encargada de brindar un acompañamiento y soporte a los gerentes de proyectos, para ayudar alcanzar dicho éxito la PMO aplica herramientas, modelos de madurez, plantillas, metodologías y técnicas de buenas prácticas que aseguren la gestión a través de la autoevaluación de las capacidades en las áreas de conocimiento correspondientes a la gestión de los proyectos.

Pese a la existencia de las PMO, la realidad sigue siendo desalentadora (figura 1).

Figura 1. Estadísticas del resultado de los proyectos.



Fuente. Standish Group, 2015.

Se puede observar en la figura 1 que la mayoría de los proyectos presentan problemas y están muy distantes del éxito y más cercanos al fracaso. Luego surgen los siguientes interrogantes: 1) ¿Cuál es la importancia de la generación de conocimiento como CAS en las oficinas de gestión de proyectos(PMO)?, y 2) ¿Por qué con todo el conocimiento alrededor del tema, y teniendo en cuenta que existen cada vez más personas capacitadas en gestión de proyectos, las PMO siguen teniendo dificultades en entregar los resultados esperados por la gerencia?

El presente documento tiene como alcance identificar la existencia y relación de la generación del conocimiento como sistema adaptativo complejo en las organizaciones de gestión proyectos. En la primera parte se hace una revisión de la literatura académica publicada por grupos de investigación y autores reconocidos en la temática, en donde se presenta un marco conceptual acerca de la definición y las características de los CAS, el concepto de conocimiento de los CAS, qué son las PMO y los modelos de madurez. En la segunda parte se busca establecer la conexión o relación entre la generación de conocimiento con las organizaciones como sistemas adaptativos complejos específicamente en las PMO. En seguida, se define una asociación del conocimiento generado por nivel a partir de la conceptualización del modelo de madurez, en una PMO que se comporta como CAS, como un modelo de madurez aplicado a la gestión de los proyectos, y la generación de conocimiento desde la dinámica de los CAS. Finalmente, se busca responder los interrogantes de la investigación y se entregan unas conclusiones de esta.

2. Fundamentos teóricos

2.1 Los sistemas adaptativos complejos (CAS)

Para Ahmed, Elgazzar, & Hegazi (2005) los sistemas adaptativos complejos son agentes adaptativos no homogéneos que pueden interactuar. En donde adaptativo se refiere a la capacidad de aprender.

Una propiedad emergente de los CAS es entender y estudiar sus agentes como un conjunto y no de forma individual. Algunos ejemplos de CAS son el cerebro, los sistemas sociales, la economía. Los sistemas adaptativos complejos se asocian con los siguientes conceptos: teoría del caos (Tetenbaum, 1998), teoría de la complejidad (Smith, 2005), ciencias de la complejidad (Kelly & Allison, 1999) (Stacey R. , 2003) y el pensamiento sistémico (Senge, 1990) (Ackoff, 1999).

Los CAS se pueden modelar a partir de:

- a. Ecuaciones diferenciales ordinarias (ODE) y ecuaciones diferenciales parciales (PDE).
- b. Autómatas Celulares (AC) (Ilachinski, 2001).
- c. Teoría evolutiva de juegos (Hofbauer & Sigmund, 1998).
- d. Los modelos basados en agentes.
- e. Las redes (Watts & Strogatz, 1998).
- f. Cálculo fraccional (Stanislavsky, 2000).

2.1.1 Las características de los sistemas adaptativos complejos

De acuerdo con Rouse (2000), los CAS tienen las siguientes características:

- Son no lineales y dinámicos, como resultado los comportamientos del sistema pueden ser aleatorios o caóticos.

- Se componen de agentes independientes cuyo comportamiento está basado en leyes físicas, psicológicas, sociales o de acuerdo con las exigencias de la dinámica del sistema.
- Dado que las necesidades o deseos de los agentes, que se refleja en sus reglas, no son homogéneos, sus objetivos y comportamientos son propensos a conflictos. En respuesta a estos conflictos o competiciones, los agentes tienden a adaptarse a los comportamientos de los demás.
- Los agentes son inteligentes. A medida que experimentan y adquieren experiencia, los agentes aprenden y cambian sus comportamientos en consecuencia. De este modo, el comportamiento global del sistema cambia con el tiempo.
- La adaptación y el aprendizaje tienden a dar lugar a la autoorganización. Patrones de comportamiento surgen en lugar de ser diseñado en el sistema. La naturaleza de los comportamientos emergentes puede variar de innovaciones valiosas a accidentes desafortunados.
- No hay un único punto (s) de control. Los comportamientos del sistema son a menudo imprevisibles e incontrolables, y nadie está a cargo. En consecuencia, los comportamientos de los sistemas adaptativos complejos, por lo general, pueden ser influenciados más fácilmente que controlado.

«Las organizaciones empresariales como CAS se caracterizan por la autoorganización y el surgimiento de un nuevo orden, para lo que es necesario el intercambio de información con el entorno, lo que las constituye en estructuras disipativas alejadas del equilibrio» (Nicolis & Prigogine, 2007).

Para Stacey (1995), Anderson (1999), Mitleton (2003) y Holland (1992), la relación entre las características, propiedades y principios de los CAS como elemento de estudio de las organizaciones se resume en la tabla 1:

Tabla 1. Relación entre las características y propiedades de los CAS.

Stacey (1995)	Anderson (1999)	Mitleton (2003)	Holland (1992)	
Autoorganización y emergencia de orden	El sistema se autoorganiza a partir de las interacciones emergentes entre los agentes. Los agentes que conforman el sistema siguen diferentes esquemas o estructuras de conocimiento que determinan la acción que toma el agente en un periodo de tiempo.	Emergencia del orden a partir de procesos de autoorganización. Intercambio de información con el entorno, lo cual mantiene a las organizaciones como sistemas alejados del equilibrio al crear nuevas estructuras y orden.	Modelos internos Flujos marbetes	Auto-organización y emergencia
No linealidad	Los agentes coevolucionan uno a otros, cada agente se adapta a su ambiente esforzándose por ajustarse o adaptarse a una función en el tiempo; el ajuste individual depende de la escogencia que otros agentes han hecho. Nuevos agentes pueden formarse por la recombinación de elementos previamente exitosos.	Exploración del espacio de posibilidades y generación de variedad como condición para la supervivencia. Coevolución de los sistemas, la cual se presenta en la medida en que un elemento influye y, a la vez, es influenciado por los demás. Interrelación, interacción e interconectividad de los elementos del sistema y entre este con el ambiente.	Diversidad No linealidad Agregación Bloques de construcción	Evolución y coevolución

Fuente. Elaboración propia.

El comportamiento de las organizaciones como CAS se encuentra soportado en los trabajos de autores como: Nicolis & Lefever (1975), Prigogine (1983), Kauffman (1995), Gellman (1994 y 1995) y Holland (1995).

2.2 Qué es una oficina de dirección de proyectos (PMO)

De acuerdo con el PMI^{®2}:

Una oficina de dirección de proyectos es un cuerpo o entidad dentro de una organización que tiene varias responsabilidades asignadas con relación a la dirección centralizada y coordinada de aquellos proyectos que se encuentran bajo su jurisdicción. Las responsabilidades de una oficina de dirección de proyectos pueden abarcar desde el suministro de funciones de soporte para la dirección de proyectos hasta la responsabilidad de la dirección directa de un proyecto (PMI, 2008).

Desde un enfoque académico, Hobbs (2007) realizó un estudio aplicado a 500 PMO a nivel global, donde se les preguntó acerca de las funciones que debe desempeñar una PMO (tabla 2).

² El *Project Management Institute* es una organización internacional sin fines de lucro que asocia a profesionales relacionados con la Gestión de proyectos.

Tabla 2. Funciones de la PMO

Funciones de la PMO	% de importancia
Informe del estado del proyecto a la alta dirección	83 %
Desarrollar e implementar una metodología estándar	76 %
Monitorear y controlar el rendimiento de los proyectos	65 %
Desarrollo de competencias del personal, incluida las capacitaciones	65 %
Implementar y operar un sistema de información del proyecto	60 %
Prestar asesoría a la alta dirección	60 %
Coordinación entre proyectos	59 %
Desarrollar y mantener un cuadro de indicadores del proyecto	58 %
Promover la gestión de proyectos en la organización	55 %
Controlar y monitorear el desempeño de la PMO	50 %
Participar en la planificación estratégica de la organización	49 %
Proveer mentores a los directores de proyectos	49 %
Administrar uno o más portafolios	49 %
Identificar, seleccionar y priorizar nuevos proyectos	48 %
Administrar los archivos de documentación del proyecto	48 %
Administrar uno o más programas	48 %
Auditoría de los proyectos	45 %
Administrar interfaces del cliente	45 %
Proporcionar un conjunto de herramientas y sin un esfuerzo para estandarizar	42 %
Ejecutar tareas especializadas para administradores de proyectos	42 %
Asignar recursos entre proyectos	40 %
Llevar a cabo revisiones posteriores al proyecto	38 %
Implementar y administrar la base de datos de lecciones aprendidas	34 %
Implementar y administrar bases de datos de riesgo	29 %
Gestión de los beneficios	28 %
Llevar a cabo la creación de redes y el análisis ambiental	25 %
Reclutar, seleccionar, evaluar y determinar los sueldos de los directores de proyectos	22 %

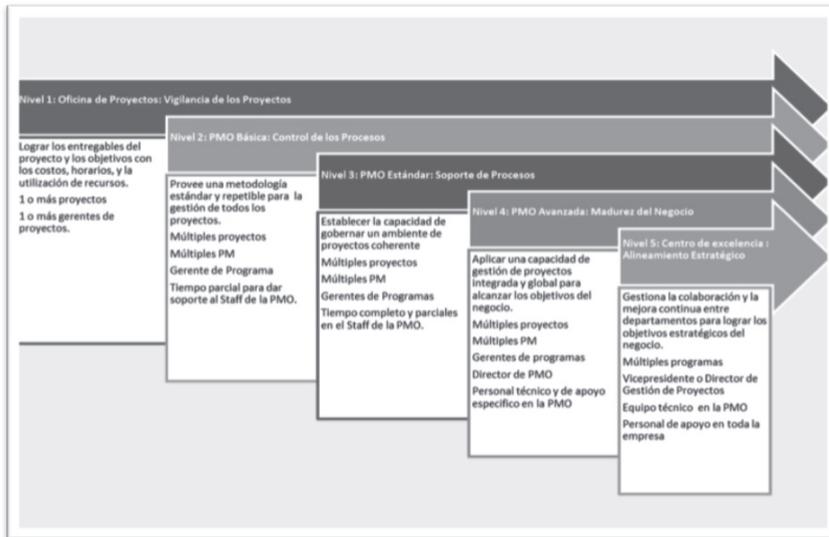
Fuente. Elaboración propia.

El concepto de organización de proyectos ha surgido recientemente y es definido como: «La parte del negocio que se relaciona directa o indirectamente con proyectos, con el propósito de lograr los objetivos de una empresa o varias empresas» (Artto & Wikstrom, 2005).

2.3 Qué son los modelos de madurez

Un modelo de madurez (figura 2) es un conjunto estructurado de elementos (buenas prácticas, herramientas de medición, criterios de análisis, etc.) que permite identificar las capacidades instaladas en dirección de proyectos en la organización, compararlas con estándares, identificar vacíos o debilidades y establecer procesos de mejora continua (Claros, 2015).

Figura 2. Capacidades de madurez de la PMO.



Fuente. Elaboración propia.

De acuerdo con el CBP, con un nivel de madurez en grado 5 una PMO puede mejorar sus capacidades de desempeño en la organización hasta en un 50 % (PM Solutions, 2007).

3. Metodología

Para el estudio se consideró la revisión de la literatura académica existente, a través de plataformas como *Elsevier*, *IEEE* y *ScienceDirect* entre otras, considerando que las publicaciones han desempeñado un rol importante en la temática de los sistemas adaptativos complejos y la generación de conocimiento en las organizaciones de gestión de proyectos.

A partir de la revisión de las diferentes fuentes, el autor realiza un análisis que ayuda a relacionar la existencia de la creación del conocimiento como sistema adaptativo complejo (CAS) en las oficinas de gestión de proyectos (PMO), al igual que buscar visualizar las tendencias investigativas en el campo.

4. Desarrollo del trabajo

4.1 Definición de conocimiento desde los sistemas adaptativos complejos

Un sistema adaptativo complejo es un término creado por Holland (1975) para describir:

Sistemas no lineales cuyo comportamiento está determinado por la interacción de sus partes adaptativas. Las numerosas partes que componen la estructura y el nivel de interacción que existe entre las partes son las principales características distintivas de un sistema complejo.

El concepto de sistemas adaptativos complejos fue introducido por el Instituto de Santa Fe, en un intento de proporcionar una nueva perspectiva a la dinámica de los sistemas complejos. Un CAS se compone de muchos agentes que interactúan de diferentes maneras y capacidad (Cowan & Pines, 1994).

De acuerdo con Andrew y Cynthia (2009), el concepto de conocimiento desde el enfoque de los sistemas adaptativos complejos se puede entender de dos formas: «(tácito y explícito) o desde una dimensión ontológica (individuo, grupos, organización)» (T & P, 2009, p. 218). El conocimiento tácito es utilizado principalmente a través de interacciones sociales (Hansen, 2002, p. 232), (NonakaI, 1991, p. 96), y en las organizaciones de gestión de proyectos se fundamenta en la experiencia de los profesionales; mientras que el conocimiento explícito puede ser codificado, capturado y difundido por vía electrónica (W & C, 2005, p. 731), y se refleja en la PMO en la documentación de las lecciones aprendidas, las buenas prácticas utilizadas y la sistematización de estas para ayudar a la toma de decisiones y resolución de problemas de forma eficiente y eficaz.

En este sentido, de acuerdo con Rivas (2014):

Entender el conocimiento desde una perspectiva compleja implica comprenderlo no solo en subjetividad sino en contexto. Este contexto alude no solo a los aspectos culturales en los que se sitúa el sujeto que conoce, sino a la temporalidad en la que sujeto y objeto se relacionan.() ...es una propiedad de los agentes que están dispuestos entre sí para actuar en circunstancias particulares (p. 86).

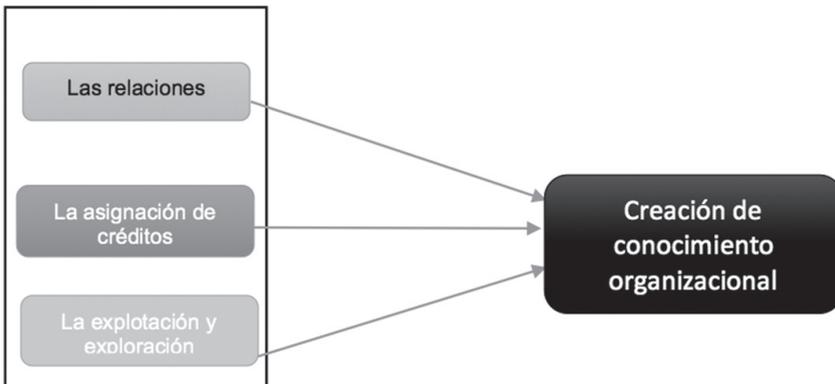
Mientras que para Boisot (1998) el conocimiento desde una perspectiva compleja es como «una capacidad que se construye en información que ha sido extraída de datos. Los activos de conocimiento producen una corriente de servicios útiles a lo largo del tiempo y, por lo tanto, tienen un valor económico potencial» (p. 109).

4.2 Creación de conocimiento en los sistemas adaptativos complejos

La creación de conocimiento en los CAS generalmente implica tres fases: un mecanismo de introducción de variación al conocimiento, un proceso de selección consistente y un mecanismo para preservar y reproducir las variaciones seleccionadas (Campbell, D., 1960, pp. 80-400). Dicho conocimiento solo se genera a partir de interacciones con múltiples agentes que pueden adaptarse al entorno de acuerdo con sus objetivos (Chen, 2007, págs. 2-4).

El proceso de creación de conocimiento a partir de los CAS en las organizaciones se rige por una serie de mecanismos que permiten a los agentes interactuar entre sí. Dichos mecanismos son: las relaciones, asignación de créditos, la explotación y exploración. Ver (figura 3).

Figura 3. Procesos de los CAS para crear conocimiento.



Fuente. Elaboración propia.

Las relaciones consideran que, durante su vida útil, una organización acumula un gran número de activos de conocimiento. La captura de cada experiencia puede no añadir ningún valor si el conocimiento no se traduce en un cambio de comportamiento para mejorar el rendimiento. Los

créditos asignados se refieren a que la capacidad de las organizaciones para crear nuevos conocimientos, a partir de los activos existentes, requiere una evaluación rigurosa de su base de conocimientos. Mientras que la explotación y exploración son procesos que las organizaciones utilizan para resolver problemas. Una organización puede decidir sobre la conveniencia de solucionar un problema mediante la explotación de los conocimientos incorporados a sus activos de conocimiento prefabricados o mediante la exploración de nuevas ideas.

En este sentido Bohórquez (2013) dice que:

La generación de conocimiento e ideas innovadoras cuando un equipo está trabajando junto pueden describirse como una propiedad emergente en el sentido que surge de la interacción de los individuos, y no es solo la suma de ideas existentes (Mitleton, 2003); adicionalmente, ese conocimiento podría generar algo nuevo y sorprendente (Espinosa & Porter, 2011). Es decir, la coevolución implica redes de relaciones no lineales entre los agentes, en donde las interacciones permanentemente cambiantes hacen imposible la predicción de estados futuros (Holland J. H., 1998) (Bohórquez, 2013).

4.3 El conocimiento como CAS en las oficinas de gestión de proyectos

Las organizaciones de gestión de proyectos, conocidas como PMO, son sistemas no lineales que demandan una constante reingeniería de los procesos, que les permita ser sensibles a los nuevos cambios a partir de la adaptación y el aprendizaje de múltiples agentes que interactúan entre sí. Dichos agentes pueden ser organizaciones, individuos, grupos, procesos, metodologías, tecnologías o, incluso, el conocimiento especializado, donde las organizaciones empresariales son sistemas

caracterizados por ciclos de feedback no lineal, por cuanto todo el tiempo las personas interactúan unas con otras (Stacey D. R., 1995). Y la no linealidad asociada a las características CAS de: emergencia, la autoorganización y la evolución, está reflejada en que las decisiones y acciones de cualquiera de los agentes que forman parte de las PMO pueden o no afectar a los otros.

Los CAS en las organizaciones de gestión de proyectos se pueden asociar acorde con el agente y sus atributos con el que se esté interactuando. Por ejemplo, en la gestión de los proyectos se puede asociar a la complejidad presente en la gestión del alcance, la gestión de los costos, la gestión de los riesgos y el control del cambio.

Por ejemplo, en el control del cambio se pueden presentar modificaciones en la metodología, pasando de un enfoque agile a un enfoque tradicional por la dinámica del proyecto, lo que conlleva nuevas interacciones por parte de los agentes involucrados, y eso implica complejidad desde un enfoque de los CAS.

Otras de las características del PMBOK asociadas a la complejidad de los proyectos y sus atributos son:

- El número de fases, la necesidad de fases y el grado de control aplicada (PMI 2013, p. 41).
- El contenido del plan de gestión de proyectos (PMI 2013, p. 74).
- El tamaño de la carta del proyecto (PMI 2013, p. 74).
- El nivel aplicado de control de cambios (PMI 2013, p. 96).
- El nivel de detalle de los paquetes de trabajo (PMI 2013, p. 128).
- El costo y la exactitud de la estimación de costos de abajo hacia arriba (PMI 2013, p. 205).
- La necesidad de evaluaciones formales o informales de desempeño del proyecto (PMI 2013, p. 282).
- El número de grupos de interesados (PMI 2013, p. 394).

Otros atributos asociados a la complejidad de los proyectos se pueden ver en la tabla 3:

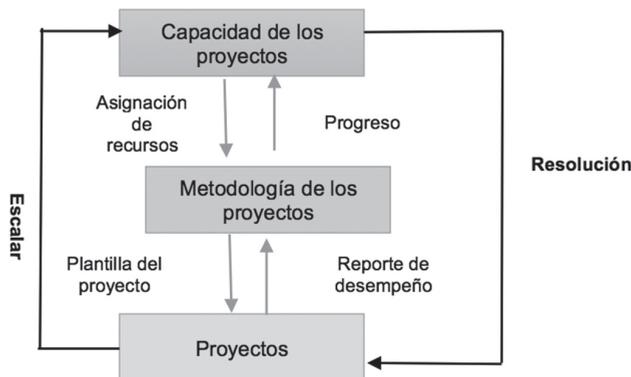
Tabla 3. Atributos de complejidad en los proyectos.

Otros atributos de complejidad	Referencia
Tamaño del proyecto	Pich, Loch & Meyer (2002)
	Thomas and Mengel (2008)
Estilo de liderazgo	Turner & Müller (2006)
	Müller, Geraldi & Turner (2007)
Ambigüedad de tareas	Pigagaite, Silva & Hussein (2013)
Variaciones de perímetro	Pigagaite, Silva & Hussein (2013)
La complejidad interna de los elementos del proyecto	Müller, Geraldi & Turner (2007)
La falta de solidez de los elementos del proyecto	Ramasesh & Browning (2014)

Fuente. Elaboración propia.

El conocimiento se debe crear, transferir y reutilizar de una forma inmersa en la metodología utilizada por los proyectos, y posteriormente se debe repetir el ciclo para que se convierta en explícito dentro de la gestión de los proyectos a través de la documentación acerca de las lecciones aprendidas (figura 4).

Figura 4. El conocimiento en los proyectos.

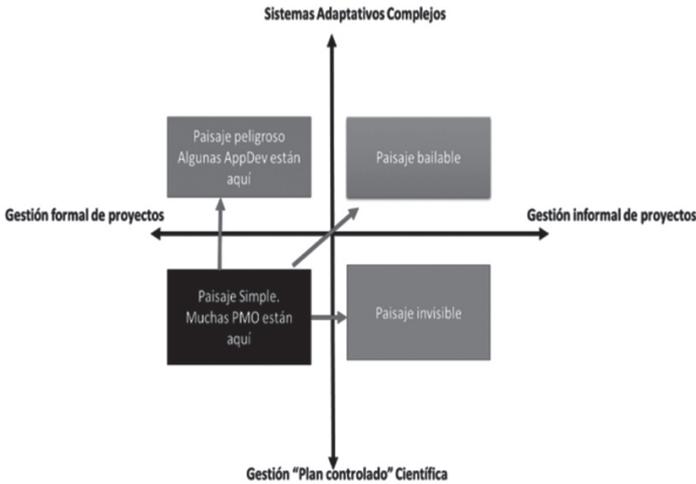


Fuente. Elaboración del autor.

Gudi y Becerra-Fernández (2006) estudiaron el papel del conocimiento en la gestión de proyectos en organizaciones como sistemas complejos, y se centraron en los aspectos dinámicos, y argumentan que, si somos capaces de comprender mejor la naturaleza de los sistemas de riesgo, podemos ser capaces de reducir o eliminar el fracaso y aumentar las posibilidades de éxito del proyecto. También consideran que: cuando aumenta la complejidad del proyecto, es importante encontrar los medios para gestionar la interrelación de los procesos, con las actividades y eventos en los ambientes del proyecto.

Mientras que para Perry (2012) las PMO se mueven entre cuatro cuadrantes (figura 5).

Figura 5. Los CAS en la gestión de proyectos.



Fuente. Elaboración del autor.

En donde la mayoría de las PMO se ubican en el tercer cuadrante correspondiente a una gestión formal de los proyectos a través de una metodología estandarizada, junto con un plan controlado para los sucesos e imprevistos que se puedan presentar en cualquiera de las fases (inicio, planeación, control y cierre).

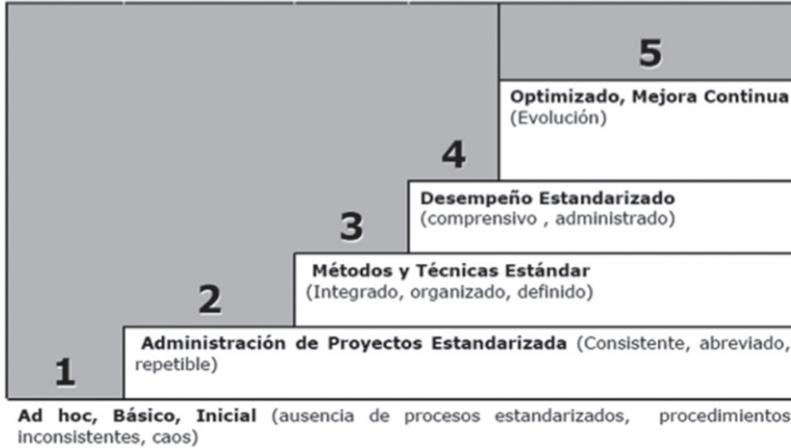
Dichas PMO pueden pasar en cualquier momento a alguno de los otros cuadrantes por diferentes razones: 1) no cuentan con el apoyo de los directivos, 2) no tienen gerentes de proyectos con un entrenamiento y unas competencias en un estándar de gestión de proyectos, 3) poca claridad frente a los objetivos del proyecto, 4) un uso de herramientas tecnológicas no estandarizadas o simplemente por aspectos culturales, sociales o dinámicas organizaciones. Lo que obliga a las PMO a moverse en el plano emergente dentro del campo de los CAS y buscar apoyo por fuera de la organización en diferentes comunidades, redes sociales o agentes expertos en gestión de proyectos. Un ejemplo son las AppDev⁴.

La captura del conocimiento se puede ver representada en cualquiera de los cuatro cuadrantes de forma explícita, en el caso de tener una gestión de proyectos informal, o de forma tácita, si se sigue una dirección formal frente a la gestión de estos.

Para poder responder a las preguntas planteadas en la investigación: 1) ¿Cuál es la importancia de la generación de conocimiento como CAS en las organizaciones de gestión de proyectos?, y 2) ¿Por qué con todo el conocimiento alrededor del tema, y teniendo en cuenta que existen cada vez más personas capacitadas en gestión de proyectos, las PMO siguen teniendo dificultades en entregar los resultados esperados por la gerencia? Para responder dichos interrogantes es necesario relacionar los modelos de madurez con la dinámica de los sistemas adaptativos complejos porque, a partir de ahí, una organización puede empezar a reconocer sus capacidades de gestión en proyectos y llegar a capturar el conocimiento en cada uno de los diferentes niveles y luego gestionarlo. Ver figura 6).

⁴ Es una inmersión tecnológica, donde emprendimientos robustecen sus productos por medio del desarrollo de software, métricas de negocio y pruebas de usuario.

Figura 6. Niveles del modelo de madurez.



Fuente. Elaboración del autor.

En el nivel 1 del modelo de madurez, el grado de complejidad es bastante alto debido a la informalidad que se presenta en cada una de las etapas de gestión del proyecto, quedando la responsabilidad absoluta en el conocimiento adquirido y las habilidades gerenciales de cada director de proyectos (PM). Razón por la cual, las interacciones entre múltiples agentes que trabajen de forma conjunta, independientemente de los métodos aplicados y las herramientas utilizadas, es algo que no existe en este nivel. Luego, la creación de conocimiento desde un enfoque de las CAS en las organizaciones de gestión de proyectos se puede presentar a partir del esfuerzo de cada líder de proyecto y su interacción con otras personas o redes de aprendizaje, como internet o grupos académicos interdisciplinados establecidos.

Para el nivel 2 las organizaciones de gestión de proyectos ya han formalizado un estándar para gestionar los procesos, se comienzan a estabilizar los procedimientos de la organización, sus herramientas, y existe un interés por el aprendizaje grupal. La captura y generación del conocimiento como CAS en las organizaciones de gestión de los

proyectos en este nivel sigue siendo una necesidad junto con un esfuerzo y disciplina más individual que colectivo dentro de la PMO.

En el nivel 3 comienza una integración formalizada basada en roles y con líderes de proyectos especializados en una metodología estandarizada, también comienza a ver un trabajo colaborativo a través de una plataforma tecnológica entre los miembros del equipo del proyecto, junto con una ruta por seguir. La PMO vista desde los CAS va perdiendo el concepto de sistemas NO lineales en este nivel, y la generación de conocimiento se vuelve un desafío porque el conocimiento ya no se construye ni se captura desde diversas fuentes de saberes, sino desde un roadmap ya definido por la organización y líderes de proyectos que siguen un estándar de gestión claramente definido.

Para los niveles 4 y 5 existe una integración efectiva con un centro de gestión del trabajo por competencias, una apropiación y optimización de los factores de riesgos, gerentes de proyectos que siguen múltiples métodos de gestión, se empiezan a realizar una trazabilidad sobre los beneficios, se documentan las lecciones aprendidas y los proyectos comunican eficazmente a la gerencia. La PMO vista como CAS en estos niveles se convierte en un generador de conocimiento explícito basado en el aprendizaje y experiencia que se genera a partir de las lecciones y las buenas prácticas documentadas.

Dicha relación entre los niveles de madurez y la gestión de proyectos a través de las PMO como sistemas adaptativos complejos para la generación de conocimiento se resume en: para los niveles del 1 al 3 la PMO se comporta como un sistema no lineal, y las interacciones de los agentes para generar conocimiento queda bajo el esfuerzo individual de los coordinadores de proyectos que, a su vez, aplican un conocimiento tácito (basado en sus experiencias, redes sociales, grupos académicos interdisciplinados) como aprendizaje de las experiencias en el tiempo.

Para los niveles 4 y 5 en las PMO verlas como CAS es difícil, porque todo está formalizado y estandarizado. Luego no sé comportan de una forma no lineal, pero existe: 1) captura del conocimiento, 2) creación del conocimiento, 3) transferencia de conocimiento y 4) reutilización del conocimiento, derivados en un conocimiento explícito documentado en el tiempo, junto con guías de buenas prácticas e indicadores de desempeño.

Además de los niveles de madurez, también es necesario entender el aprendizaje que se genera a partir de las interacciones entre los ambientes externos (proveedores, factores económicos, sociopolíticos, cultura, demografía, marco regulatorio), ambientes internos del proyecto (roles y responsabilidades, equipo del proyecto, conocimiento, habilidades, experiencias, inteligencia emocional, interacciones sociales, tipos de personalidades y liderazgo), producto (tecnología, hardware, software, aplicaciones, bases de datos, sistemas de información), clientes y proveedores, por qué pueden ser la esencia para la creación de un aprendizaje que conlleve conocimiento en las organizaciones a partir de los CAS.

A la pregunta: ¿Cuál es la importancia de la generación de conocimiento como CAS en las organizaciones de gestión de proyectos?

Que ayuda a mantener un buen desempeño y rendimiento para alcanzar el éxito en los resultados entregados en la gestión de los proyectos en ambientes complejos, que la organización de gestión de proyecto puede alcanzar niveles de innovación demasiado altos al trabajar en ambientes complejos y con múltiples agentes que interactúan entre sí, ayuda a eliminar o reducir los riesgos que se presentan en los proyectos de forma significativa y, finalmente, porque permite tener el equipo del proyecto cohesionado entorno a un mismo objetivo. Y, ¿por qué con todo el conocimiento del tema, y teniendo en cuenta que existen cada vez más personas capacitadas en gestión de proyectos, las PMO siguen teniendo dificultades en entregar los resultados esperados por la gerencia?

La respuesta a esta pregunta puede estar en entender las dinámicas y transformaciones que pueden tener las organizaciones de gestión de proyectos en cualquier momento, en donde es necesario sufrir mutaciones sobre la marcha para poder adaptarse rápidamente a los ambientes complejos demandados y entregar resultados menos fallidos acordes con las estadísticas actuales, ya que en muchos escenarios no es visto como una gestión más allá de la gestión del cambio.

5. Conclusiones

El término adaptativo es poco afortunado, dado que no necesariamente puede ser entendido desde la evolución, sino que puede limitarse a la acomodación y a las condiciones cambiantes. En otras palabras, en el contexto de la administración el término es restringido y, por tanto, se sugiere usar la expresión de sistemas complejos, en consonancia con la organización de gestión de proyectos como sistema complejo.

Los principales procesos de gestión del conocimiento son: 1) captura del conocimiento, 2) creación del conocimiento, 3) transferencia de conocimiento y 4) reutilización del conocimiento. A partir de dichos procesos se puede establecer una conexión con la forma como se genera un aprendizaje en los niveles de madurez de la PMO en ambientes complejos no lineales, ya sea de forma tácita o explícita.

El concepto de CAS en el contexto de las PMO se centra en las interacciones de múltiples agentes representados en atributos vistos desde la complejidad y asociados a cada uno de los niveles de madurez en gestión de proyectos.

6. Referencias

- Ackoff, R. (1999). *Re-creating the Corporation: A Design of Organizations for the 21st Century*. New York, NY: Oxford University Press.
- Ahmed, E., Elgazzar, A., & Hegazi, A. (2005). *An Overview of Complex Adaptive Systems*. Recuperado de <https://arxiv.org/pdf/nlin/0506059.pdf>
- Anderson, P. (1999). Complexity theory and organization science. *Organization Science*, 10(3), 216-232.
- Artto, K., & Wikstrom, K. (2005). What is project business? *International Journal of Project Management*, 23(5), 343-353.
- Bohórquez, E. (2013). La organización empresarial como sistema adaptativo complejo. *Estudios gerenciales*, 29(127), 258-265.
- Chen, X. (2007). *Research on the Connotation and the Framework of Knowledge Management based on Complex Adaptive System*. IEEE.
- Claros, A. (Marzo de 2015). *Projectools. Herramientas para la Gestión de Proyectos*. Recuperado de <https://projectools.wordpress.com/modelos-de-madurez-en-gestion-de-proyectos>
- Cowan, G.; Pines, M. & Meltzer, D. (Eds.) (1994). *Complexity, metaphors, models, and reality*: Westview Press.
- Campbell, D.T. (1960). Variation and selective retention in creative thought as in other knowledge process. *Psychiatric Review*, 67, 380–400.

- Espinosa, A., & Porter, T. (2011). Sustainability, complexity and learning: Insights from complex systems approaches. *Learning Organization*, 18(1), 54-72.
- Gudi, A., & Becerra-Fernández, I. (2006). *Role of knowledge management in project management of complex systems organizations*. NASA. Knowledge Management and Successful Mission Operations Conference, Houston, TX.
- Hansen, M. (2002). Knowledge networks: explaining effective knowledge sharing in multiunit companies, *Organization Science*. 13(3), 232-248.
- Hobbs, B. (2007). *The Multi-Project PMO: A Global Analysis of the Current State of Practice*. Quebec, Canada: University of Quebec at Montreal.
- Hofbauer, J., & Sigmund, K. (1998). *Evolutionary games and population dynamics*. Cambridge University Press.
- Holland, J. (1995). Complex adaptive systems. *Daedalus*, 121(1), 17-30.
- Holland, J. H. (1998). *Emergence: From Chaos to Order*. Perseus BooksGroup.
- Ilachinski, A. (2001). *Cellular Automata. A Discrete Universe*. USA: Center for Naval Analyses.
- Kauffman, S. (1995). *At Home in the Universe: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity*. UK: Oxford University Press.
- Kelly, S., & Allison, M. (1999). *The Complexity Advantage: How the Science of Complexity Can Help Your Business Achieve Peak Performance*. New York, NY: McGraw-Hill.

- Mitleton, K. E. (2003). *Ten principles of Complexity & Enabling Infrastructures. In Complex Systems and Evolucionary Perspectives of Organisations: The Application of Complexity Theory to Organisations*. UK: London School of Economics.
- Nicolis, G., & Lefever, R. (1975). *Membranes, Dissipative Structures and Evolution*. New York, EEUU: J. W. Sons, Ed.
- Nicolis, G., & Prigogine, I. (2007). *La estructura de lo complejo: en el camino hacia una nueva comprensión de las ciencias*. México: Alianza.
- Nonaka, I. (1991): The knowledge-creating company. *Harvard Business Review*, November-December, 96-104
- PM Solutions. (2007). *State of the PMO*. CBP.
- PMI. (2008). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del Pmbok) 4º ed*. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- Prigogine, I. (1983). *Tan solo una ilusión: una exploración del orden a partir del desorden*. Barcelona: Tusquets.
- Rivas, L. M. (2014). *Conocimiento gerencial en empresas multinegocios Caso Suramericana S.A*. Medellín, Colombia: Editorial EAFIT.
- Rouse, W. (2000). Managing complexity: disease control as a complex adaptive system. *Information Systems Management*, 2, 143–165.
- Senge, P. (1990). *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*. London: Century.

- Skok, W. & Kalmanovitchb, C. (2005). Evaluating the role and effectiveness of an intranet in facilitating knowledge management: a case study at surrey county council. *Information and Management*. 42(5), 731- 744.
- Small, C. & Sage, P. (2009). A Complex Adaptive Systems Based Enterprise Knowledge Sharing Model. *International Journal of Enterprise Information Systems*, 5(2), 217 – 236.
- Smith, A. (2005). Complexity theory for organizational future studies. *Foresight*, Vol. 7 (3), 22-30.
- Stacey, D. R. (1995). The science of complexity: An alternative perspective for strategic change processes. *Strategic Management Journal*, 16(6), 477-495.
- Stacey, R. (2003). Organizations as complex responsive processes of relating. *Journal of Innovative Management*, 8(2), 27-39.
- Stanislavsky, A. (2000). Memory effects and macroscopic manifestation of randomness. *Phys. Rev*, 61(5), 4752-4759.
- Tetenbaum, T. (1998). Shifting paradigms: from Newton to chaos, *Organizational Dynamics*. 26(4) 21-32.
- Watts, D., & Strogatz, S. (1998). Collective dynamics of small world network. *Nature*, 42(5), 440-442.

Estudo do comportamento azeotrópico da mistura etanol-água em colunas de destilação convencional a diferentes condições de pressão

Fecha de recepción: 11 de octubre de 2016
Fecha de aprobación: 20 de diciembre de 2016
Pp. 55-70

Jeffrey León-Pulido¹
Universidad EAN
jleonp@universidadean.edu.co

Maicon Ferreira²
UNIVATES
eng.maiconf@gmail.com
lctorress@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.21158/23823399.v4.n2.2016.1627>

Cómo citar este artículo/ To reference this article/ Comment citer cet article/ Para citar este artigo:
León-Pulido, J.; Ferreira, M. (2016). Estudo do comportamento azeotrópico da mistura etanol-água em colunas de destilação convencional a diferentes condições de pressão. *Revista Ontare*, 4(2), 55-70
.DOI: <https://doi.org/10.21158/23823399.v4.n2.2016.1627>

Resumo

A destilação é uma técnica comum para a separação de correntes líquidas com dois ou mais componentes e é uma das operações unitárias mais importantes na indústria química. Desse modo, as colunas de destilação necessitam uma grande demanda energética para realizar a separação dos componentes. Sendo assim, o estudo tem como objetivo realizar uma análise do primeiro parâmetro que deve se selecionar para a modelagem e simulação da coluna fazendo uso do simulador de processos Aspen Plus[®]. Além disso, foram analisados três diferentes tipos de modelos termodinâmicos, os quais foram comparados com os dados experimentais observando seu comportamento com relação aos valores calculados com o simulador. Pela observação dos aspectos analisados, conclui-se que o modelo termodinâmico mais apropriado para utilizar na simulação de uma coluna de destilação para uma mistura binária azeotrópica de etanol-água é o modelo UNIFAC. Também pode-se concluir que a pressão de 0,1 atmosférica apresentou o melhor resultado.

Palavras-chave

Destilação, azeótropo, modelo termodinâmico, simulação.

¹ Profesional en Ingeniería Química (UIS-Co), MSc. en Ingeniería Química y PhD (c) en Ingeniería Química (UNICAMP-Br). Director de organizaciones, operaciones, procesos industriales y académicos. Especialista en intensificación de procesos, desarrollo de procesos/productos y simulación numérica. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3603-286X>

² Estudiante del programa de Ingeniería mecânica, de la universidad UNIVATES de Brasil.

Study of the azeotropic behavior of the ethanol-water mixture in columns of conventional distillation at different pressure conditions

Abstract

Distillation is a common technique for the separation of liquid streams with two or more components that requires a high demand of energy and is one of the most important unitary operations in the chemical industry. Therefore, this study aims at performing an analysis of the first parameter to be selected for modeling and simulation of the column using the Aspen Plus® process simulator. In addition, three different types of thermodynamic models were analyzed, which were compared with the experimental data, observing their behavior in relation to the values that were calculated with the simulator. By observing the analyzed aspects, it is concluded that the most appropriate thermodynamic model to be used in the simulation of a distillation column for an azeotropic binary ethanol-water mixture is the UNIFAC model. It can also be concluded that the atmospheric pressure of 0.1 shows a better result.

Keywords

Distillation, azeotrope, thermodynamic model, simulation.

Étude du comportement azéotropique du mélange eau - éthanol dans des colonnes de distillation conventionnelle à pression variable

Résumé

La distillation est une technique conventionnelle permettant de séparer des courants liquides de deux composants ou plus nécessitant une demande énergétique conséquente et qui constitue l'une des opérations unitaires les plus importantes de l'industrie chimique. Cette étude a comme objectif de réaliser une analyse du premier paramètre devant être sélectionné afin de simuler et modéliser la colonne de distillation grâce à l'utilisation du simulateur de processus Aspen Plus®. Nous avons par ailleurs analysé trois différents types de modèles thermodynamiques qui ont été comparés aux données expérimentales pour observer leur comportement par rapport aux valeurs calculées avec le simulateur. L'observation des aspects analysés conclue que le modèle thermodynamique le plus approprié pour être utilisé lors d'une simulation de colonne de distillation de mélange binaire azéotropique eau - éthanol est le modèle UNIFAC. Une autre conclusion révèle en outre qu'une pression atmosphérique de 0,1 offre de meilleurs résultats.

Mots clefs

Distillation, azéotrope, modèle thermodynamique, simulation.

Estudio del comportamiento azeotrópico de la mezcla etanol-agua en columnas de destilación convencional a diferentes condiciones de presión

Resumen

La destilación es una técnica común para la separación de corrientes líquidas con dos o más componentes que requiere una gran demanda energética y se constituye en una de las operaciones unitarias más importantes en la industria química.. Siendo así, este estudio tiene por objetivo realizar un análisis del primer parámetro que debe seleccionarse para el modelado y simulación de la columna haciendo uso del simulador de procesos Aspen Plus ®. Además, se analizaron tres tipos diferentes de modelos termodinámicos, los cuales fueron comparados con los datos experimentales, observando su comportamiento con relación a los valores calculados con el simulador. Por la observación de los aspectos analizados, se concluye que el modelo termodinámico más apropiado para utilizar en la simulación de una columna de destilación para una mezcla binaria azeotrópica de etanol-agua, es el modelo UNIFAC. También se puede concluir que la presión atmosférica de 0,1 presenta un mejor resultado.

Palabras-clave

Destilación, azeótropo, modelo termodinámico, simulación.

1. Introdução

As colunas de destilação necessitam uma grande demanda energética para realizar a separação dos componentes. De acordo com Engeliën e Skogestad (2005), cerca de 3% de toda a energia consumida no mundo está associada aos processos de destilação, sendo que 95% dessa energia é utilizada para os processos de separação de misturas. Em vista disso, os estudos sobre as colunas são de grande relevância.

A destilação é uma técnica comum para a separação de correntes líquidas com dois ou mais componentes e é uma das operações unitárias mais importantes na indústria química (Luyben, 1996). No processo de destilação ocorre uma separação dos componentes, essa separação acontece devido aos componentes terem diferentes pontos de ebulição, tornando um componente mais volátil e o outro mais pesado, sendo que o mais volátil evapora e é descarregado no topo da coluna, e o mais pesado tende a permanecer na parte inferior da coluna. Essa separação depende de vários parâmetros, tais como, pressão, temperatura, dimensionamento da coluna, entre outros. Logo, uma definição correta destes dados resultará em uma elevada eficiência do processo.

Sendo assim, esse estudo tem como objetivo realizar uma análise do primeiro parâmetro que deve se selecionar para simulação da coluna, na qual pode se verificar o máximo de pureza que pode ser extraído da mistura. Em seguida será feito o estudo do comportamento azeotrópico da mistura binária etanol-água, em colunas de destilação convencional a diferentes condições de pressão. Além disso, serão analisados três diferentes tipos de modelos termodinâmicos, comparando-os com os dados experimentais disponível no Dechema, (1990). Consequentemente, ajustando esse parâmetro estão reduzindo-se os custos de operação de forma significativa.

A metodologia do trabalho é classificada como pesquisa quantitativa, pois, de acordo com Ramos et. al. (2003), pesquisa com abordagem quantitativa é tudo que pode ser mensurado em número, classificado e analisado.

2. Conceito de coluna de destilação

A destilação é um processo que se remonta às origens da civilização, sendo um feito fácil de reconhecer, que ao aquecer uma mistura de álcool e água, a fase vapor é mais rica em álcool que em água (Pulido, 2008; Pulido, 2011a; Pulido, 2011b). Hoje em dia, industrialmente, apesar de novos métodos de separação estarem continuamente sendo explorados, a destilação foi e continua sendo o principal etapa de separação utilizada nas indústrias químicas, pois permite obter altas taxas de produtos, além de ampla faixa de aplicação (Moussa, 2001), sendo que, na grande maioria das indústrias as colunas de destilação apresentam esquemas de controle linear e geralmente correspondem a controles lineares tipo cascata (Rovaglio; Ranzi; Biardi; Faravelli, 1990). Desse modo, o desenho e controle de uma coluna de destilação é de grande importância, já que permite obter correntes de produto com a pureza requerida, ou seja, para a venda ou para utilização em outros processos químicos (Bequette, 1998).

Segundo estudos realizados por Sanchez e Cardona (2005), devido às propriedades físico-químicas das misturas etanol-água, é impossível retirar completamente a água a pressão atmosférica como consequência da formação de uma mistura azeotrópica que implica na obtenção de mistura com um máximo de 95,6% em peso de etanol.

As colunas de destilação são compostas por um condensador no topo, o qual tem a função de esfriar o vapor, que é o componente mais volátil, e transformá-lo em líquido, podendo ser do tipo total, parcial-

vapor e parcial-líquido-vapor. Também é composta por um refeedor na base que aquece o componente mais pesado, que está na fase líquida. Nesse caso o refeedor sempre mandará uma quantidade de líquido de volta à coluna, já que o condensador depende do modelo.

2.1 Estudo dos modelos termodinâmicos

Existem três tipos de colunas de destilação no software *Aspen Plus V8.4*, aplicadas para promover a separação da mistura binária etanol-água. A primeira e mais simples, chamada *Shortcut distillation design using the Winn-Underwood (DSTWU)*, utiliza *Gilliland method*, sendo que tem como propósito determinar a razão de refluxo mínima, número mínimo de etapas, e quer razão de refluxo real ou número real de estágios. É utilizada para colunas com uma alimentação e duas correntes de produtos.

A segunda, conhecida como *Shortcut distillation rating using (Distl)*, utiliza *Edmister method*, tendo como finalidade determinar a separação com base na razão de refluxo, número de estágios e razão destilado-alimentação, e também é utilizada para colunas com uma alimentação e duas correntes de produtos.

Por último, a coluna *Rigorous fractionation (RadFrac)*, a qual tem um maior grau de complexidade e executa uma avaliação e cálculos rigorosos para colunas individuais, sendo utilizada para destilação ordinária, absorventes, *strippers*, destilação extrativa e azeotrópica, destilação de três fases, destilação reativa.

Desse forma, deve-se primeiro realizar uma simulação manipulando a coluna DSTWU, para determinar os fatores citados acima. Em seguida se emprega a coluna Distl para determinar os condições citadas acima também, e por último utiliza-se a coluna RadFrac que tem maior complexidade, porém determina todos os elementos, e ainda pode variar um elemento em função de outro para conseguir um melhor resultado.

2.2 Simulação de colunas de destilação

Na etapa de simulação de uma coluna de destilação é necessário informar vários parâmetros ao simulador. Resumindo, são dados referentes das propriedades, dados de entrada e especificações referentes ao processo, sendo que cada um tem uma grande importância para o resultado final. Nesse estudo estamos analisando o primeiro parâmetro que devemos inserir no simulador, referente às propriedades, mais especificamente, ao componente, à pressão e ao modelo termodinâmico. Além disso, após ser validado o modelo termodinâmico, é analisada a pureza versus a pressão da coluna de destilação. Essa primeira análise é realizada através do software *Aspen Plus V8.4*, e comparado com os dados experimentais disponíveis no Dechema, (1990). A segunda análise é realizada apenas no software.

3. Descrição do modelo termodinâmico

O*Non-random two-liquida model* (NRTL) é um modelo de coeficiente de atividade que correlaciona os coeficientes γ_i de um composto χ_i de atividade, com as suas frações molares em fase líquida em questão. O conceito de NRTL baseia-se na hipótese de Wilson que diz que a concentração local em torno de uma molécula é diferente da concentração de grandes quantidades. Esta diferença é devida a uma diferença entre a energia de interação da molécula central com as moléculas da sua espécie e que, com as moléculas de outro tipo U_{ij} . A diferença de energia também introduz uma não-aleatoriedade ao nível molecular local (Renon, H.; Prausnitz, 1968).

A equação para o modelo NRTL é:

Equação 1. Modelo NRTL.

$$\ln Y_i = \frac{\sum_j x_j \tau_{ji} G_{ji}}{\sum_k x_k G_{kj}} + \sum_j \frac{x_j G_{ij}}{\sum_k x_k G_{kj}} \left(\tau_{ij} - \frac{\sum_m x_m \tau_{mj} G_{mj}}{\sum_k x_k G_{kj}} \right)$$

A *Universal Functiona-lgroup Activity Coefficients (UNIFAC)* é um sistema semi-empírico para a predição de atividade não-eletrólito em misturas não ideais. A UNIFAC utiliza os grupos funcionais presentes nas moléculas que compõem a mistura líquida para calcular os coeficientes de atividade. Ao utilizar as interações para cada um dos grupos funcionais presentes nas moléculas, bem como alguns coeficientes binários de interação, a atividade de cada uma das soluções pode ser calculada (Fredenslund; Russell; Prausnitz, 2005).

No modelo UNIFAC, existem três principais parâmetros necessários para determinar a atividade de cada molécula no sistema. Em primeiro lugar, a área R e o volume de superfície Q são obtidos a partir da área de Van der Waals de superfície e volumes. Estes parâmetros dependem exclusivamente dos grupos funcionais individuais sobre as moléculas do hospedeiro. Finalmente, há o parâmetro τ_{ij} de interação binário, o qual está relacionado com a energia U_i de interação de pares moleculares.

A equação para o coeficiente de atividade original modelo UNIFAC líquido é constituído por um termo combinatório e residual:

Equação 2. Modelo UNIFAC.

$$\ln y = \ln y_i^c + \ln y_i^r$$

$$\ln y_i^c = \ln \left(\frac{\Phi_i}{x_i} \right) + 1 - \frac{\Phi_i}{x_i} - \frac{Z}{2} \left[\ln \frac{\Phi_i}{\theta_i} + 1 - \frac{\Phi_i}{\theta_i} \right]$$

Estes dois modelos NRTL e UNIFAC são o foco deste estudo. Os modelos são analisados variando a pressão de operação, tendo como base uma mistura binária de etanol-água.

3.1 Estudo do Azeótropo

A destilação azeotrópica é um processo muito conhecido e difundido, tendo o seu início por volta dos anos 20 (Vasconcelos; Brito; Vasconcelos, 2010).

O termo azeótropo é usado para descrever o estado em que um líquido em ebulição produz um vapor com exatamente a mesma composição e, consequentemente, o líquido não muda de composição à medida que ele evapora (Smith; Ness; Abbott, 2000). E a separação por simples destilação torna-se impossível. Assim, uma das técnicas empregadas é a destilação azeotrópica, onde é adicionado um agente de arraste, com o objetivo de formar um novo azeótropo com um dos componentes inicialmente presentes na mistura (Ribeiro; Vasconcelos, 2004). Nesse estudo, a mistura tem potencial para formar ponto azeotrópico ao longo da coluna cercana a 0,81 em concentração molar aproximadamente. Então, nesse caso, o agente de arraste está presente na própria corrente de alimentação.

4. Set da simulação

Com relação ao set da simulação, é utilizada a coluna RadFrac, pois é uma coluna mais completa, e as variáveis podem ser manipuladas. Os parâmetros referentes ao fluxo de entrada pode ser visualizado na tabela 1. Então, nessa sessão definem-se os parâmetros utilizados em *block*. Primeiramente é definido que o tipo de cálculo é de equilíbrio, o número de estágios é 14, sendo que o primeiro estágio representa o condensador e o último estágio reproduz o refeedor. O condensador é tipo total, o refeedor é modelo *Kettle*, a fase é vapor-líquido e a alimentação da coluna é de sétimo estágio. Em seguida, é definido que a pressão de operação é do fundo até o topo da coluna.

4.1 Condições de alimentação e de operação da coluna

Na tabela 1 são demonstrados os dados utilizados para a simulação da coluna de destilação. Cada dado foi criteriosamente definido, tentando se aproximar o máximo de um caso real, sendo que o número de estágios é descrito por McCabe e Thiele, (1925).

Tabela 1. Dados utilizados na simulação

Dados utilizados na simulação	
Alimentação (Mole frac)	0,5 água
	0,5 etanol
Modelo termodinâmico	UNIFAC
Temperatura de entrada (°C)	65
Pressão de entrada (atm)	1
Pressão de operação da coluna (atm)	0,1; 0,5; 1,0; 5,0
Coeficiente de vazão total (kmol/h)	100
Número de estágios	14
Estágio de alimentação	7
Tipo de condensador	Total
Pressão do condensador (atm)	1
Pressão do refeedor (atm)	1
Razão de refluxo	1,03767672
Fração de destilado para a alimentação	0,5

Fonte. Elaboração própria.

Foram realizadas as etapas descritas nos tipos de modelos de destilação para definir os parâmetros. O modelo termodinâmico foi definido na análise binária das propriedades de mistura. Dessa maneira, será realizada a simulação da coluna.

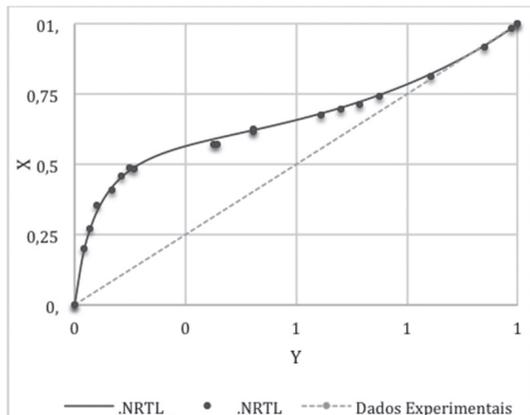
5. Análise e resultados

Nesta sessão de resultados serão analisados os dados gerados através da simulação da análise binária da mistura etanol-água e também da simulação da coluna de destilação, utilizando os dados de entradas citados na tabela.

Dessa forma, foram gerados diagramas $y = f(x)$ a pressão constante. Os diagramas são divididos em dois tipos de modelos termodinâmicos: NRTL e UNIFAC, e também é dividido em três tipos de pressões: pressão baixa, pressão ambiente e pressão supercrítica, segundo Maul (1999), quando uma substância é elevada acima de seus pontos críticos de temperatura e pressão, ela passa para uma condição chamada de estado fluido supercrítico. Além disso, são comparados com os dados experimentais disponíveis no DECHEMA, 1990, tornando o estudo mais confiável. Após ter conhecimento do melhor modelo termodinâmico, são analisados os níveis de pureza versus pressão da simulação da coluna. Desse modo, ao final da análise, é possível determinar o modelo termodinâmico e a pressão que se deve utilizar para simulações da mistura estudada.

Primeiramente realizou-se a análise do melhor termodinâmico, comparando através de gráficos e desvio padrão os dados gerados pelo software *Aspen Plus V8.4* e os dados experimentais. O figura 1 está estruturado da seguinte maneira: a linha contínua representa os dados gerados pelo software; a linha conhecida como marcador representa os dados experimentais, ambos para o modelo termodinâmico NRTL; e a linha tracejada representa a forma ideal de separação. Então, verificam-se que os dados gerados pelo software estão próximos aos dados gerados experimentalmente. Também apresenta um desvio padrão de 0,278102034.

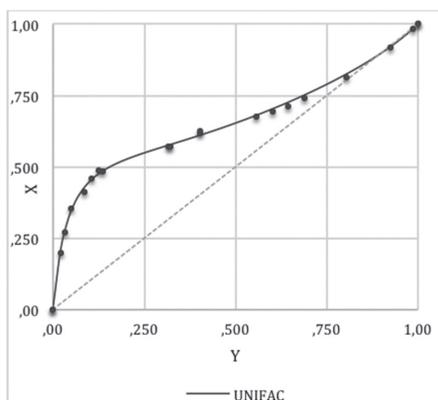
Figura 1. Dados NRTL versus Experimentais.



Fonte. Elaboração própria.

O figura 2 está estruturado da mesma forma que o gráfico acima, porém agora o modelo termodinâmico analisado é o UNIFAC. Também verifica-se que os dados gerados pelo software estão próximos aos dados gerados experimentalmente. Através desses dados, o resultado do desvio padrão é de 0,277753134.

Figura 2. Dados UNIFAC versus Experimentais.



Fonte. Elaboração própria.

Desse modo, podemos concluir que o modelo termodinâmico mais apropriado para utilizar na simulação da mistura binária etanol-água é o UNIFAC, pois apesar dos dois modelos apresentarem dados experimentais próximo aos do software, o modelo UNIFAC apresentou um menor desvio padrão.

Sendo assim, definido o modelo termodinâmico, será analisada a pureza versus pressão da coluna de destilação. Em consequência da simulação realizada utilizando os dados descritos no set de simulação, condições de alimentação e de operação da coluna. Na tabela 2 são demonstrados os resultados finais do estudo, nos quais observa-se que para 0,1 de pressão atmosférica a pureza do etanol no condensador é de 0,7928 e a pureza da água no refeedor é também de 0,7928. Já para 0,5 de pressão atmosférica a pureza do etanol no condensador é de 0,7781 e a pureza da água no refeedor é de 0,7781. Podemos verificar que há uma significativa diminuição na pureza conforme aumenta-se a pressão de operação da coluna. Isto pode ser visualizado para as outras pressões disponíveis na tabela 2.

Tabela 2. Dados de Pureza versus Pressão com modelo termodinâmico UNIFAC.

Resultado Pureza versus Pressão			
Componente	Condensador	Refeedor	Pressão
WATER	0,207163154	0,792836846	0,1 atm
ETHANOL	0,79283685	0,20716315	
WATER	0,221874918	0,778125082	0,5 atm
ETHANOL	0,778125082	0,221874918	
WATER	0,230096085	0,769903915	1 atm
ETHANOL	0,769903918	0,230096082	
WATER	0,25506132	0,74493868	5 atm
ETHANOL	0,74493868	0,25506132	

Fonte. Elaboração própria.

6. Conclusões

Pela observação dos aspectos analisados, conclui-se que o modelo termodinâmico mais apropriado para utilizar na simulação de uma coluna de destilação para uma mistura binária azeotrópica de etanol-água é o modelo UNIFAC, pois os dados experimentais desse modelo são mais convergentes com os dados gerados pelo software *Aspen Plus V8.4*, apresentando um desvio padrão menor do que o modelo NRTL.

Portanto, definido o modelo termodinâmico, foi realizada a simulação da coluna de destilação convencional, visando determinar a melhor pressão de operação da coluna para obter uma melhor pureza dos componentes no condensador e refeedor. Levando em conta o que foi observado, conclui-se que a pressão de 0,1 atmosférica apresentou o melhor resultado, pois teve um maior índice de pureza dos componentes. Além disso, percebe-se que quanto maior é a pressão de operação, menor é a pureza dos componentes da mistura.

7. Referências

- Bequette, B. (1998). *Process Dynamics. Modeling, analysis and simulation*. New Yersey, EEUU: Prentice Hall.
- Engelien, H. K. and Skogestad, S. (2005), Minimum energy diagrams for multieffect distillation arrangements. *AIChE Journal*, 51, 1714–1725.
- Fredenslund, A., Jones, R. L. and Prausnitz, J. M. (1975), Group-contribution estimation of activity coefficients in nonideal liquid mixtures. *AIChE Journal*, 21, 1086–1099.
- Gmehling, J.; Onken, U. (Eds.). (1990). *Vapor–Liquid Equilibrium Data Collection, Chemistry Data Series*. Frankfurt: DECHEMA.
- Luyben, W. (2005). *Process Modeling, Simulation and Control for Chemical Engineers*. Mc-Graw Hill International Editions.
- Maul, A. A. (1999). Fluidos supercríticos: situação atual e futuro da extração supercrítica. *Biotecnologia ciência & desenvolvimento*, II(11), 42-46.
- Mccabe, W. L.; Thiele, E. W. (1925). Graphical Design of Fractionating Columns. *Industrial and Engineering Chemistry*, 17, 605-611.
- Moussa, S. L. (2001). *Análise Termodinâmica de Colunas de Destilação Visando à Otimização Energética* (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Química, Campinas, Brasil.
- Pulido, L. J. (2008). *Estudio de un nuevo concepto de columna de destilación: columna de destilación con integración interna de calor (HIDiC)* (Trabajo de grado). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química. Bucaramanga, Colombia.
- Pulido, J. L. (2011^a). *Estudo de um novo conceito de coluna de destilação: coluna de destilação com integração interna de calor (CDIIC)* (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Brasil.

- Pulido, J. L.; Martinez, E L; Wolf, M. R.; Filho, R. M. (2011b). *Heat transfer study of heat integrated distillation column (HIDiC) using simulation techniques*. AIP – IAENG. Simulation. World Congress on Engineering & Computer Science 2010 (WCECS 2010). San Francisco, USA, 742-747.
- Sanchez, O.; Cardona, C. (2005). Producción biotecnológica de alcohol carburante ii: integración de procesos. *INCI*, 30,679–686.
- Smith, J. M.; Ness, H. C. Van.; Abbott, M. M. (2000). Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química. 5ed. Rio de Janeiro: *Livros Técnicos e Científicos*, cap 12, 390-395.
- Ramos, P.; Ramos, M. M.; Busnello, S. J. (2003). *Manual prático de metodologia da pesquisa: artigo, resenha, monografia, dissertação e tese*. Blumenau: Acadêmica.
- Renon, H.; Prausnitz, M. J. (1968). Local compositions in thermodynamic excess functions of liquid mixtures. *AIChE Journal*, 14(1), 135-144.
- Ribeiro, O. M. S.; Vasconcelos, L. G. S. (2004). *Simulação em regime estacionário de uma coluna de destilação azeotrópica de alta pureza*. VIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica. Paraíba.
- Rovaglio, M.; Ranzi, E.; Biardi, G.; Faravelli, T. (1990). Rigorous dynamics and feed- forward control design for distillation processes systems simulation and experimental results. *Computers and Chemical Engineering*, 14, 871–887.
- Vasconcelos, S. L. A.; Brito, P. R.; Vasconcelos, S. G. L. (2010). *Controle antecipatório aplicado a uma coluna de destilação azeotrópica não-convencional*. VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica (CONEM). Campina Grande - Paraíba.

Efectividad metodológica para el levantamiento de requerimientos de aplicaciones web

Fecha de recepción: 11 de octubre de 2016
Fecha de aprobación: 20 de diciembre de 2016
Pp. 71-98

César Augusto López Caballero¹
Universidad Autónoma de Bucaramanga
cesarlopezc@hotmail.com

Silvio Rafael Cuello de Ávila²
Universidad Autónoma de Bucaramanga
scuellod@unab.edu.co

DOI: <https://doi.org/10.21158/23823399.v4.n2.2016.1628>

Cómo citar este artículo/ To reference this article/ Comment citer cet article/ Para citar este artículo: López, C. A.; Cuello de Ávila, S. (2016). Efectividad metodológica para el levantamiento de requerimientos de aplicaciones web. *Revista Ontare*, 4(2), 71-98 .DOI: <https://doi.org/10.21158/23823399.v4.n2.2016.1628>

Resumen

El presente proyecto busca evaluar la efectividad del proceso de investigación de requerimientos, mediante una metodología compuesta por cinco fases (elicitación, modelado, codificación, comprobación -análisis, verificación y validación- e impresión de uso), y dos herramientas (un formato de preguntas agrupadas por aspectos generales y un prototipo o modelo de pantalla). En lo que respecta a las fases, las dos primeras corresponden a la propuesta central y las tres siguientes a la estructura de cuantificación. En cuanto a las herramientas, el formato está estructurado en cinco aspectos generales: fundamentación, tiempos, organización institucional, negocio y aspectos sistémicos y el prototipo de pantalla nace como resultado del entendimiento de los requerimientos preliminares establecidos.

Palabras-clave

Aplicaciones, efectividad, satisfacción, metodologías, requerimientos.

¹ Licenciado en Informática (Universidad Minuto de Dios). Magister en software libre (Universidad Autónoma de Bucaramanga). ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4387-8660>

² Estudiante del programa de Ingeniería mecánica, de la universidad UNIVATES de Brasil.

Methodological effectiveness for the elicitation of web application requirements

Abstract

The present project seeks to evaluate the effectiveness of the requirements research process, using a methodology composed of five phases (elicitation, modeling, coding, testing - analysis, verification and validation - and impression of the use), and two tools (a format including questions that are grouped by general aspects and a prototype or model of screen). As regards to the phases, the first two correspond to the central proposal and the other three to the quantification structure. As for the tools, the format is structured in five general aspects: fundamentals, times, institutional organization, business and systemic aspects, and the prototype screen is born as a result of the understanding of the established preliminary requirements.

Keywords

Applications, effectiveness, satisfaction, methodologies, requirements.

Effectivité méthodologique pour la levée de requêtes d'applications web

Résumé

Ce projet cherche à évaluer l'effectivité du processus de recherche de requêtes au moyen d'une méthodologie composée de cinq phases distinctes (élicitation, modèle, encodage, vérification - analyse, vérification et validation - et impression d'usage) et deux outils (une fiche de questions regroupant les aspects généraux et un prototype ou modèle d'écran). En ce qui concerne les phases, les deux premières correspondent à la proposition centrale et les trois suivantes à la structure de quantification. Pour ce qui est des outils, le format est structure en cinq aspects généraux: fondements, temps, organisation institutionnelle, affaire et aspects systémiques. Le prototype de d'écran naît donc du résultat de la compréhension des requêtes préliminaires établies.

Mots clefs

Applications, effectivité, satisfaction, méthodologies, requêtes.

Efetividade metodológica para o levantamento de requerimentos de aplicações web

Resumo

O presente projeto procura avaliar a efetividade do processo de investigação de requerimentos, mediante uma metodologia composta por cinco fases (elicitación, modelagem, codificação, comprovação-análise, verificação e validação - e impressão de uso), e duas ferramentas (um formato de perguntas agrupadas por aspectos gerais e um protótipo ou modelo de tela). No relacionado às fases, as duas primeiras correspondem à proposta central e as três seguintes à estrutura de quantificação. Quanto às ferramentas, o formato está estruturado em cinco aspectos gerais: fundamentação, tempos, organização institucional, negócio e aspectos sistêmicos e o protótipo de tela nasce como resultado do entendimento dos requerimentos preliminares estabelecidos.

Palavras-chave

Aplicações, efetividade, satisfação, metodologias, requerimentos.

1. Introducción

De la organización en el proceso de levantamiento de requerimientos depende el éxito y los buenos resultados en la implementación de las aplicaciones (Terstine, 2015), el generar una estructura que organice las respuestas y necesidades sistémicas de los interesados, garantizan la proyección y el modelado de los requerimientos (Pérez, Salamando, y Valencia, 2012), haciendo posible que la efectividad aumente en las metodologías propuestas y, por consiguiente, aumente la satisfacción en los clientes o usuarios. El presente ejercicio de investigación se desarrolló en un contexto académico de cuatro instituciones distritales administradas por la Caja de Compensación Familiar CAFAM en Bogotá, D.C, las cuales están enmarcadas en la educación formal desde los niveles de primero hasta grado once de educación media, en donde los profesores realizan procesos de planeación pedagógica en todas las asignaturas o áreas del conocimiento.

El presente proyecto parte del objetivo general que es evaluar la efectividad del proceso de investigación de requerimientos utilizando dos herramientas: un conjunto de preguntas sincronizadas o agrupadas por aspectos generales y un prototipo o modelo de pantalla, el cual es el resultado del entendimiento de los requerimientos preliminares de los interesados. Ahora bien, los aspectos generales son herramientas de análisis semántico propuestas para este trabajo, que está compuesto por cinco aspectos que engloban un conjunto de preguntas previamente formuladas, con las cuales se puede extraer información relacionada con la fundamentación, tiempos, organización institucional, aspectos de negocio y, finalmente, aspectos sistémicos de la aplicación.

Con referencia al objetivo general y a la organización del artículo, se plantea una estructura de cuatro objetivos específicos que inician con la formulación y aplicación de una secuencia de preguntas para obtener la caracterización relacionada con tiempos, fundamentación

pedagógica, organización institucional y periodicidades del proceso de la planeación de la acción pedagógica, posteriormente se continúa con el objetivo específico relacionado con el diseño de los prototipos de pantallas, la validación de estos y la creación del modelo entidad relación, continuando con el objetivo específico vinculado con la codificación de los requerimientos con base en la información y los modelos elicitados. Finalmente, se procede a desarrollar el objetivo específico relacionado con la evaluación de la efectividad en el levantamiento de los requerimientos y satisfacción del uso de la aplicación web por parte de los usuarios.

Como respuesta a la necesidad del anterior contexto y objetivos del proceso de investigación, se enmarca el objetivo con la medición de la efectividad, utilizando las herramientas mencionadas e iniciando con el conocimiento del dominio o modelo de planeación pedagógica a través de una entrevista estructurada (Schach, 2006); posteriormente, acude a técnicas de corta distancia y multitudes en ingeniería del software, en donde propone una estructura conceptual materializada en un instrumento de veinticinco (25) preguntas agrupadas por cinco (5) aspectos generales, las cuales permiten captar, organizar y entender la información recogida en el conocimiento del dominio (Terstine, 2015).

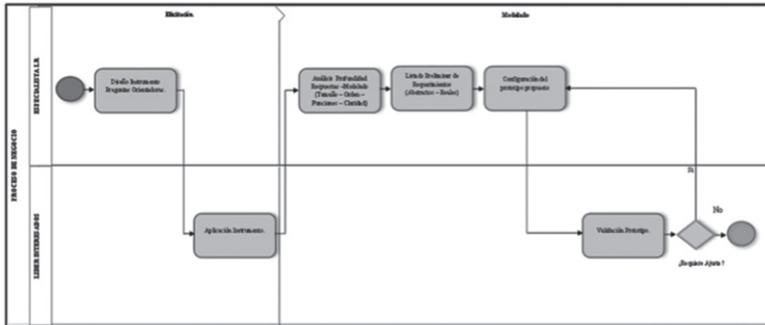
Luego se analiza un método para la extracción de requerimientos usando la minería de textos en correos electrónicos (Alvarado y Cuervo, 2013), pero adaptado al análisis semántico de las respuestas que entregan los usuarios del contexto de estudio y relacionándolos con el mundo de las entidades reales y abstractas de las bases de datos a través de una serie de aspectos generales, migrando estas respuestas a requerimientos y estos, a su vez, a las entidades del mundo real y modelos entidad relación (Pérez et al., 2012).

El ejercicio de investigación inició con el modelado del prototipo de pantalla con los conocimientos previos sobre el dominio por parte del primer autor (Mansilla et al., 2012), pero la esencia del modelo propone iniciar con el diseño del instrumento (preguntas con rangos orientadores

relacionadas con el universo de las entidades abstractas y reales de las bases de datos) y, posteriormente, la aplicación de este, el análisis a profundidad de las respuestas, la obtención de los requerimientos preliminares, la configuración del prototipo propuesto y, finalmente, la validación del prototipo de pantalla hasta obtener el mejor entendimiento de los requerimientos plasmados en el modelo, el cual servirá de norte en las fases siguientes (Figura 1).

El objetivo del uso del modelo o prototipo de pantalla consiste en canalizar el entendimiento y lenguaje técnico en los procesos de elicitación (Manies & Nikual, 2011), y el diseño y aplicación del formato de preguntas consiste en generar una estructura para extraer características necesarias en el diseño y construcción de una aplicación, garantizando así la correcta proyección de los requerimientos (Anaima Dasilva, 2015).

Figura 1. Diagrama metodología para el levantamiento de requerimientos.



Fuente. Elaboración propia.

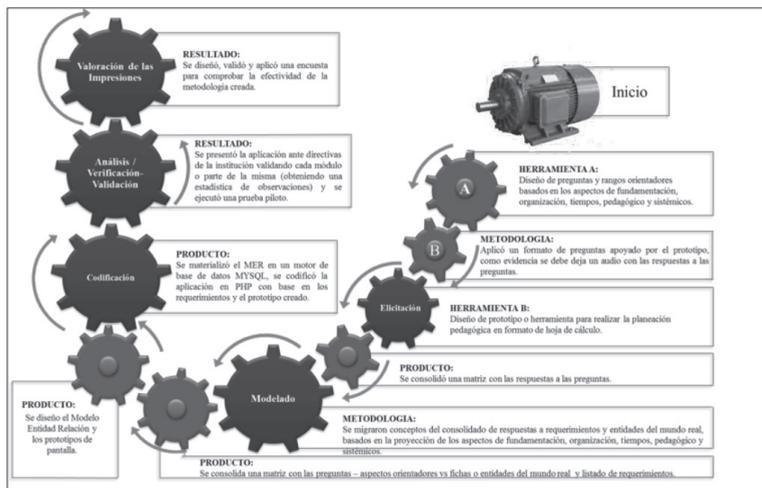
2. Desarrollo del artículo

La propuesta central de la metodología está compuesta por dos fases: **L** elicitación y modelado, las tres fases posteriores corresponden con la estructura de cuantificación. Estas dos fases iniciales combinan aspectos relacionados con procesos de abstracción de las respuestas elicidadas a requerimientos y estos a entidades y a modelos entidad relación. Posteriormente, se ejecutan las fases de codificación, comprobación e impresión de uso, para obtener los indicadores de efectividad y satisfacción (Figura 2).

En la fase de comprobación se obtiene un indicador de efectividad del entendimiento de los requerimientos a partir de la comparación entre los requerimientos preliminares y las observaciones que surgen en la revisión de los líderes con la aplicación web desarrollada. La justificación de este indicador nace en el éxito de la metodología, es decir, si los requerimientos fueron plasmados en la aplicación y estos no tuvieron ninguna observación en el segundo momento, la efectividad de la metodología es óptima porque no genera reprocesos en las fases de elicitación, modelado y codificación. Finalmente, se muestra cómo se realizó el proceso de la valoración de la impresión de uso de la herramienta, de donde se obtiene un indicador de satisfacción de la muestra seleccionada.

En los siguientes literales del presente numeral se mostrará el proceso y resultado de cada fase de la metodología en términos cuantitativos y operativos, en el numeral III se relacionarán las conclusiones y recomendaciones para futuros trabajos de investigación.

Figura 2. Diagrama metodología complementaria para el levantamiento de requerimientos. La sigla MER significa Modelo Entidad Relación.



Fuente. Elaboración propia.

2.1 Fase de elicitación

En esta fase se debe obtener la percepción de los líderes acerca de la definición conceptual o la necesidad sistemática de la aplicación por desarrollar, para lo cual esta metodología plantea la creación de un formato de preguntas, que se orientan hacia la consecución sistemática de las características reales o abstractas de las bases de datos. En las siguientes líneas se describirá las características del proceso de construcción del instrumento y su proceso de aplicación, el cual entrega una matriz con las respuestas para la fase de modelado.

El proceso de construcción de este formato de preguntas inicia con la definición de los aspectos generales, los cuales se constituyen en unos pilares investigativos que hacen que las preguntas tengan un eje en común, que cobren relevancia y que sean objetos capaces de entregar información relacionada con la importancia, orden y claridad dentro de un conjunto de postulados, que hacen que sirvan de estructura y

parámetro general en la formulación de estos. Es importante destacar que el modelo propuesto está compuesto por cinco aspectos, los cuales no tienen un orden predefinido; sin embargo, el especialista debe buscar ese orden lógico y el número de preguntas que lo componen.

El presente modelo inicia con el aspecto de fundamentación, es decir, la información relacionada con los objetivos y definición conceptual de las actividades; el aspecto de tiempo indaga por todas las periodicidades, mirando las proyecciones en tiempo y aspectos que nos dan el imaginario de rutinas y cantidad de veces que se repite un evento o actividad; en el aspecto organización institucional, se indaga por la estructura de orden jerárquico con sus respectivas características. Aquí se busca obtener información de carácter organizacional o administrativo, estableciendo características de parentesco, nivel y orden.

En lo relacionado con la actividad en donde actuará la aplicación, se indaga por la organización conceptual, para obtener una radiografía de los componentes y subcomponentes, trazando un hilo conductor con el aspecto de tiempo y estructuras jerárquicas, es decir, une los aspectos reales con los abstractos. Finalmente, en el aspecto sistémico se indaga por los beneficios que debe brindar la herramienta, en este aspecto es importante hacer hincapié en las bondades y cómo funcionará la nueva aplicación, qué restricciones, qué limitaciones tendrá, este es el punto de inicio y fin del desarrollo de la aplicación, son las características que se deben cumplir a cabalidad.

Ahora, teniendo claridad de la estructura de los aspectos orientadores, posteriormente se procede con la formulación de las preguntas, cada una pretende recabar información con su aspecto relacionado, buscando siempre obtener el máximo de conocimiento del negocio, generando así la seguridad del entendimiento de las necesidades sistémicas de la organización y el posterior desarrollo de la aplicación tabla 1.

Tabla 1. Formato de preguntas orientadoras utilizado en el proyecto.

Pregunta	Aspectos a desarrollar
¿Cuál es el objetivo de la planeación pedagógica?	Fundamentación
¿Qué es la planeación pedagógica (PP)?	
¿Qué aspectos deben incluir en una planeación pedagógica?	
¿Cuáles con los pasos para realizar una PP?	
¿Qué áreas del conocimiento se les debe realizar el proceso de PP?	
¿Cuántos periodos académicos se realizan en la institución?	Tiempos
¿Cuántas planeaciones se deben realizar por cada periodo académico?	
¿Qué niveles existen en la institución?	
¿Cuántos grupos existen por nivel?	
¿Cuántos proyectos (o proyectos de aula) de nivel existen?	
¿Cómo es la división de cada uno de los ciclos?	Organización institucional
¿A qué proyecto de Aula pertenece cada nivel?	
¿Qué aspectos deben incluir en proyectos de aula?	
¿Qué características tiene cada proyecto de aula?	
¿Qué competencias tiene el plan de estudios?	
¿Qué desempeños tienen sus competencias?	
¿En el periodo de tiempo previamente establecido, se deben desarrollar todas las competencias?	
¿En el periodo de tiempo previamente establecido, se deben desarrollar todos los desempeños?	
¿Qué estrategias de enseñanza tiene las competencias de cada una de las áreas de conocimiento de la institución?	
¿Qué estrategias de enseñanza aprendizaje tiene su plan de estudios en actividades relacionadas con motivación, recolección de información, análisis de información, reflexión y presentación socialización?	
¿Qué productos de aprendizaje exige su plan de estudios (individuales, colectivos o ambos)?	Pedagógico
¿Qué tipo de informes o consolidados desarrollan?	
¿Quién desarrolla la tarea de cargar previamente un plan de estudios?	
¿Qué tareas desarrolla un docente de área del conocimiento en aspectos relacionados con planeación?	
¿Qué tareas desarrolla la persona que hace seguimiento a esta actividad?	
	Sistémico

Fuente. Elaboración propia.

En este estadio de la metodología se aplica el formato de preguntas por medio de una entrevista al líder de los interesados y diferentes miembros, la cual puede ser grabada previa autorización del entrevistado y posteriormente transcrita en una matriz compuesta por las preguntas, las respuestas y el aspecto orientador, que es el insumo principal y único de la siguiente fase.

2.2 Fase de modelado

En esta fase el especialista en levantamiento de requerimientos analiza a profundidad la matriz anterior y obtiene las preguntas y respuestas de carácter abstracto y real, visualizando el orden, formas de organización, relación entre cada respuesta y su tamaño e importancia ante las demás. En este sentido, las preguntas y sus respuestas de carácter abstracto se pueden relacionar con todas aquellas que representan características propias del negocio, como sus reglas, tiempos, estructuras de componentes y subcomponentes, maneras de abordar la solución a problemas. Las preguntas y respuestas de carácter real muestran los actores que representan condiciones tangibles (humanos) y cómo estos entran a enlazarse con esos constructos abstractos de la primera parte y, finalmente, cómo se relaciona lo abstracto con lo real.

En síntesis, el producto que entrega este momento es la clasificación de esas preguntas y respuestas que representan algo concreto, bien sea real o abstracto, pero lo entrega caracterizado o clasificado especificando un orden, un tamaño, una jerarquía y unas funciones determinadas, de manera que se pueda describir un requerimiento incluyendo las anteriores características.

Teniendo claro la importancia de orden y claridad de las respuestas abstractas y reales, se procede a migrar la información de las respuestas a la lista de requerimientos, mirando esos comunes denominadores y cómo

se podrían visualizar en un requerimiento que coadyuve a mejorar el entendimiento de las necesidades sistémicas de los usuarios y el posterior desarrollo de la aplicación.

La acción real para obtener los requerimientos es la organización de las matrices. Es la forma de tener la visual de la información compuesta por la pregunta y la respuesta en su orden correspondiente. Posteriormente, se buscan los actores que están inmersos en ese contexto, teniendo en cuenta sus relaciones de pertenencia que se traducen en integridades referenciales. Seguido de este momento se puede ver la constitución de esos campos que entrarán a formar parte de ese primer prototipo, el cual debe ser validado y aceptado por los líderes de los interesados.

Posteriormente, para generar la lista de requerimientos se recurre a la escritura de textos que incluyan los actores (ya sean abstractos o reales) y sus relaciones, funciones y comportamientos en la aplicación por desarrollar, mostrando los niveles de integridad, relaciones con los otros actores abstractos o reales. En la columna de requerimientos se puede ratificar la importancia, orden y claridad conceptual de sus actores abstractos entre niveles y grupos (entidad real), es decir, un nivel puede contener un número indeterminado de grupos, en el segundo requerimiento se evidencia una relación entre proyecto de aula y grupos (Tabla 2).

Tabla 2. Desarrollo del consolidado de respuestas al listado de requerimientos a entidades y diagrama organización institucional.

Pregunta Orientadora	Respuestas	Req. Alimentan RQ	Requerimiento	Entidades	Campos Datos Generales	Insumos para diagramas y prototipos de pantallas Cardinalidades
¿Que niveles existen en la institución?	Existen 11 niveles.		RQ1. El sistema debe permitir el ingreso de 11 niveles, cada uno con un número de alumnos determinado de acuerdo a cada subdivisión de aula, cada grupo pertenece a un proyecto de aula.	Para esta pregunta se generó una sola tabla cubriendo el ingreso de todos los cursos y niveles, la tabla se denominó course.		Un proyecto de aula (project) pertenece a varios cursos (courses).
¿Cuántos grupos existen por nivel?	3 o 4 grupos.					Un curso (course) necesita varias planeaciones (Planning_c1).
¿Cuántos proyectos (o proyectos de aula) de nivel existen?	Existen proyectos para Ciclo 1, 2, 3. Respuesta en la Línea 0:07 Seg.			En la tabla project y course se asigna a su vez con la tabla planning_c1, relacionando estas tres entidades con el proyecto asignándole su respectivo cédulo en la tabla planning_c1.		
¿Cómo es la división de cada uno de los ciclos?	Para Ciclo 1: Grado cero, primero, segundo y tercero. Para Ciclo 2: Grado cuarto, quinto y sexto. Para Ciclo 3: Grado séptimo, octavo, décimo y once.		RQ2. El sistema debe permitir guardar la coherencia o integridad referencial entre el proyecto de aula, el grupo y las ocho subdivisiones nombradas en la tabla 13.	Se generó la tabla project, la cual puede almacenar los nombres de los proyectos relacionados con los cursos, los cursos, los grupos y las subdivisiones nombradas en una sola entidad por un cédulo y un nombre de proyecto.	Nombre del Proyecto, y Curso, Programa y Problema, Nombre del Docente, Estudiante, para reconocer los intereses de los niños y contexto	Un Teacher (teacher) diseña varias planeaciones (Planning_c1).
¿A que proyecto de Aula pertenece cada Nivel?	Grado 0, 1, 2, 3: Proyectos de Aula Grados 4, 5, 6, 7: Proyectos Colaborativos. Grados 8, 9, 10, 11: Proyectos de Enfoque. Respuesta en la Línea 0:01 Seg.					
¿Que aspectos deben incluir en proyecto de aula?	Proyectos pedagógicos de aula. Tiene una pregunta problemática o núcleo Problemático y tiene relación con toda la materia de un curso o un nivel, esto aplica en grado cero a tercero, a diferencia del grado 4 a 7, que se aplica a cada materia, para cada grupo nivel existe un conjunto de preguntas, un conjunto de competencias, un conjunto de desempeños coherentes con el nivel. En conclusión: Se puede relacionar una sola pregunta con varias materias o una materia con una sola pregunta. Respuesta en la Línea 1:22 Seg.		RQ3. El sistema debe permitir guardar la coherencia o integridad entre la identificación del proyecto de aula y las ocho divisiones nombradas en la tabla 13.	De acuerdo con las respuestas dadas se debe incluir un campo denominado question_project en la tabla planning_c1, el cual tiene la función de crear el enlace entre los proyectos relacionados con los productos, las estrategias y las actividades de clase.		Una materia (subject) requiere varias planeaciones (Planning_c1).
¿Que característica tiene cada proyecto de Aula?	Un mismo profesor maneja toda la materia, una pregunta problemática puede relacionar toda la materia o asignaturas, coherentes no el nivel.			Los proyectos de aula y las preguntas de tipo de conocimiento se relacionan en una sola entidad del conocimiento orientadas por un docente o varios docentes.		

Fuente. Elaboración propia.

El proceso para conformar los requerimientos se basa en la unión de las respuestas, en el ejemplo se orienta por las líneas de colores: para el RQ N.º 1 lo conforman las respuestas N.º 1 a la N.º 4, al analizar estas preguntas y sus respuestas se pueden abstraer que existen once niveles, que cada nivel está compuesto por un número indeterminado de grupos y que cada ciclo está dividido en grados y que a cada ciclo le corresponde un proyecto de aula. En el RQ N.º 2 se puede abstraer que solicita la integridad referencial entre ciclos, grupos, proyectos de aula y las especificaciones restantes³. Finalmente, en el RQ N.º 3 se puede observar que solicita la integridad entre el docente, ciclos, proyecto de aula y asignaturas (Tabla 2).

El proceso para conformar las entidades se puede observar en la relación entre la columna de respuestas y entidades, existen siete preguntas, pero de la primera a la tercera conforman un comentario de entidad, la cuarta y la quinta forman otro comentario. El valor agregado de este ejercicio es identificar cómo se analiza la entidad que inicia con la cadena de pertenencia⁴ y cómo se puede organizar la información para tener la mejor comprensión y claridad.

Continuando con el párrafo anterior, lo primero que se debe preguntar el especialista es qué actores están implícitos en los requerimientos; en este ejemplo los requerimientos abstractos se pueden visualizar en la organización administrativa materializada en los (1) niveles, (3) ciclos, (4) conformación de los ciclos, (5) proyectos de aula, y los actores reales están representados por grupos (2) y docente.

³ Listado de especificaciones: Datos generales, pregunta por tipo de pensamiento, competencias y desempeños, Estrategias de enseñanza aprendizaje, Ruta metodológica, Productos de aprendizaje, Cierre de proyecto, Enfoque diferencial, Observaciones Coordinación.

⁴ La cadena de pertenencia se define como la entidad que agrupa con mayor definición a otras entidades.

Posteriormente, el especialista en levantamiento de requerimientos debe buscar la mejor forma de personalizar los actores abstractos y reales, debe buscar el mejor campo para identificarlos y utilizar el principio de filtros (los utilizados en hojas de cálculo), en donde se va reduciendo columna a columna hasta obtener la información que se busca visualizar. Los campos por incluir en el modelo se pueden visualizar en la columna datos generales (tabla 2).

La actividad restante consiste en crear la representación gráfica con los campos mencionados, teniendo en cuenta el orden y la importancia de lo abstracto y lo real; por ejemplo, en lo real aparecen los campos nombre del docente y asignatura. Dentro de lo abstracto figuran nombre del proyecto, pregunta problema, estrategias para reconocer intereses de los niños, asignatura, periodo y fecha (Figura 3).

Figura 3. Prototipo Datos generales PAP.

PLAN DE ACCIÓN PEDAGÓGICA GRADO PRIMERO			
COLEGIO XXXX -			
Nombre del docente:	<input type="text"/>	PERIODO <input type="text"/>	MES <input type="text"/>
Nombre del proyecto:	<input type="text"/>	FECHA Del: <input type="text"/>	
Pregunta Problemática/Núcleo problemático:	<input type="text"/>	ASIGNATURA <input type="text"/>	
Estrategias para reconocer intereses de los niños:	<input type="text"/>		

Fuente. Elaboración propia.

Para cerrar y entregar los resultados a otras fases del proyecto, se gestiona un encuentro de validación y aceptación de los líderes interesados, para revisar a la luz de los requerimientos y sus antecedentes la calidad del prototipo de pantalla, posteriormente aprobando o solicitando ajustes hasta lograr su calidad.

Finalmente, se puede concluir que el uso de estas técnicas abstractas y reales maquetadas a través de unos aspectos orientadores, operados por unas preguntas, garantiza la proyección adecuada de la aplicación y, por ende, reduce los riesgos de reprocesos en los flujos de trabajo

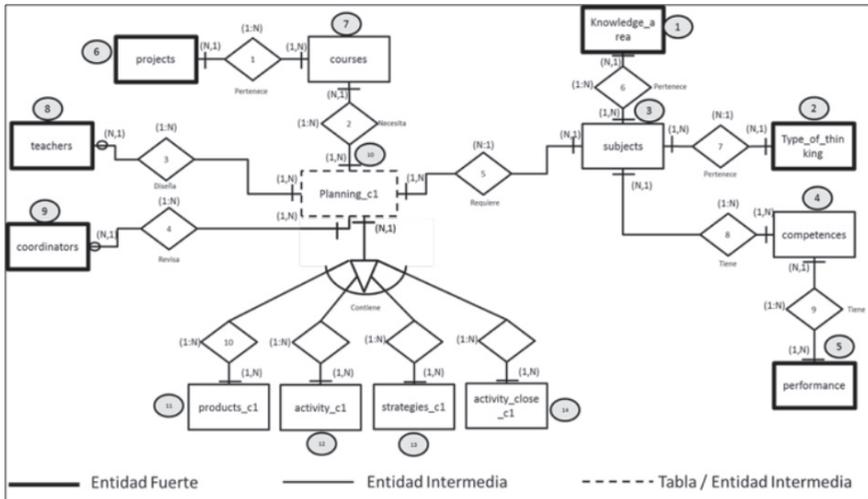
del programador. Esto aumenta la efectividad del entendimiento de los requerimientos elicitados y lo codificado en la aplicación.

En este momento se había validado el norte de las acciones, para continuar con la migración de requerimientos a entidades y el diseño de la base de datos de la aplicación. Para esto se recurre a las técnicas de normalización y a los siguientes postulados: la entidad que inicia con la cadena de pertenencia de acuerdo con las respuestas entregadas por los interesados y la información de mayor a menor o viceversa, es decir, cómo se puede organizar la información de manera que se pueda obtener más claridad.

Validando los pasos anteriores, en la columna entidades se puede encontrar que el usuario en sus respuestas nombra conceptos de ciclos, niveles, grupos, proyectos de aula y planeación. Ahora bien, en las dos primeras respuestas relaciona los niveles con los grupos, por lo tanto, se propone una primera entidad denominada *courses*, la cual tiene la función de almacenar los niveles y grupos. Se hace claridad que existen o se proponen tres tipos de proyectos para los ciclos 1, 2 y 3, por lo tanto, se propone la entidad *projects*, la cual tiene la función de almacenar los nombres de los proyectos de todos los ciclos, posteriormente en la cuarta respuesta se agrupan los grados por cada ciclo, y en la sexta respuesta se relacionan los conceptos relacionados con *courses*, *projects* y planeación, por consiguiente, se genera la entidad *planinng_c1*, en donde termina la primera cadena de pertenencia.

Finalizando la descripción de la migración de las respuestas a la propuesta de entidades, se puede apreciar que la entidad *projects* reúne o le pertenecen los ciclos, niveles y grupos plasmados en la entidad *courses*, y este a su vez se relaciona con la entidad *planning_c1*; hay que puntualizar que el aspecto de ciclo queda mediado en la entidad de *planning_c1* por tener la función de almacenar solo información para ciclo 1 (Figura 4).

Figura 4. Modelo Entidad Relación y Ruta de creación de entidades Paponline.



Fuente. Elaboración propia.

2.3 Fase de codificación de bases de datos y formularios

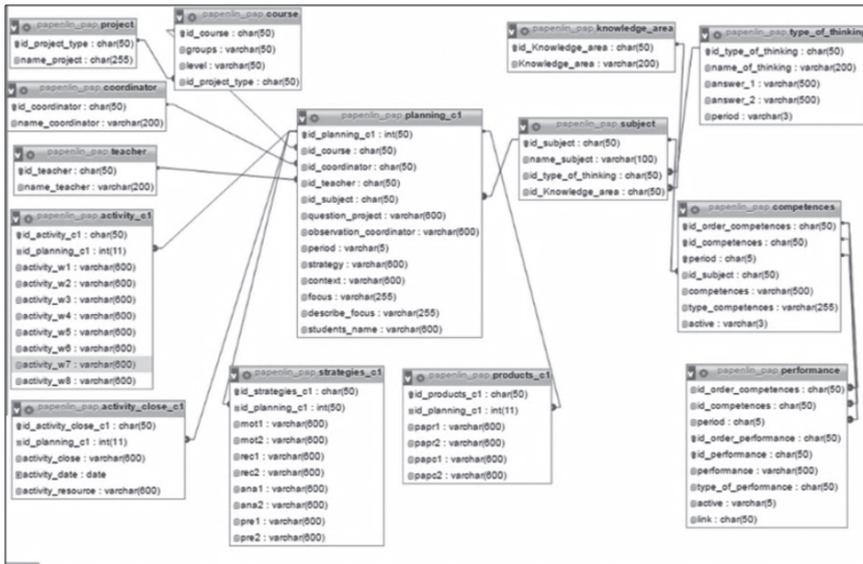
Este proceso se inició con la revisión de las cardinalidades en los diagramas de la fase anterior, después se seleccionó el motor de base de datos MYSQL, el cual pertenece a la familia de software denominada XAMPP Control Panel V3.2.2, con un servidor de base de aplicaciones WEB Apache/2.4.17, PHP 5.6.15 y el gestor de aplicación PHPMYADMIN. Posteriormente, se configuraron los puertos 3306 y 8080, librándolos y activando el servidor y la aplicación de MySQL luego se implementó la estructura de la base de datos, se desarrollaron las diversas pruebas de integridad de la información y se codificaron los formularios.

La implementación de la base de datos en el servidor local también se diseñó con la ruta de creación y se visualiza en los círculos numerados que acompañan a las entidades, las reglas de integridad referencial y la lógica de construcción de las tablas se basa, primero, en la creación de las entidades fuertes marcadas con línea gruesa, es decir, las que aportan las claves foráneas para la integridad de la información, seguido las de líneas

medias, excepto las de generalización, que fueron las últimas entidades creadas dentro del modelo (Figura 4).

Un aspecto importante dentro de la integridad referencial por resaltar de la fase de codificación es la lógica requerida para la construcción de llaves foráneas y principales, dado que en las entrevistas no se tienen en cuenta estos aspectos, pero sí necesita un tiempo importante de cálculo para el diseño. En este caso, se requería relacionar por materia o asignatura ocho momentos (Campo `actiity_w1-8`), por lo que implicó tener todos estos aspectos en cuenta al momento del diseño de las llaves principales y foráneas de la base de datos (Figura 5).

Figura 5. Base de datos Paponline



Fuente. Elaboración propia.

2.4 Fase de comprobación

En esta fase se realizaron tres pasos que conforman las estrategias para configurar el indicador de efectividad. El primer paso fue la entrevista con el rector del Colegio IED Cafam Bellavista, mediada por la figura del prototipo, el objetivo de este consistió en unificar las observaciones⁵ por módulo, incluyendo todas las respuestas de los aspectos orientadores que tocan tangencialmente al módulo. La matriz de este primer momento estaba compuesta por el nombre del módulo y observaciones (Tabla 3):

Tabla 3. Análisis de requerimientos relacionados en tiempo de prototipo.

Módulo	Observaciones	Porcentaje
Datos generales	6	18
Pregunta problemática por tipo de pensamiento	4	12
Competencias-desempeños	8	24
Estrategias de enseñanza -aprendizaje	3	9
Ruta metodológica	4	12
Productos de aprendizaje	3	9
Cierre de proyecto	2	6
Enfoque diferencial	2	6
Observaciones de coordinación	2	6
Total	34	100

Fuente. Elaboración propia.

El segundo paso fue la revisión de la aplicación en ejecución por parte del grupo primario, cuyo objetivo consistió en unificar las observaciones con la aplicación web desarrollada. En ambos pasos, se tuvieron en cuenta todas las observaciones sobre la funcionalidad o calidad de los módulos. Con esta información se realizó la comparación de los dos resultados de los pasos descritos y se construyó el indicador de efectividad utilizado para medir la calidad del producto del trabajo realizado (tabla 4).

Tabla 4. Análisis de requerimientos relacionados con la aplicación web desarrollada

Módulo	Observaciones	Porcentaje
Datos generales	1	17
Pregunta problemática por tipo de pensamiento	0	0
Competencias-desempeños	1	17
Estrategias de enseñanza -aprendizaje	1	17
Ruta metodológica	1	17
Productos de aprendizaje	0	0
Cierre de proyecto	0	0
Enfoque diferencial	2	33
Observaciones de coordinación	0	0
Total	6	100

Fuente. Elaboración propia.

Teóricamente, la expresión se conjugaría a partir de una regla de tres, en donde el denominador se obtiene de sumar las observaciones captadas por medio del prototipo creado más las observaciones⁵ captadas con la aplicación desarrollada, y el numerador corresponde con lo captado en el paso 2. Matemáticamente, se podría establecer que, a más observaciones en desarrollo, se disminuye la efectividad. Por lo tanto, surge reprocesos para la etapa de codificación, porque se tendrían que volver a realizar los desarrollos para cumplir con las observaciones de los líderes, captadas en el segundo paso (Figura 6).

⁵ El término observaciones hace referencia a la lista de respuestas elicitadas en la fase 1, pero visto desde las relaciones directas o tangenciales con los módulos de la aplicación, es decir, si inciden directamente en el requerimiento o lo mencionan en su contenido.

Figura 6. Indicador de efectividad de la metodología

$$\text{Efectividad promedio} = \frac{\text{Observaciones en desarrollo}}{\text{Total de observaciones}} * 100$$

Fuente. Elaboración propia.

A partir de lo anterior, se muestra el consolidado final validación, en donde se procedió a calcular el indicador de efectividad del modelo; vale la pena destacar que las observaciones realizadas en tiempo de desarrollo no fueron de carácter estructural, es decir, no se tuvo que modificar las relaciones entre las entidades, tan solo se trata de agregar algunos campos requeridos (Tabla 5).

Tabla 5. Consolidado de efectividad metodológica.

Módulo	Observaciones			
	Análisis prototipo	Verificación Desarrollo	Total	Efectividad
Datos generales	6	1	7	86%
Pregunta problemática por tipo de pensamiento	4	0	4	100%
Competencias-desempeños	8	1	9	89%
Estrategias de enseñanza -aprendizaje	3	1	4	75%
Ruta metodológica	4	1	5	80%
Productos de aprendizaje	3	0	3	100%
Cierre de proyecto	2	0	2	100%
Enfoque diferencial	2	2	4	50%
Observaciones de coordinación	2	0	2	100%
Total	34	6		
Efectividad total				86.6%

Fuente. Elaboración propia.

Efectividad metodológica para el levantamiento de requerimientos de aplicaciones web

Figura 7. Modelo o prototipo de pantalla.

PLAN DE ACCIÓN PEDAGÓGICA GRADO PRIMERO COLEGIO XXXX -				
Nombre del docente:			PERIODO	MES
Nombre del proyecto:			ASIGNATURA	
Pregunta Problemática/Núcleo problemático:				
Estrategias para reconocer intereses de los niños:				
PREGUNTAS PROBLÉMICAS POR TIPO DE PENSAMIENTO (Solo completa el espacio correspondiente al tipo de pensamiento que orienta)				
Científico Tecnológico:				
Lógico Matemático:				
Comunicativo Expresivo:				
Histórico Social:				
DESEMPEÑOS				
COGNITIVA	PRAGMÁTICA	METACOGNITIVA	COMUNICATIVA	HABITOS Y PRÁCTICAS
ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE				
Motivación:				
Recolección de información:				
Análisis de información:				
Presentación/socialización:				
PRODUCTOS DE APRENDIZAJE				
Individuales:				
Colectivos:				
CIERRE DEL PROYECTO				
ACTIVIDAD	FECHA		RECURSOS	
OBSERVACIONES DE COORDINACION				

Fuente. Elaboración propia.

2.4 Fase evaluación de impresiones

En esta última fase se aplicó una encuesta de verificación de impresiones después de un proceso de planeación pedagógica, evidenciando el acierto o desacierto en las expectativas proceso de levantamiento de requerimientos y funcionamiento de la herramienta creada, obteniendo un indicador de satisfacción. Es importante ratificar que los porcentajes de confianza (95 %) y error (10 %) del estudio fueron aplicados a cabalidad y expresados en el tamaño de la muestra de forma completa.

Por otra parte, el proceso de validación del instrumento se realizó con el aval de expertos y cumpliendo con los estándares de los autores seleccionados, el índice de Alfa de Cronbach (0,93) y la muestra inicial realizada con cinco personas. El resultado final de este ejercicio permite concluir, que no se puede descartar la hipótesis nula que dice que la expectativa es igual resultado en términos estadísticos.

Como la hipótesis nula no se descarta, esto significa que las expectativas de los usuarios son iguales a los resultados del producto entregado. Los resultados se visualizaron en términos de satisfacción de uso de la herramienta, los cuales se pueden visualizar en la tabla 4, que entrega un total de expectativas seleccionadas entre 1 y 2 (insatisfecho), más 4 y 5 (satisfecho) y descartando la opción 3 que se interpreta como indeciso.

El primer par de opciones (Rango 1-2) de la escala del formato tiene un total de 20 puntos, mientras el segundo par de opciones (Rango 4-5) tiene 218 puntos. Ahora bien, para traducir estas cifras a un indicador que señale el nivel de satisfacción, se formula el indicador que se estructura en términos de respuestas de Rango 4-5 (numerador), dividido por la suma de los Rangos 1-2 más Rango 4-5, lo que genera un total de 238 puntos, y al realizar el cálculo se obtiene un 95 % (218/238) de satisfacción (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados encuestas de satisfacción.

Escala	Sumatoria de expectativa y funcionamiento	Total de sumatoria Expectativas y funcionamiento
1	218	238
2		
4		
5		

Fuente. Elaboración propia.

3. Conclusiones y recomendación para futuros trabajos de investigación

En este apartado se mostrará la experiencia adquirida en el desarrollo del proceso, mostrando el recorrido de la metodología con las estrategias empleadas para obtener resultados favorables en los indicadores de efectividad y satisfacción, de la misma manera las estrategias que podrían mitigar bajos resultados en procesos similares, finalmente se muestran los resultados en términos cuantitativos y operativos de cada fase de la presente metodología.

De manera general, los resultados obtenidos en el indicador de efectividad correspondieron a un 86,6 %, esto se asocia con el uso de las herramientas que canalizaban el lenguaje y el entendimiento entre especialista e interesado. El otro aspecto por señalar como resultado positivo, es el indicador de satisfacción de los docentes que registra un 92 %. Consideramos que el factor que determinó este resultado consistió en solo enfocar el cumplimiento de los requerimientos funcionales y generar una estructura automática para los requerimientos no funcionales.

En cuanto a los módulos que registraron promedios bajos en el indicador de efectividad, las causas están enmarcadas en la aleatoriedad de los requerimientos por los procesos de actualización o innovación de las tareas pedagógicas, y como estrategia para mitigar esos cambios en las estructuras elicidadas se recomienda generar un conjunto de preguntas que pertenezcan al aspecto sistémico, las cuales son las encargadas de proyectar este tipo de requerimientos; por otra parte, se recomienda que se inicie con la búsqueda de información documental o gráfica, que oriente el entendimiento y posterior proyección de los requerimientos.

En la fase de elicitación, los resultados se expresan en términos cuantitativos y operacionales, dentro del primero se encuentra la formulación de cinco aspectos orientadores con un total de 25 preguntas. Los aspectos orientadores fueron: la fundamentación, el tiempo, la organización institucional, el aspecto pedagógico (asociado al negocio) y el aspecto sistémico. En la parte operacional se logró el entendimiento de todo el universo de las entidades y su comportamiento, características y demás aspectos necesarios en el diseño, implantación y codificación de una herramienta.

Se identifican como posibles estrategias para mitigar observaciones en la fase de desarrollo: generar un conjunto de preguntas que indaguen por este aspecto de requerimientos aleatorios, ejecutar entrevistas con diferentes interesados, desarrollar un encuentro grupal con los líderes principales con el ánimo de retroalimentar las respuestas encontradas y unificar los criterios y las expectativas que aseguren la calidad de los requerimientos identificados.

Los resultados de la fase de modelado en términos cuantitativos se visualizan desde dos momentos: en el primer momento se logró el desarrollo del prototipo, posteriormente se expresan en la cantidad de requerimientos y entidades generadas en los procesos de análisis relacionados con los aspectos orientadores. En conclusión, de esta fase se puede apreciar que en el aspecto de fundamentación se configuraron

en total 12 requerimientos y 15 entidades, en términos operativos se materializó todo el entendimiento del modelo relacional, insumo para la siguiente fase.

La fase de comprobación entrega resultados en términos cuantitativos a través de una estructura que compara dos hitos: el primer hito es la fase de elicitación mediada a través de la entrevista y el formato de preguntas, del cual se extrae un total de 34 observaciones, el segundo hito corresponde a la presentación del desarrollo de la aplicación a los líderes de los interesados, de la cual se extrae un total de seis observaciones; es importante señalar que esta fase es propuesta por los autores de este artículo.

Posteriormente, en la subfase de validación se comparan las observaciones de cada módulo, obteniendo cuatro módulos con efectividad 100% (sin ninguna observación), tres módulos con efectividad entre 80 y 90% de efectividad, y dos módulos con efectividad entre 60 y 70%. En promedio, la efectividad de este proceso se estima en el 86,6%, que en términos operacionales esta fase entrega la visual que tienen los líderes sobre el desarrollo de la metodología antes y después de la materialización de la aplicación, obteniendo de esta los resultados en cada módulo y la manera de proyectar las mejoras en los procesos de levantamiento de requerimientos y el modelamiento de estos.

La fase de evaluación e impresión de uso de la herramienta entrega los resultados en términos de satisfacción de empleo por parte de los docentes, comparando las expectativas versus la calidad en el desarrollo de la herramienta en cada uno de los módulos, obteniendo un 92% de efectividad; en términos operacionales esta fase entrega la visual que tienen los docentes sobre la metodología empleada a través del uso de la aplicación y de esta manera enfocar en cómo a través de la estructura se minimizan las acciones técnicas que tengan que desarrollar los funcionarios para realizar una determinada actividad.

3.1 Recomendaciones o sugerencias para otros estudios

El origen de este trabajo estuvo relacionado con la preparación de forma autodidacta, explorando varios campos del mundo de la informática, orientado por recursos bibliográficos y el pensamiento fijado en el querer aportar una herramienta para el contexto descrito inicialmente, lo que en su conjunto fue el motor que inició esta experiencia.

Por lo anterior, y de acuerdo con los avances en el desarrollo de trabajo, los campos que se podrían complementar en este ámbito estarían relacionados con el levantamiento de requerimientos por medio de técnicas de elicitación que involucren rastreo de información escrita o gráfica, mediante la comparación de diversos recursos ya sean gráficos o digitales y la posterior materialización en un software.

4. Referencias

- Alvarado, J., & Cuervo, C. (2013). Extracción de funciones de un cargo usando minería de texto en correos electrónicos. *Información Tecnológica*, 24(5), 61-67. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642013000500008>
- Anaima, R. (2015). Ingeniería de requisitos para multitudes. *Revista Antioqueña de las Ciencias computacionales y la Ingeniería de software*, 5(2), 17-20.
- Manies, M., & Nikual, U. (2011). La elicitación de requisitos en el contexto de un proyecto de software. *Ing. USBMed*, 2(2), 25-29.
- Mansilla, D., Pollo-Cattaneo, F., Britos, P., Pesado, P., & García-Martínez, R. (2012). Modelo de proceso para elicitación de requerimientos en proyectos de explotación de información. *Requirements Engineering & Software Testing*, 38-45.
- Pérez, H., Salamando, C., & Valencia, L. (2012). Levantamiento de requerimientos basados en el conocimiento del proceso. *Revista Científica*, 2(16), 42-51.
- Schach, S. (2006). *Ingeniería del software orientada a objetos* (VI Edición). México: McGraw-Hill / Interamericana.
- Terstine, M. (2015). El progreso de la investigación en ingeniería de requisitos. *Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería del software*, 5(1), 18-24.

Implementación de un robot móvil seguidor de línea y detector de obstáculos con comunicación Bluetooth

Fecha de recepción: 2 de septiembre de 2016
Fecha de aprobación: 9 de diciembre de 2016
Pp. 99-118

Camilo Mejía Moncayo¹
Universidad EAN
cmejiam@ean.edu.co

Luis Armando Cobo Campo²
Universidad EAN
lacobo@universidadean.edu.co

Hebert Alberto Calderón³
Universidad EAN
hcaldero2890@universidadean.edu.co

DOI:<https://doi.org/10.21158/23823399.v4.n2.2016.1639>

Cómo citar este artículo/ To reference this article/ Comment citer cet article/ Para citar este artigo:
Mejía Moncayo, C.; Cobo, L. y Calderón, H. A. (2016). Implementación de un robot móvil seguidor de línea y detector de obstáculos con comunicación Bluetooth. *Revista Ontare*, 4(2), 99-118. DOI: <https://doi.org/10.21158/23823399.v4.n2.2016.1639>

Resumen

Este artículo presenta el proceso de desarrollo de un prototipo de robot móvil, que cuenta con comunicación Bluetooth y puede operar en dos modos: el primero como seguidor de línea, en el que sigue una trayectoria definida por una línea negra dibujada sobre una superficie blanca. El segundo modo de operación es como detector de obstáculos, en el que se mueve hacia adelante tratando de evitar los obstáculos que se le presentan en el camino. El prototipo final que se obtuvo trabaja correctamente en los dos modos, y sirve de plataforma de desarrollo de vehículos guiados automáticamente.

Palabras clave

Robot móvil, seguidor de línea, detector de obstáculos, Bluetooth, Arduino.

¹ Magister en Ingeniería mecánica de la Universidad Nacional de Colombia. Ingeniero mecánico de la Universidad Nacional de Colombia. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3661-2231>

² Ph.D. en Ingeniería, Universidad de los Andes y en Génie Informatique, École Polytechnique de Montréal. Magister en Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad de los Andes. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3034-101X>.

³ Estudiante del programa de Ingeniería de producción de la Universidad EAN.

Implementation of a mobile robot with Bluetooth communication that can operate as a line follower and an obstacle detector

Abstract

This article presents the development process of a mobile robot prototype, with Bluetooth communication that can operate in two modes: the first one, as a line follower; moving along a path that has been defined by a black line drawn on a white surface. The second mode of operation is as an obstacle detector; in which it moves forward trying to avoid the obstacles that appear on the way. The final prototype that was obtained works correctly in both modes, and serves as a platform for the development of automatically guided vehicles.

Keywords

Mobile robot, line follower, obstacle detector, Bluetooth, Arduino.

Implémentation d'un robot mobile détecteur d'obstacles et de démarcations au sol interagissant par communication Bluetooth

Résumé

Cet article présente le processus de développement d'un prototype de robot mobile disposant de communication Bluetooth et pouvant agir de deux manières: comme suiveur de démarcation au sol utilisant une trajectoire définie par une ligne noire dessinée sur une surface blanche; et comme détecteur d'obstacles, avançant en essayant d'éviter les obstacles se présentant à lui. Le prototype final fonctionne correctement dans les deux modalités et sert de plate-forme de développement de véhicules à guidage automatique.

Mots clefs

Robot mobile, suiveur de démarcations, détecteur d'obstacles, Bluetooth, Arduino.

Implementação de um robô móvel com comunicação Bluetooth seguidor de linha e detector de obstáculos

Resumo

Este artigo apresenta o processo de desenvolvimento de um protótipo de robô móvel, que conta com comunicação Bluetooth e pode operar de dois modos: o primeiro, como seguidor de linha, no qual segue uma trajetória definida por uma linha negra desenhada sobre uma superfície branca; o segundo modo de operação é como detector de obstáculos, no qual se move para adiante tratando de evitar os obstáculos que se apresentam no caminho. O protótipo final que se obteve trabalha corretamente nos dois modos, e serve de plataforma de desenvolvimento de veículos guiados automaticamente.

Palavras-chave

Robô móvel, seguidor de linha, detector de obstáculos, Bluetooth, Arduino.

1. Introducción

A lo largo de la historia el ser humano ha tenido la necesidad de construir máquinas y herramientas para realizar el trabajo más pesado, rutinario, peligroso y preciso. Esto dio origen al desarrollo de los robots para ejecutar estas y otras muchas tareas, buscan evitar la intervención humana. Una de ellas es el desarrollo de sistemas móviles que sigan un recorrido de forma autónoma, guiados por sensores o rutas que han sido cargadas o enviadas mediante un sistema de comunicación. En este contexto se presenta este trabajo, donde se exponen los resultados finales de un proyecto del semillero de robótica de la Universidad EAN, en el que se desarrolló un robot móvil seguidor de línea y detector de obstáculos con comunicación Bluetooth, empleando las plataformas Arduino y Android.

El desarrollo de robots móviles responde a la necesidad de incrementar la autonomía para limitar todo lo posible la intervención humana. La autonomía de un robot móvil se basa en el sistema de navegación automática; en estos sistemas se incluyen tareas de planificación, percepción y control (Baturone, 2005), como las que ejecuta un seguidor de línea, que cuenta con sensores infrarrojos que detectan la línea, y mediante un dispositivo digital de control (en este caso un Arduino) realizan una acción de control establecida en un programa que dirige al robot en una secuencia de órdenes para que este mantenga la trayectoria demarcada. Algunas de las aplicaciones de este tipo de robots las encontramos en instalaciones como un hospital (Jain, Sharma, & Chauhan, 2014) y en aplicaciones de vehículos de altas velocidades (Khafri & Jahanian, 2012). Un punto interesante ha sido la utilización de este tipo de robots con fines didácticos y pedagógicos tanto en escuelas como en universidades.

El artículo de Pakdaman, Sanaatiyan, & Ghahroudi (2010) presenta las experiencias en el diseño y pruebas del robot seguidor de línea llamado TABAR. Entre las conclusiones que podemos observar en este trabajo están las experiencias positivas que implicó para los estudiantes el desarrollo de este proyecto y la satisfacción obtenida por estos en la realización del robot. Otro importante experimento es planteado por los autores Bajestani & Vosoughinia (2010). En tal trabajo, que se trata de un estudio preliminar en la construcción de robots seguidores de línea, se demuestra la gran utilidad que tienen estos robots en la formación de estudiantes, al combinar en un solo experimento el desarrollo de hardware con la construcción de aplicativos útiles para ellos. Otros trabajos que demuestran la utilidad de los robots seguidores de línea en la educación los podemos ver en Su, Lee, Huang, Chuang, & Lin (2010) y Cruz-Álvarez, Hidalgo-Peña y Acosta-Mesa (2012). De igual forma, la detección de obstáculos con sensores ultrasónicos permite ubicar objetos en una ruta empleando ondas sonoras, con lo cual un robot puede definir en tiempo real una ruta que evite una colisión; esta capacidad es muy importante en la vida real y es necesario resaltar que esta tecnología es ampliamente usada en vehículos comerciales para facilitar el parqueo y otras aplicaciones, como la movilidad para invidentes (Egaña, Ceres, Seco, & Pons, 2004).

Por último, la comunicación es un proceso indispensable en cualquier aplicación moderna de robótica, ya que a través de esta es posible monitorear y controlar dispositivos en tiempo real. Una de las tecnologías más comunes es el Bluetooth, que permite generar una red inalámbrica entre dispositivos móviles (Amin, bt Fisal, & Bakar, n.d.), lo cual facilita la interacción entre Smartphones y robots a través de aplicaciones como Bluetooth terminal, empleada en este proyecto.

En este trabajo se presenta el desarrollo de un prototipo de un robot seguidor de línea que fue resultado de un periodo de investigación y consulta, y que tiene como características adicionales la detección de objetos y el control remoto por medio de comunicación Bluetooth

con un teléfono celular. Esto con el fin de dar una visión proyectada al área industrial y no solamente como un prototipo para muestra de ensayo y error.

El artículo a continuación está organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se presentan los detalles de implementación del prototipo de robot, indicando los recursos utilizados para su construcción, así como la metodología empleada para el desarrollo del robot; la sección 3 presenta las diversas pruebas realizadas al prototipo y se especifican los resultados obtenidos; la sección 4 relaciona las conclusiones al trabajo realizado.

2. Implementación del proyecto

Para el desarrollo de este trabajo inicialmente se definieron los objetivos, luego se realizó la planeación de las diferentes fases del proyecto, las cuales se enumeran a continuación y posteriormente se describen de una forma más detallada. El proceso implementado se soportó en la investigación bibliográfica y experimentación para lograr el prototipo final.

Las actividades que se definieron para el desarrollo del proyecto fueron las siguientes:

- Planeación.
- Diseño y construcción mecánica del prototipo.
- Diseño y estructuración del sistema electrónico.
- Desarrollo del código o módulos de programación.
- Ensamble de los diferentes sistemas y componentes del robot.
- Pruebas y resultados.
- Prototipo final.

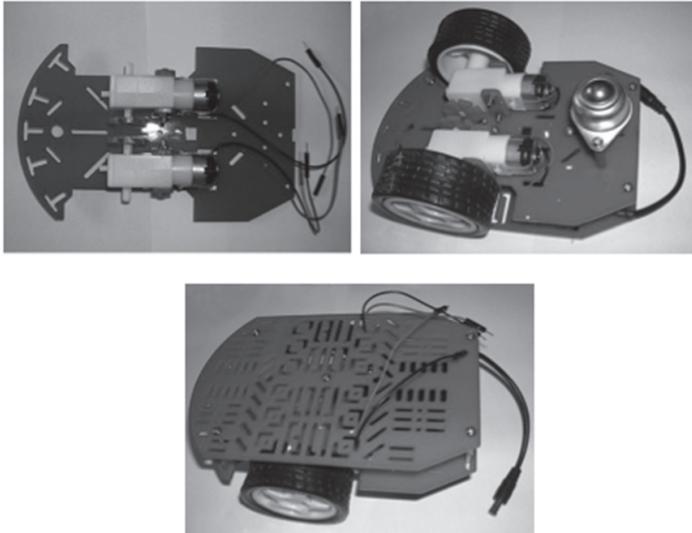
2.1 Diseño y planeación del prototipo

En esta etapa se definieron las características físicas del prototipo, la tipología y las posiciones donde iban a ser ubicados los sensores, actuadores y la lógica general de este. Como parte inicial para el desarrollo de esta etapa se estableció el tipo de robot móvil que se iba a construir. Para este caso se decidió por un robot móvil seguidor de línea, con detección de obstáculos y comunicación Bluetooth. Este consiste básicamente de dos motores con ruedas como tracción y una rueda loca de guía, una base donde va todo el sistema electrónico, los sensores, actuadores y el módulo de comunicación.

2.2 Construcción del prototipo

Una vez determinados los elementos que se iban a utilizar, se inició la construcción del prototipo, es decir específicamente, el ensamble de la estructura mecánica, para lo cual se empleó un Magician Chassis DG007, que consiste en un conjunto de piezas que al ser armadas conforman todo el sistema mecánico del carro, ya que trae dos bases, dos ruedas con motores, separadores, tornillos, tuercas y una rueda loca para su libre desplazamiento (Figura 1).

Figura 1. Ensamble mecánico final y muestra del montaje con la protoboard y el circuito.



Fuente. Elaboración propia.

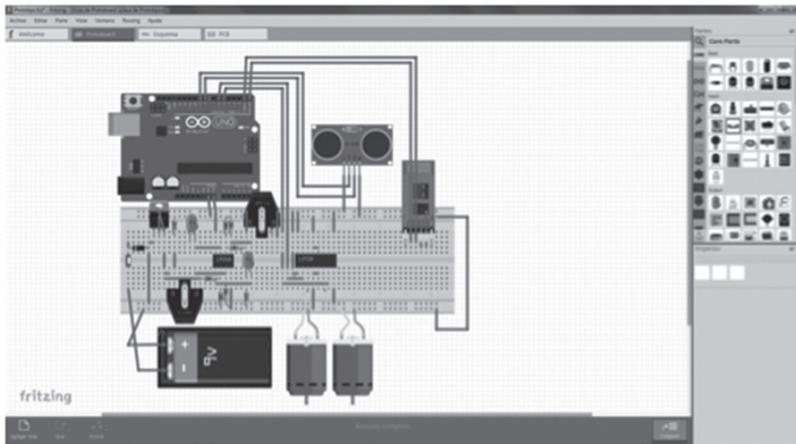
2.3 Diseño y estructuración del sistema electrónico

Para el desarrollo de esta etapa se realizó el diseño y simulación del circuito electrónico empleando Fritzing y Proteus (Monk, 2015), tal como se puede apreciar en las figuras 2 y 3. Mediante las simulaciones fue posible establecer la potencia consumida por los motores, el amplificador operacional, los sensores, la placa Arduino, el módulo Bluetooth y los demás componentes. A continuación, se realiza una descripción general de los principales componentes del sistema:

Fuente de alimentación: el circuito inicia con la fuente de alimentación (batería 9V), la que energiza todo el sistema; luego de esto pasa por un interruptor de codillo de dos posiciones, que funciona como encendido/apagado de todo el sistema electrónico, posteriormente la fase positiva pasa a un diodo 1N4004 rectificador y luego se ramifica en dos partes: una se dirige al pin 8 (Vs) del driver L293D para

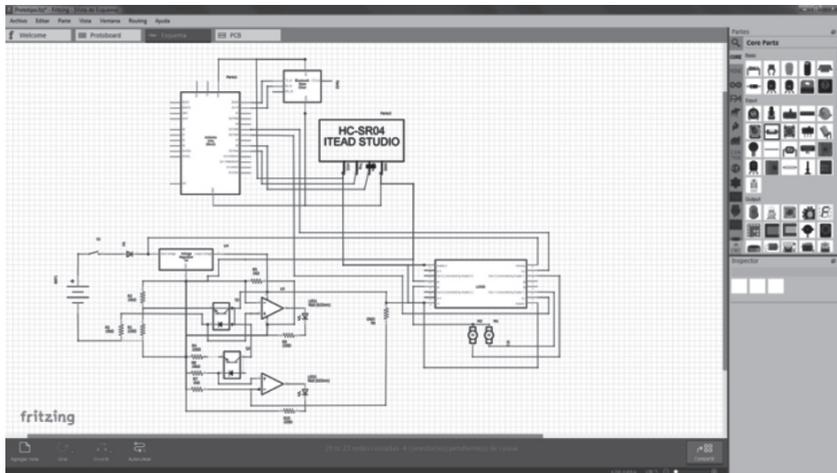
energizar los motores, y la segunda va al regulador 7805 para reducir los 9V de entrada a 5V. Una vez definidas las líneas de 5V y tierra, culmina la etapa de alimentación y potencia.

Figura 2. Circuito electrónico con componentes físicos elaborado en Fritzing.



Fuente. Elaboración propia.

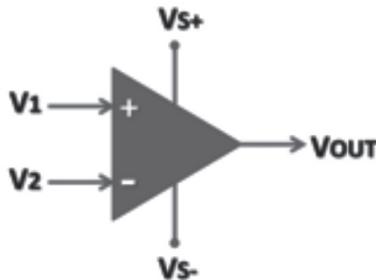
Figura 3. Circuito electrónico con simbología para interpretación en Fritzing.



Fuente. Elaboración propia.

Sensores infrarrojos: la señal de salida de los sensores QRD-1114 se obtuvo y gestionó utilizando un amplificador operacional (AO) de referencia LM 358, donde fue configurado como comparador (figura 4), es decir, que se ingresan dos voltajes: uno en cada una de las entradas del AO y se comparan. Cuando V_1 es mayor que V_2 , la salida en V_{out} es V_{s+} , pero si V_1 es menor que V_2 la salida en V_{out} será V_{s-} . Por lo tanto, se dejó un voltaje V_1 como la salida que emite el sensor por la terminal del cátodo (voltaje variable), y el voltaje V_2 quedó como el resultante que proviene de estar en medio de dos resistencias: una de $10K\Omega$ y otra de $1K\Omega$ (voltaje de referencia), de esta manera se garantizará que su salida lógica sea de un $0V$ o $5V$ y pueda así ingresar sin problemas al Arduino. Es importante aclarar que el sensor QRD-1114 es un fototransistor, donde una parte emite y la otra la recibe el reflejo de la luz emitida, que posee cuatro terminales: ánodo, cátodo, colector y emisor.

Figura 4. Amplificador operacional comparador.

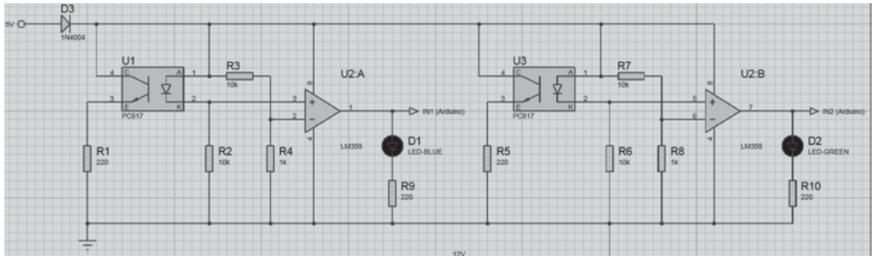


Fuente. Elaboración propia.

Sensores ultrasónicos: posteriormente se realizó la conexión de los sensores ultrasónicos HC-SR04 a la placa Arduino, los cuales permiten detectar obstáculos mediante un emisor (altavoz) que envía una señal sonora, que luego el receptor (micrófono) recibe; el tiempo que transcurre entre la señal emitida y la recibida es proporcional a la distancia del objeto al sensor (Figura 5).

Módulo Bluetooth HC-06: este módulo se conecta a los pines RX y Tx del Arduino, para permitir la comunicación inalámbrica.

Figura 5. Esquemático de los sensores infrarrojos con amplificador operacional.

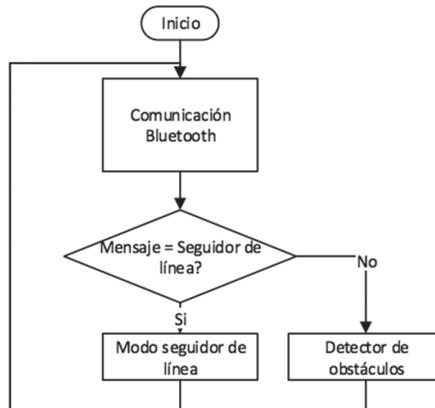


Fuente. Elaboración propia.

2.4 Programación de la placa Arduino

Dadas las tres tareas que debía cumplir el robot: seguir una línea, detectar obstáculos y establecer comunicación Bluetooth, se desarrolló la programación del robot en Arduino IDE, con una estructura modular, con funciones que trabajan dependiendo del modo seleccionado por el usuario. Bajo esta lógica se estructuró el programa principal que se presenta en la figura 6 en diagrama de flujo, en términos generales este inicia con el proceso de comunicación con el módulo Bluetooth a través del cual se le puede definir al robot si debe trabajar en modo seguidor de línea o detector de obstáculos. Esta verificación se realiza todo el tiempo y permite al usuario cambiar de modo de operación cuando lo desee, para lo que solo debe comunicarse con el robot mediante la aplicación Bluetooth terminal y enviar la letra que identifica el modo de operación. A continuación, se exponen los procesos que realiza el programa principal (Figura 6).

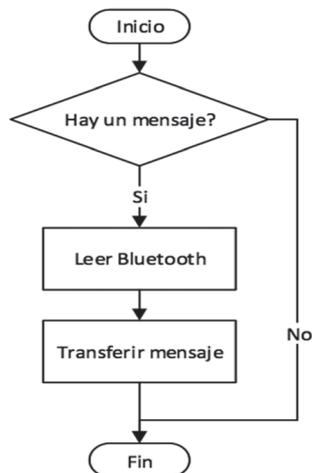
Figura 6. Diagrama programa principal



Fuente. Elaboración propia.

El proceso de comunicación Bluetooth verifica si fue enviado un mensaje, si la respuesta es afirmativa realiza la lectura del mensaje y lo transfiere al programa principal para que se seleccione el modo de trabajo del robot (Figura 7).

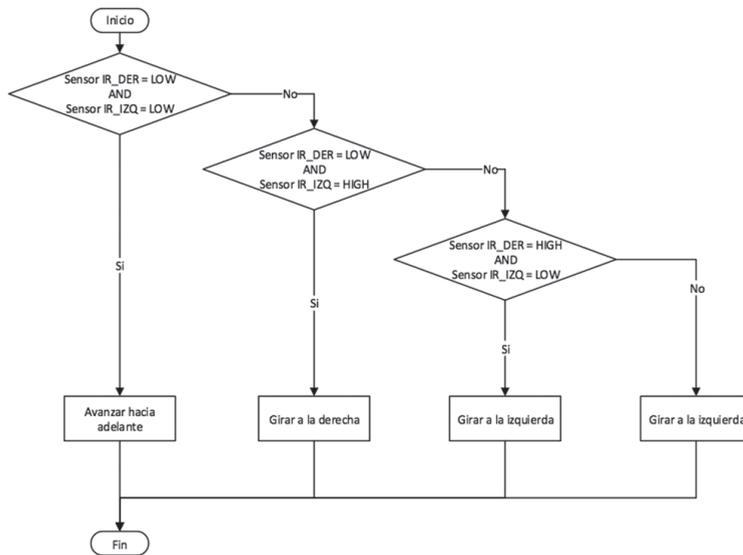
Figura 7. Comunicación Bluetooth.



Fuente. Elaboración propia.

Si el modo seleccionado es seguidor de línea, el robot verifica los estados de los dos sensores infrarrojos (derecho e izquierdo), y a partir de las posibles combinaciones de estados de estos realiza sus movimientos, como se presenta en la figura 8. La primera alternativa corresponde a la situación en la que los dos sensores detecten la línea negra, en este caso el robot se mueve hacia adelante, si el robot solo detecta la línea con uno de los sensores, corrige la dirección girando en el sentido del sensor que está detectando la línea para alinearse y continuar siguiendo la línea, en caso de que el sensor no detecte la línea con ninguno de los sensores, el robot gira hasta que localice la línea.

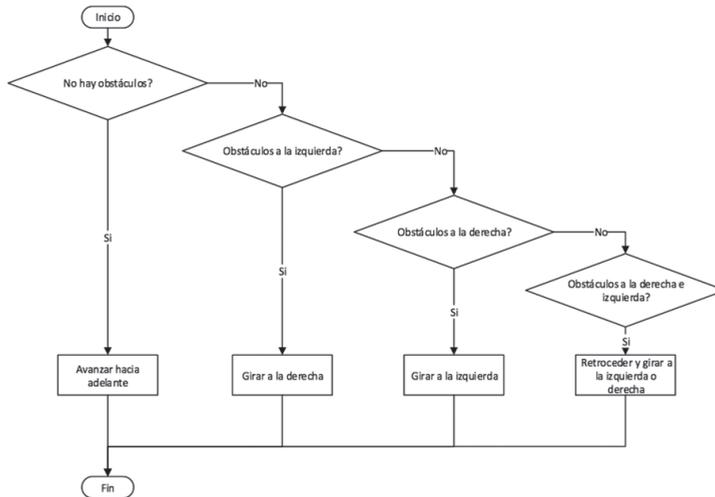
Figura 8. Modo seguidor de línea.



Fuente. Elaboración propia.

Si el robot está en el modo de detector de obstáculos, avanza hacia adelante hasta que localiza uno de los sensores ubicados a la derecha o a la izquierda, la rutina que realiza se fundamenta en girar en sentido opuesto al obstáculo, hasta lograr una trayectoria libre de estos, el proceso realizado se presenta en la figura 9.

Figura 9. Modo detector de obstáculos.



Fuente. Elaboración propia.

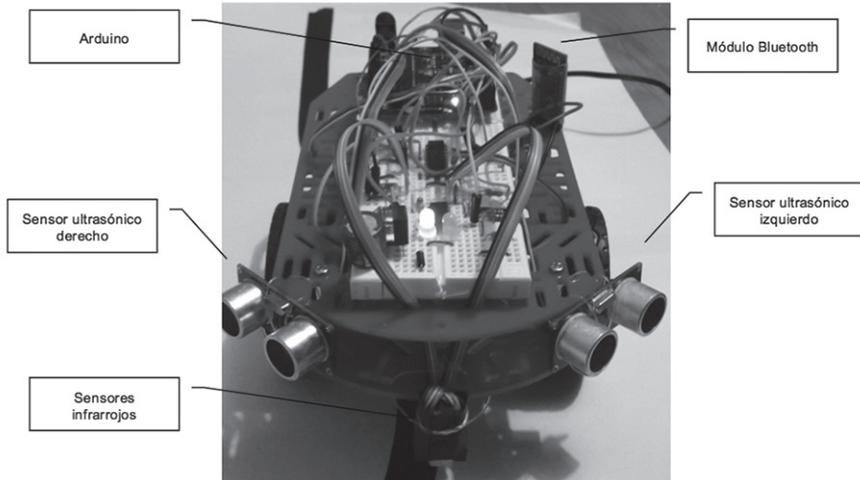
2.5 Ensamblaje final de los diferentes sistemas y componentes del robot

En esta etapa se monta cada uno de los componentes al chasis para obtener el ensamble final de robot. El orden del ensamble fue el siguiente:

- Ensamble de los componentes electrónicos, lo cual implicó realizar las conexiones de los sensores y actuadores al Arduino.
- Montaje en el chasis de los circuitos y Arduino al chasis del robot.

Por último, se realizaron los últimos ajustes y puesta a punto de todos los componentes para proceder con las pruebas del prototipo construido (Figura 10).

Figura 10. Ensamblaje final de los sistemas y componentes del robot.



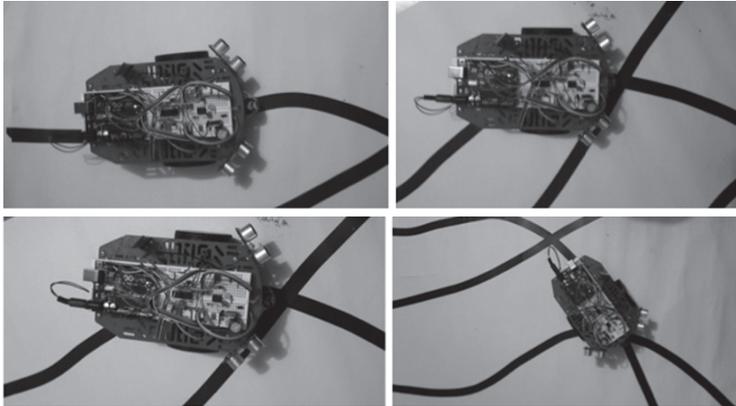
Fuente. Elaboración propia.

3. Pruebas y resultados

Una vez terminado el ensamble de todos los sistemas se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento. Estas incluyeron la verificación individual de las funciones de comunicación Bluetooth, modo seguidor de línea y detector de obstáculos, para finalizar con una prueba simultánea de todas las funciones.

Primero se realizó la comunicación vía Bluetooth entre el celular y el Arduino por medio de la aplicación móvil Bluetooth Terminal, luego se envió la letra H, que activa el modo seguidor de línea, donde se verificó que el carro siguiera una ruta establecida sin que llegara a presentarse una interrupción del movimiento (figura 11). Cabe tener en cuenta que la distancia de lectura realizada por los sensores infrarrojos es variable, por lo que fue necesario efectuar su calibración para evitar problemas durante la puesta en marcha.

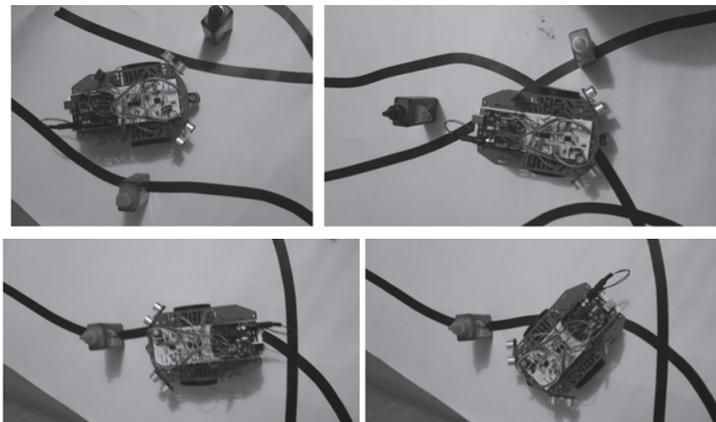
Figura 11. Pruebas de funcionamiento del modo seguidor de línea.



Fuente. Elaboración propia.

Después de haber verificado el funcionamiento del robot móvil como seguidor de línea, se continuó con la revisión y puesta en marcha del modo detector de obstáculos, el cual se activa al enviar al robot la letra G; como evidencia de esto se observó que el robot cambiaba de ruta cada vez que encontraba un objeto durante su recorrido, siguiendo las instrucciones definidas en el programa (Figura 12).

Figura 12. Pruebas de funcionamiento del modo detector de obstáculos.

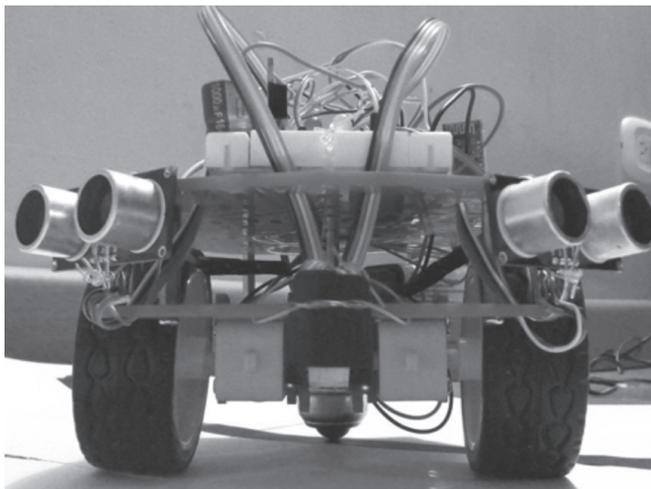


Fuente. Elaboración propia.

3.1 Prototipo final

El prototipo obtenido después de finalizar las pruebas y la puesta a punto de los sistemas se presenta en la figura 13.

Figura 13. Prototipo final.



Fuente. Elaboración propia.

4. Conclusiones

El resultado principal del prototipo desarrollado en este trabajo fue lograr una herramienta que funciona de forma satisfactoria y sirve para la introducción de los estudiantes en la implementación de vehículos guiados automáticamente.

Otro de los aportes de este trabajo es establecer una arquitectura a partir de la cual se pueden implementar sistemas de distribución de tipo didáctico, que integrados con manipuladores y sistemas de almacenamiento permiten lograr el desarrollo de un sistema logístico automático.

Se identificó que uno de los principales inconvenientes del diseño actual del robot móvil tiene que ver con el gasto excesivo de la batería al utilizarse de forma permanente el módulo Bluetooth conectado a la placa Arduino. Este módulo tiene un consumo superior de energía al esperado. En futuras versiones del proyecto realizaremos investigaciones sobre las maneras eficientes de acoplar estos módulos de comunicación inalámbrica al robot, que permitan un consumo adecuado de la batería utilizando esquemas; por ejemplo, de dormir el dispositivo y despertarlo solo cuando sea necesario.

Finalmente, la metodología implementada demostró ser exitosa y los resultados obtenidos de este prototipo sirven como semilla para nuevos proyectos a los que se les pueden integrar funciones adicionales a las aplicadas en este prototipo.

5. Referencias

- Che Fai, Y.; Amin, S. H.; Faisal, N. & Bakar, J. A. (2002). *Bluetooth enabled mobile robot in 2002*. IEEE International Conference on Industrial Technology, IEEE, 2, pp. 903–908.. <http://doi.org/10.1109/ICIT.2002.1189288>
- Bajestani, S., & Vosoughinia, A. (2010). *Technical report of building a line follower robot*. International Conference On Electronics and Information Engineering (ICEIE), Kyoto: IEEE.
- Baturone, A. O. (2005). *Robótica: manipuladores y robots móviles*. Marcombo. Recuperado de <https://books.google.com/books?id=TtMfuy6FNCcC&pgis=1>
- Cruz-Álvarez, V. R., Hidalgo-Peña, E., & Acosta-Mesa, H.-G. (2012). A line follower robot implementation using Lego's Mindstorms Kit and Q-Learning. *Acta Universitaria*, 22, 113–118. Recuperado de <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=41623190016>
- Egaña, A., Ceres, R., Seco, F., & Pons, J. L. (2004). *Detección ultrasónica de obstáculos por medida diferencial para la movilidad de invidentes*. XXV Jornadas de Automática Ciudad Real, 7.
- Jain, T., Sharma, R., & Chauhan, S. (2014, December 1). Applications of Line Follower Robot in Medical Field. *International Journal of Research*. Recuperado de <http://internationaljournalofresearch.org/index.php/ijr/article/view/1133>
- Khafri, Y. Z., & Jahanian, A. (2012). Improved Line Tracking System for Autonomous Navigation of High-Speed Vehicle, *IAES*, 1(3), 163–174. <http://dx.doi.org/10.11591/ijra.v1i3.766>

- Monk, Simon (2015). *Fritzing for Inventors: Take Your Electronics Project from Prototype to Product*. McGraw-Hill Education
- Pakdaman, M., Sanaatiyan, M. M., & Ghahroudi, M. R. (2010). *A line follower robot from design to implementation: Technical issues and problems*. The 2nd International Conference on Computer and Automation Engineering. Singapore: IEEE. (ICCAE), 5-9.
- Su, J. H., Lee, C. S., Huang, H. H., Chuang, S. H., & Lin, C. Y. (2010). An intelligent line-following robot project for introductory robot courses. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 8(4), 455–461.

PAUTAS PARA PUBLICAR

EN LA REVISTA
ONTARE

1. Presentación

La Revista Ontare (ISSN 2382-3399), es una publicación semestral de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad EAN, comprometida con la difusión de la producción académica e investigativa, en el área de las ingenierías.

Su público objetivo son los profesionales, académicos, investigadores y estudiantes, que buscan actualizarse en contenidos relacionados con los ejes temáticos que aborda la publicación.

2. Pautas para presentación de artículos

2.1 Tipología

Los artículos que sean enviados a la Revista ONTARE, deben estar dentro de una de las siguientes categorías¹:

Tipo de artículo	Descripción
Artículos de investigación científica y tecnológica	Documento que evidencia resultados originales de un proyecto de investigación concluido. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.
Artículo de reflexión	Documento que evidencia resultados de un proyecto de investigación concluido, bajo una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor sobre un tema puntual.
Artículo de revisión	Documento resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias.
Artículo corto	Documento breve en el que se evidencian resultados originales, bien sean preliminares o parciales de una investigación científica o tecnológica.
Revisión de tema	Es un documento de revisión crítica de la literatura, sobre un tema puntual.
Reporte de caso	Documento que presenta los resultados de un estudio sobre una situación puntual, para dar a conocer las experiencias técnicas y metodológicas consideradas en un caso específico. Debe incluir una revisión de literatura sobre casos análogos

¹ La tipología de artículos aquí presentada, se tomó de las especificaciones presentadas por Colciencias –Publindex–.

2.2 Estructura general de los artículos.

Los datos indispensables que debe incluir todo artículo postulado son:

- Nombre(s) completo(s) del autor(es).
- Filiación institucional actual.
- Correo electrónico –preferiblemente institucional o empresarial–.
- Breve biografía académica.

Además de ello se sugiere que el artículo se estructure de la siguiente manera:

- Título. Debe ser conciso para que describa el contenido del artículo en forma clara y precisa, de tal forma que el lector identifique el tema fácilmente.
- Resumen. Debe ser en español y no debe superar las 160 palabras. Se trata de una síntesis del objeto de estudio, los objetivos, la metodología y las conclusiones.
- Palabras clave. Deben oscilar entre los cinco y diez ítems. Deben ser remitidas en español.
- Cuerpo del artículo. Como elementos fundamentales debe contener: introducción, metodología, desarrollo del contenido, conclusiones y referencias bibliográficas.

2.3 Formato de presentación de los artículos.

- Formato: carta (21.5 cm x 27.9 cm)
- Márgenes: Sup. 2cm. Inf. 2cm. Izdo. 2cm. Dcho. 2cm
- Fuente: Arial
- Tamaño de fuente: 12 puntos
- Interlineado: 1.5
- Procesador: Word
- Extensión del artículo: entre 17 y 25 páginas.

2.4 Otros aspectos a tener en cuenta.

- Normas de citación:
La Revista emplea una adaptación de la American Psychology Association (APA) como norma en lo referente a estilo, citación, referenciación y presentación de figuras y tablas. Se sugiere utilizar como guía específica el Manual de citación y referenciación de la universidad EAN, disponible en <http://editorial.universidadean.edu.co/>
- Títulos y subtítulos:
Deben ir numerados con el sistema decimal (1, 2, 3, 3.1, 3.2, 3.2.1, etc.). No deben ir con mayúscula sostenida, solo con mayúscula inicial.
- Figuras y tablas:
Tanto las fotografías como las imágenes y tablas deben tener numeración consecutiva, título y su respectiva fuente. Estos, además de presentarse en el cuerpo del texto, deben enviarse en un archivo adicional en el formato de origen en el que fueron creados. La resolución debe ser de 300dpi.
- Referencias:
Se ubican al final del documento y deben organizarse por orden alfabético. Todos los textos, contenidos referenciados y autores que se mencionen en el cuerpo del texto deben registrarse en las referencias y viceversa.

3. Sobre los derechos de autor.

- Los artículos postulados no podrán tener ningún compromiso editorial de publicación, ni deben encontrarse en proceso de evaluación simultáneo por parte de otra publicación o entidad.
- En el caso de usar fotografía y/o imágenes, se deben enviar los respectivos permisos de uso y publicación de las mismas.
- El autor o autores, deberán autorizar la publicación de su texto a través del diligenciamiento y firma del formato de «Autorización de la publicación a favor de la Universidad EAN».

- Los artículos publicados en la Revista, podrán ser reproducidos con fines académicos, citando la fuente y el autor. El contenido de la Revista está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.
- En cualquier caso, el Comité Científico y Editorial de la Revista entiende y declara que las opiniones expuestas por los autores, son de su exclusividad y responsabilidad.

4. Proceso de evaluación

Los artículos postulados a la Revista ONTARE son sometidos a un completo proceso de evaluación, que tiene como criterios generales de selección la pertinencia temática, la calidad científica, la originalidad, la claridad en la argumentación y el cumplimiento de los parámetros de presentación de artículos establecidos por la Revista, con el fin de garantizar la calidad y el rigor científico de la publicación; a continuación, describimos con detalle dicho proceso:

Una vez definidos tanto los ejes temáticos de las ediciones del año, como la proyección del calendario editorial por parte del Comité Editorial de la Revista, se procede a lanzar las respectivas convocatorias, de alcance nacional e internacional, para recepción de artículos.

Tras el cierre de la convocatoria, el Comité Editorial se reúne para realizar el proceso de verificación de requisitos iniciales de los artículos, con relación a su tipología, el cumplimiento de las pautas de presentación de artículos de la revista y el foco temático del mismo.

Luego de este primer filtro de evaluación se realiza la respectiva notificación a la totalidad de los autores y aquellos textos que han superado esta primera etapa pasan a la fase de revisión y evaluación en modalidad doble ciego, por parte de pares externos.

La selección de los pares externos se realiza en función de su conocimiento y experticia con respecto a la temática del texto a evaluar. Dicha búsqueda se realiza a través de la base de datos de colaboradores externos de la publicación –que se encuentra en constante actualización– y la base de datos de árbitros de Colciencias.

La evaluación se realiza mediante el formato establecido por la Revista, que se envía a los pares junto al texto, las indicaciones generales de diligenciamiento y la notificación de los plazos establecidos para realizar la respectiva revisión y evaluación.

Los dos ejes alrededor de los cuales se articula la evaluación son la estructura formal y la calidad del contenido, los cuales se dividen a su vez en una serie de elementos que se califican de forma numérica –de 1 a 5, siendo 1 el menor valor y 5 el mayor–, y que en su suma final arrojan un puntaje que determina la valoración y el concepto frente a la publicación del artículo de la siguiente manera:

CALIFICACIÓN	VALORACIÓN	CONCEPTO
100 - 90	Excelente	Publicable y no requiere ajustes
89 - 80	Muy bueno	Publicable con ajustes mínimos
79 - 70	Bueno	Publicable con ajustes nivel medio
69 - 60	Aceptable	Publicable con ajustes significativos
59 - 0	No aceptable	No es publicable.

De acuerdo al concepto emitido por el par se procede a realizar la notificación a cada autor, la retroalimentación de las observaciones y sugerencias emitidas mediante la evaluación y la solicitud de ajustes, si se requiere. En este último caso, se determina un plazo específico de entrega y posteriormente se realiza un proceso de verificación de dichos ajustes, a cargo del par evaluador.

5. Sobre plagio y autoplagio

Se considera plagio la copia textual o parcial de ideas ajenas que se presentan como propias. Por lo tanto, se entiende como apropiación intelectual indebida; es una práctica proscrita por la ley, reprochada y repudiada por la sociedad.

Por lo anterior, cada autor, en sus escritos, debe respetar el derecho que surge sobre ideas, criterios e incluso figuras, tablas, y en general, todo tipo de obras que se tomen de otros autores; es decir, debe darles su respectivo crédito.

En cuanto al autoplagio, se trata de las publicaciones anteriores elaboradas por autores, que a su vez, consideran que pueden utilizar información de estos materiales sin indicar que, primero, ya fueron publicados, y segundo, que es de su autoría. Esta práctica, desde cualquier punto de vista ético, es inapropiado y rechazado en el marco de la escritura científica.

Los artículos que incurran en cualquiera de estas dos situaciones –plagio o autoplagio–, no serán considerados, bajo ninguna circunstancia, para surtir el proceso de publicación en la Revista ONTARE. Dado el caso se realizará la respectiva notificación de rechazo, haciendo explícito el motivo.

La Revista ONTARE utiliza el software Safe Assign para la verificación de plagio y autoplagio en sus artículos.

Información y contacto

Para mayor información comunicarse a: revistas@universidadean.edu.co

Para remisión de artículos: <http://journal.ean.edu.co/>

Código de ética y buenas prácticas editoriales

La Universidad EAN propende por estimular las buenas prácticas editoriales desde la perspectiva de la Institución, los autores y los lectores. Igualmente, vela por el respeto al derecho de autor propio y ajeno. En este sentido, los autores deben garantizar que los datos y resultados presentados son originales, tienen la potestad para su divulgación, no han sido copiados, manipulados y/o distorsionados.

En concordancia con los lineamientos del Comité de Ética en la Publicación (COPE), y teniendo como referentes su Código de conducta y mejores prácticas para editores (2011), su Código de directrices éticas para pares revisores (2013) y su Guía de estándares internacionales para autores (2010), la Revista Ontare formula las siguientes directrices de buenas prácticas:

Buenas prácticas relacionadas con la editorial

- Proteger la propiedad intelectual y derechos de autor.
- Eliminar prácticas que puedan ir en detrimento del derecho de autor propio y ajeno.
- Eliminar prácticas que atenten contra la ética y las buenas costumbres.
- Mantener independencia editorial.
- Mantener su compromiso con el mejoramiento continuo de la revista.
- Cuidar la integridad de la producción científica que se publica en la revista.
- Publicar correcciones, aclaraciones, retractaciones y disculpas, en los casos en que sea necesario y con la oportunidad debida.
- Velar porque el proceso de evaluación de artículos sea transparente y riguroso.

- Cumplir la decisión de aceptación o rechazo de un artículo para su publicación.
- Explicitar las condiciones de acceso a la revista y de las posibilidades de uso de los diferentes artículos en el marco del derecho de autor.

Buenas prácticas relacionadas con los autores

- Respetar el derecho de autor, evitando el plagio e incorporando las referencias bibliográficas de la totalidad de los documentos utilizados para la construcción del artículo, en el mismo.
- Respetar el orden de la autoría aceptado por el grupo de autores.
- Evitar prácticas de autoplagio.
- Garantizar la originalidad de los resultados que se presentan en el artículo.
- Hacer explícito en el artículo las consideraciones éticas que se tuvieron en cuenta en la investigación, cuando la misma así lo requiera.
- Asumir la responsabilidad de sus propios planteamientos y de la información que presenta.
- Garantizar que el documento que se somete a consideración de su publicación es inédito.
- Respetar la confidencialidad sobre personas y organizaciones cuando así se ha acordado.
- Obtener las autorizaciones que se requieran de las personas o entidades involucradas en la investigación, en sus datos, fotografías, etc.

Buenas prácticas relacionadas con los pares evaluadores

- Comunicar al editor cuando exista conflicto de intereses.
- Realizar una evaluación seria y fundamentada en el rigor científico, originalidad y pertinencia de la información.
- Seguir el protocolo de evaluación entregado por el editor.
- Mantener la confidencialidad del proceso de evaluación que realice.

Buenas prácticas relacionadas con los lectores

- Estimular a los lectores para que respeten el derecho de autor.
- Explicitar la forma en que se pueden utilizar los diferentes artículos, así como la forma correcta de citarlos.
- Estimular a los lectores para que manifiesten sus discrepancias con el contenido o para que comuniquen los errores que puedan encontrar.
- Estimular en los lectores una actitud crítica frente a la revista, sus contenidos y procedimientos.
- Buenas prácticas derivadas de los derechos de Propiedad Intelectual.
- Cuidar que en todo momento se realice el reconocimiento de los derechos morales de los autores y de la manera correcta.
- Entregar a la editorial la autorización de la publicación conforme al protocolo establecido.
- Cuidar la integridad de la información en el proceso de publicación.
- Hacer uso de la información de acuerdo con lo establecido por la editorial, y la autorización, entregada por el autor.

ÁRBITROS 2016

REVISTA ONTARE

- **Ana Elsa Vargas Espinosa**
Universidad Militar Nueva Granada
- **Baudilio Acevedo Buitrago**
Universidad Libre de Colombia
- **Carlos Alberto Cubillos Leal**
Universidad EAN
- **Claudia Liliana Hernández García**
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
- **Félix Orlando Amaya Cocunubo**
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
- **Fernando Salazar Arrieta**
Pontificia Universidad Javeriana
- **Flor Nancy Díaz**
Universidad Católica de Colombia
- **Germán Eduardo Giraldo González**
Escuela colombiana de Ingeniería
- **Gustavo Andrés Campos Avendaño**
Fundación Universitaria Konrad Lorenz
- **Henderson Iván Quintero Pérez**
Universidad Industrial de Santander
- **Iván Mura**
Universidad de los Andes
- **Jairo Ballesteros Grisales**
Universidad EAN
- **Jorge Eliécer Camargo Mendoza**
Universidad Antonio Nariño
- **José Félix Vega Stavro**
Universidad Nacional de Colombia
- **Juan Carlos Cuellar Quiñones**
Universidad Icesi
- **Lilia Carolina Rojas Pérez**
Universidad Nacional de Colombia
- **Luis Carlos Torres Soler**
Universidad Cooperativa de Colombia
- **Luz Maribel Guevara**
Universidad EAN
- **Melvin Aroldo Durán Rincón**
Universidad Tecnológica de Pereira
- **Oscar Alejandro Vásquez**
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
- **Ramiro Prieto Parra**
Universidad Nacional de Colombia
- **Ricardo Llamosa**
Universidad Industrial de Santander
- **Wilson Forero**
Universidad Antonio Nariño

