

Hacia la Creación de un Simulador como Innovación para Abordar la Complejidad

Ricardo Fernando Rosales Cisneros

ricardorosales@uabc.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-0266-2951>

Universidad Autónoma de Baja California

Ismael Plascencia López

ismael@uabc.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2860-1417>

Universidad Autónoma de Baja California

Margarita Ramírez Ramírez

maguiram@uabc.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-4252-4289>

Universidad Autónoma de Baja California

Recepción: 28/09/2021

Aceptación: 22/10/2021

Resumen

El presente artículo aborda la importancia de la innovación para crear herramientas que ayuden a la solución de problemas complejos. En este se destaca como herramienta innovadora, la creación de un simulador que permita la abstracción de contextos con alta incertidumbre con el fin de simplificarlos y poder tener, un mejor tratamiento para disminuir su complejidad. Para esto se realiza una justificación del desarrollo del simulador. Así mismo, se describe la metodología empleada en cada una de las fases del desarrollo. Se destaca la aportación del simulador como innovación repercutiendo en tener un juicio más plausible y explícito para analizar y evaluar la importancia de la simulación para la comprensión de la complejidad, por último, se discute y concluye abordando el trabajo futuro.

Abstract

This article addresses the importance of innovation to create tools that help solve complex problems. In this, creating a simulator that allows the abstraction of contexts with high uncertainty to simplify them and be able to have a better treatment to reduce their complexity stands out as an innovative tool. For this, a justification of the development of the simulator is made. Likewise, the methodology used in each of the development phases is described. The contribution of the simulator as innovation is highlighted, having an impact on having a more reasonable and explicit judgment to analyze and evaluate the importance of simulation for the compression of complexity. Finally, it is discussed and concluded by addressing future work.

Palabras Clave: Innovación; Simulador; Complejidad

Keywords: Innovation; Simulator; Complexity

Introducción

Hoy en día en mundo globalizado y complejo, la seguridad alimentaria, cambio climático, educación, investigación, salud, pandemia, economía y pobreza entre otros, son temas en donde la innovación juega con papel clave, ya que esta es percibida como un elemento esencial para combatir los retos globales. Actualmente estamos viviendo cambios vertiginosos, hacer las cosas y/o actividades como se hacían antes, ya no funciona en la actualidad y esto no puede ser tan productivo como se espera, para estar al ritmo de esta aceleración debemos de innovar y crear constantemente, con el fin de abordar la incertidumbre emergente en este contexto complejo y caótico en el que vivimos.

El innovar permite obtener ventajas competitivas en base a las demandas del mercado, el innovar es utilizar el conocimiento (Wadwa, 2014). Es importante, tener en cuenta que innovación no solo se usa en sectores tecnológicos o industrializados, sino también está presente en la organización (forma en que trabaja, manejo y reclutamiento, trabajo en equipo, horarios, etc.), en productos y/o servicios como buscar opuestos, en la búsqueda de convertir algo negativo en algo positivo, permite convertir servicios en productos o viceversa, se puede hacer innovación basado en lo existente, en diferenciación y especialización, en cambios o mejoras en la forma de usar/consumir, innovación en el mercado, en la imagen, innovación educativa por mencionar algunos. La innovación puede estar presente en todos lados en cualquier ciencia o actividad ya que se debe de tener un progreso para el bien del usuario, del consumidor, empresa, organización con el fin de regenerar cualquier cosa (Goldsmith, 2012).

La innovación es una idea, objeto y/o practica que esta es percibida como nuevo, novedoso o como una unidad adopción. Esto implica que la percepción de la innovación puede o no ser objetivamente nueva (Pocket, 2013).

Cuando la innovación está presente es importante gestionar la misma, por ejemplo, la gestión tecnológica que es el conjunto de técnicas que permite la identificación del potencial y los problemas tecnológicos de la empresa y/o organización, se aplica con el fin de elaborar e implementar planes de innovación y mejora continua, a efectos de mejorar su efectividad (Solleiro, 2016).

La gestión de la innovación tecnológica es la organización y dirección de los recursos, humanos como económicos, con el fin de aumentar la creación de nuevos conocimientos; la generación de ideas técnicas que permiten obtener nuevos productos, procesos, y servicios o mejorar los ya existentes, el desarrollo de dichas

ideas en prototipos de trabajo y transferencia a fases de fabricación, desarrollo, distribución y uso (Corre, 2006).

La gestión tecnológica es un aspecto fundamental ya que tiene un impacto directo en las diferentes áreas generadoras de valor. Gestionar adecuadamente implica conocer el mercado, tendencias tecnológicas y la capacidad de los competidores, permite evaluar resultados, conseguir la optimización de los procesos productivos, etc. (Solleiro, 2016).

Esto nos permite analizar y cuestionarnos ¿se puede gestionar la complejidad utilizando la innovación tecnológica?, la investigación propuesta trata de dar respuesta a esta pregunta.

Comprensión de complejidad para realizar innovación

La ciencia de la complejidad estudia las propiedades fundamentales de la retroalimentación-no lineal de las redes, particularmente de redes complejas adaptativas (Stacey, 1996). Los sistemas complejos adaptativos consisten en un numero de componentes o agentes, que interactúan entre ellos acordando un conjunto de reglas que requieren ser examinadas y respondidas en base al comportamiento entre ellos con el fin de para mejorar sus comportamientos, así como los comportamientos del sistema del que son parte (Martínez, 2017). En otras palabras, dichos sistemas operan de manera que constituyen aprendizaje. Este tipo de sistemas opera en ambientes que consisten mayormente otros sistemas de aprendizaje, esto nos conlleva a que juntos conforman y evolucionan un supra sistema en el sentido que crea y aprende su camino en el futuro.

Tales sistemas en red son ubicuos en la naturaleza, no sorprendivos, ya que nosotros también formamos parte de esa naturaleza, la interacción humana también pone en marcha este tipo de sistemas. Por ejemplo, cada uno de nosotros tenemos un cerebro, este es un sistema adaptativo complejo en donde las neuronas son los agentes que interacción bajo un contexto. Pero en este cerebro tenemos una mente con capacidades cognitivas con procesos de conciencia, memoria, percepción, imaginación, pensamiento, etc. Lo que hace que la interacción cerebro-mente un sistema complejo adaptativo donde la mente sea una agente que interactúa con sus agentes internos por medio símbolos. Ahora bien, si contextualizamos al cerebro que es parte de un cuerpo entonces esto nos dice que nos conformamos como parte de un sistema y subsistemas complejo adaptativo en un sentido biológico y mental.

También podríamos ejemplificar que de ello se desprende que todas las organizaciones son tales sistemas. La interacción en las organizaciones es para formar sistemas nacionales económicos, sociales y políticos, los sistemas nacionales interactúan para for-

mar un sistema global, que interactúa con los sistemas naturales para formar una ecología interconectada, que ahora parece estar en un calentamiento global. Todos son sistemas adaptativos complejos, cada uno encaja dentro de otro.

Entonces, ¿cómo la ciencia de la complejidad estudia estos sistemas complejos adaptativos que encontramos en todas partes? ¿qué tenemos que decir acerca de ellos? El método más importante de estudio de tales sistemas es simularlos es decir simular todos sus elementos y contexto de interacción, así como su evolución en las computadoras (Caselles, 2008). Por ejemplo, podemos simular a los miembros de una organización, como agentes cuyo comportamiento está impulsado por un conjunto de reglas para la realización de tareas, la evaluación de su desempeño, y el cambio de las reglas, así como definir reglas que se autocopien de una generación a otra.

Algunas de estas reglas son conscientes y explícitas, mientras que otras, por lo menos en el caso de los humanos, son implícitas e inconscientes. Sin embargo, podemos, mediante la observación de una persona, extraer las regularidades en su comportamiento y luego articular un conjunto de reglas que produzcan tales regularidades esto es, después de todo, lo que los psicólogos y psicoanalistas lo hacen.

El desarrollar un simulador como innovación para abordar la complejidad implica programar un conjunto de reglas de operación e instrucciones, que permitan entender la evaluación de operaciones, cambio de las reglas de operación y evaluación resultado de su desempeño. Tal simulador podría ser bastante realístico y ser considerado como un agente si algunas de sus reglas los obligan a examinar el estado de otros agentes ajustando sus reglas en consecuencia.

El simulador debe permitir que interactúen entre sí los agentes involucrados construyendo una población agente interactivos que evolucionen y aprendan. Por consecuente podríamos simular un sistema complejo adaptativo, con una colección de agente, sensibles al contexto, es decir preparado para la emergencia incertidumbre dentro del sistema.

Por lo tanto, es legítimo utilizar este tipo de simulaciones para tratar de descubrir las propiedades fundamentales de los sistemas complejos adaptativos en todas partes. Así mismo se debe de comprobar si las características humanas tales como la conciencia y la emoción alteran las conclusiones que alcanzamos, un primer caso para comprobar es crear simulaciones dándonos ideas muy importantes.

Justificación del porque simular

La complejidad está presente en distintos escenarios llenos de incertidumbre como la pandemia COVID-19

que estamos viviendo (Diaz, 2020), esta nos obligó al distanciamiento social y a cambiar los comportamientos sociales que comúnmente realizamos. Esto nos indica que debemos de realizar innovación para adaptarnos a estos cambios que marca este contexto. Por lo tanto, la creación de un simulador interactivo que apoye a una sociedad al acceso del conocimiento accedando a servicios y/o información de forma continua e interrumpida y a distancia puede dar respuesta a la necesidad de accesibilidad y disponibilidad. El tener simuladores que permitan crear modelos que proporcionen acceso instantáneo de información, inclusive en situaciones de emergencia, modelos que evolucionen para satisfacer las necesidades de información en base al requerimiento, acciones, comportamiento, rendimiento, son de gran ayuda. Un modelo que soporta una sociedad del conocimiento, debe de tener una gestión integral de la información del entorno (Hargreaves, 2003).

Es importante en la innovación hacer un análisis del estado actual del objeto de estudio, sin embargo, la complejidad del análisis se incrementa cuando este es más profundo y por los elementos involucrados, para esto es necesario utilizar herramientas basadas en computadoras como lo es un simulador que modele computacionalmente procesos, interacciones, reglas, contextos o entornos. La simulación sin embargo tiene en cuenta la aleatoriedad y la interdependencia que caracterizan el comportamiento de su entorno de negocios de la vida real (Pristker, 1989). El uso de la simulación, permite incluir aleatoriedad a través de distribuciones probabilísticas tomadas directamente el objeto de estudio.

En los últimos años la simulación se ha convertido en una de las principales herramientas para la búsqueda de la investigación social debido a su capacidad para explorar y validar los fenómenos sociales (Castañón-Puga, 2008).

La innovación en organizaciones complejas es más que un fenómeno social que un tecnológico destacando la dinámica social de la innovación y la necesidad de espacio de adaptación (Rodríguez, 2006).

En la actualidad el modelado de sistemas sociales realistas no se puede lograr al recurrir a un solo tipo de arquitectura o de práctica. Los sistemas sociales contienen múltiples componentes que están estrechamente relacionados entre sí, lo que presenta múltiples obstáculos en la construcción de modelos de la realidad (Yong-Kui, 2007).

Un sistema social se considera un sistema complejo. Este puede ser visto como sistemas dentro de sistemas. Estos sistemas no se pueden entender mediante la adopción de sus partes de forma independiente (Flores, 2011). Un cambio en una de las partes puede afectar a una o más partes del sistema. La interacción interna y externa es muy importante en la representación de

estos sistemas complejos (Bogart, 2011). Por lo cual la simulación nos ayudara a realizar esta representación.

En las sociedades artificiales, un trabajo interesante y desafiante es el mostrar la interacción entre los individuos, en un proceso donde la personalidad de los actores sale a la luz (Castañón-Puga, 2008), que lo hacen posible, tendrán una mayor probabilidad de sobrevivir a los nuevos cambios del entorno como lo es un proceso de innovación. Es por esto que se propone la creación de un simulador como innovación para abordar la Complejidad independientemente de la organización u empresa.

Metodología

La metodología para el desarrollo del simulador es de suma importancia, para esto la formulación de sus características es una tarea clave la aportación de todos los involucrados, tanto los investigadores como aquellos posibles usuarios. Por tal motivo se realizan varias fases con tareas para que se pueda desarrollar. Para esto es importante que se lleven a cabo tareas como son: depurar, revisar y estudiar la información recopilada respecto a simuladores, tipos, características, etc. Una vez que se tenga esta depuración se empezara a definir las características propias del simulador. Características tales como: operativas (corrección, usabilidad/factibilidad, integridad, fiabilidad, eficiencia, seguridad), transición (interoperabilidad, reutilización, portabilidad) y revisión (capacidad de mantenimiento, flexibilidad, extensibilidad, escalabilidad, capacidad de prueba, modularidad) del desarrollo del simulador. Otra tarea es analizar requerimientos, especificación, funcionalidades, restricciones, identificación de riesgos y estrategia para evitarlos.

Después de esto se necesita ejecutar su desarrollo, siguiendo un modelo de desarrollo de software como lo es la metodología en espiral (Wasson, 2015), por medio del cual se lleva a cabo redefiniciones progresivas que retroalimentan las nuevas fases del ciclo de diseño, implementación y pruebas. Por lo cual, se realizarán primeras versiones del simulador, partiendo de sistemas simples donde en ciclos posteriores se ira refinando para crear un simulador más complejo y acorde a las características adecuadas. Para llevar a cabo este desarrollo se necesita realizar un análisis de riesgos, en primera instancia se deben de realizar una identificación de riesgos. Aquí se identifican todos los posibles riesgos para el desarrollador se hace una clasificación de los mismos desde una baja hasta alta prioridad. Esto permite realizar de forma más detallada un análisis de riesgos, donde se analizan los riesgos potenciales para el proyecto, su origen o causa, impacto, etc.

Después se pasa a una planeación de riesgos. En esta tarea se realiza una estrategia y enfoque detallado

para desempeñar las soluciones de los riesgos potenciales de una manera eficiente y oportuna.

Después en la supervisión de riesgos, se valoran los riesgos previamente identificados con el fin de validar si ha cambiado su efecto o se ha nulificado el riesgo. Después en anulación de riesgos y planes de contingencia, se realiza una estrategia de anulación que nulifica y mitiga algún impacto de la probabilidad de un riesgo que surja. Aquí también se aplican procedimientos elementales (desarrollados tomando en cuenta análisis de riesgo previo) que permiten contralar los riesgos asociados a una contingencia.

Por último, dentro de los riesgos, se hace una valoración de riesgos donde se emite un juicio sobre la tolerancia del riesgo, su causa, impacto, contingencia, etc., sirviendo como retroalimentación a la planeación de riesgos, para evitar o nulificar riesgos futuros.

Una vez que se analizan todos los riesgos se pasa a fase de diseño, pruebas e implementación.

En la fase de diseño, se lleva a cabo el diseño de los elementos base del simulador que posteriormente permiten el desarrollo componentes visuales útiles que permitan simulación de distintos escenarios de procesos interfaces de usuario graficas. Finalmente se desarrolla un prototipo reuniendo todas estas partes con el objetivo de demostrar la consecución de objetivos y requisitos propios del sistema computacional. Por lo tanto a detalle en diseño y desarrollo de elementos base del simulador. Se diseña y desarrolla un conjunto de elementos que permite tener una abstracción de la realidad en un escenario simulado, se realizan diferentes patrones de diseño del modelo.

Por otra parte, se implementa la biblioteca de elementos base. Aquí se desarrolla el modelo en general, se conjuntan interacciones y funcionalidades de los elementos del mismo. Una parte importante también son los componentes visuales. Aquí se diseña y desarrolla diferentes componentes visuales, utilizando patrones de diseño fáciles de utilizar o agregar en diferentes simulaciones ayudando a usuarios en la interacción con el simulador. Una vez que se tiene esto se puede ya desarrollar un prototipo con el fin conjuntar todos los componentes desarrollados. Ya en conjunto se realizan pruebas donde se lleva a cabo una planificación de casos de estudio que ayudan a establecer escenarios de prueba para el desarrollo. Después se diseñan casos de prueba que fueron aplicados a las simulaciones creadas y propuestas. Los resultados son analizados y descritos de manera comparativa considerando otros simuladores, métodos clásicos de análisis y/o herramientas similares.

Ya con las pruebas realizadas se pasa a una fase de evaluación. Donde se simulan distintos escenarios de casos prácticos e hipotéticos, se realiza evaluación y validación de los resultados obtenidos, con el fin de comprender los casos de estudio, el prototipo propor-

cional información sobre la interacción en varios niveles de uso. Particularmente aquí se realiza la evaluación de uso en casos de estudio. En esta tarea se proponen diferentes casos de estudio, sirven para establecer escenarios de evaluación y prueba para cada uno de los componentes desarrollados del simulador.

Por esto es importante un análisis de resultados que se propongan distintos escenarios de evaluación y prueba, validando cada uno de los componentes propuestos. Como vemos la metodología para el desarrollo de este simulador es muy compleja, donde el trabajo en equipo de todos los interesados es de gran importancia para su desarrollo.

Aportación del Simulador como innovación

El aporte de la investigación ayuda a comprender la naturaleza de los sistemas complejos por medio de la simulación. Permite tener una asimilación de la realidad, propone tener una concepción en la forma de innovación desde un pensamiento sistémico respecto a la realidad.

Respecto al valor metodológico que aporta esta investigación nos permite tener un juicio más plausible y explícitos para analizar y evaluar la importancia de la simulación para la comprensión de la complejidad inclusive en contexto con baja, media y alta incertidumbre. Ayudándonos a poder comprender un universo más extenso en estos contextos. Por otra parte, el desarrollar un simulador que esté disponible para cualquier institución, organización, alumnos, profesores, investigadores, les permite potencializar sus capacidades, creando simulaciones que permiten desarrollar escenarios complejos e hipotéticos y otros basados en la realidad, con el fin de ayudar a minimizar costos, tiempos, automatización de procesos, aumento de la productividad, de los elementos involucrados.

Así mismo el crear un simulador ayudara evaluar y entender los contextos complejos internos y externos que aquejan a la organización u empresa. El simulador tendrá una interfaz gráfica intuitiva para que cualquier persona, aunque esta no sea experta en uso de computación podrá crear sus escenarios de simulación adecuados a lo que pretende. También, permitirá comparar entre la teoría y el mundo real, permitirá comunicar claramente las entradas y salidas del sistema y demostrar los resultados y cotejarlos bajo distintos contextos inclusive con otras investigaciones acerca del tema en cuestión.

Desde el punto de vista social la propuesta aporta a la sociedad el desarrollo de modelos con conocimiento de la situación ayudando a la detección de otros tipos de contextos complejos como lo son la seguridad alimentaria, cambio climático, salud, pandemia, economía y pobreza entre otros, con el fin de simular escenarios

en donde se puede tener mejoras positivas ayudándose de la innovación tecnológica, y maximizar como esta juega con papel fundamental para el desarrollo y crecimiento de cualquier tipo de organización inclusive, al crecimiento de economías emergentes, ayudando a aumentar la calidad de vida de la sociedad en general.

Conclusiones y discusión

El simular distintos escenarios o contextos y que de estos se obtengan resultados que permitan repercutir en tomar decisiones adecuadas en pro de la organización esto es una verdadera innovación. Por lo cual tener un simulador como base de conocimiento que permite comprender y abordar mejor la complejidad permitirá a la organización a mejorar los procesos siendo sensible al contexto inclusive en aquellos de alta incertidumbre. Así mismo puede mejorar las competencias de los involucrados respecto a los procesos de gestión de la innovación. Ya que permitirá simular procesos innovadores que podrá ayudar obtener resultados positivos que probablemente jamás se hayan obtenido. En un mundo tan complejo como el actual es necesario de apoyarse de herramientas tecnológicas que permitan soportar la toma de decisiones, el mundo ha cambiado y nosotros debemos de ser adaptativos al mismo.

Cabe destacar, que el desarrollar un simulador que sirva para abordar la complejidad en base a la construcción de conocimiento que apoye a procesos de organizaciones, empresas e instituciones a mejorarlos, esto no habla que exista una innovación incremental y disruptiva, inclusive permitiendo a las organizaciones de ser adaptativas en tiempo real siendo sensibles al contexto donde coexistir y mejoran de manera competitiva y productiva.

Por último, es importante que la investigación propuesta comparta proyecciones estratégicas entre distintas Universidades de prestigio de México ya que promueve la vinculación entre las mismas. Así mismo promueve y crea redes de colaboración con investigadores reconocidos a nivel nacional e internacional. Así como la inclusión de nuevos investigadores al proyecto con la posibilidad de crear nuevos grupos de investigación. Es importante destacar que la complejidad siempre estará presente, pero si nos apoyamos de herramientas tecnológicas e innovadoras como los simuladores esta puede ser mejor abordada y tratada desde distintos escenarios. Los simuladores pueden ayudar a encontrar los resultados óptimos o esperados para después poder replicarlos en el mundo real, minimizando los errores y reforzando la toma de decisiones dando resultados esperados por las organizaciones u empresas repercutiendo en ahorros significativos de tiempo y ahorro.

Agradecimientos

Queremos agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México y a la Universidad Autónoma de Baja California por todo el apoyo otorgado para realizar esta investigación.

Referencias

- Bogart, Y. et al. (2011). Methodology for the Modeling of Complex Social System Using Neuro-Fuzzy and Distributed Agencies. *Cyber Journals: Multidisciplinary Journals in Science and Technology, Journal of Selected Areas in Software Engineering (JSSE)*.
- Caselles, M.A. (2008). Modelación y simulación de sistemas complejos. Publicacions de la Universitat de València.
- Castañón-Puga, M. et al. (2008). Social systems simulation person modeling as systemic constructivist approach. *Soft Computing for Hybrid Intelligent Systems*. 10.1007/978-3-540-70812-4_13.
- Corre, A. and Mischke G (2006). A New Approach to Innovation Management and R&D. Springer Science & Business Media.
- Diaz, R.J.B. (2020). Cuando la ciencia no alcanza: México ante la pandemia del COVID-19. *Horiz. Sanitario, Vol.19 no.2*.
- Flores, D.L et al. (2011). A complex social system simulation using type-2 fuzzy logic and multiagent system. *In MICAI 2011: Advances in Artificial Intelligence* pp 65-75.
- Goldsmith, D. (2012). *Innovation Everywhere. Paid to think*. Editing by Lorrie Goldsmith, BenBella Books.
- Hargreaves, A. (2003). *Teaching in the Knowledge Society: Education in the Age of Insecurity, Professional Learning Series*. Illustrated
- Martínez, L.J. (2017). El conocimiento como sistema adaptativo complejo en las organizaciones de gestión de proyectos. *PMO. Revista Ontare*. 4. 10.21158/23823399.v4.n2.2016.1626.
- Pocket, Mentor (2013). *Executing Innovation: Expert Solutions to Everyday Challenges. Harvard Business School Press*.
- Pristker, A. B. (1989). Why Simulation Works. *Proceeding of the 1989 Winter Simulation Conference Macnair E.A., Musselman P, Hedilberg P, eds*.
- Rodriguez, J.M. (2006). *La dinámica de la innovación tecnológica. Modelo HIPER 666*. Universidad Nacional de Colombia.
- Solleiro, J.L. y Castañón, R. (2016). *Gestión Tecnológica, Conceptos y Practicas*. CamBioTec A.C.
- Stacey, R.D. (1996): *Complexity and creativity in organizations*. San Francisco, CA: Berrett-Koehler Publishers.
- Wadwa, M. (2014). *Technology, Innovation, and Enterprise Transformation. Advances in Business Information Systems and Analytics*. IGI Global.
- Wasson, C.S. (2015). *System Engineering Analysis, Design, and Development: Concepts, Principles, and Practices*. John Wiley & Sons.
- Yong-Kui, Z. Y Yea-Chung D (2007). The simulation of urban growth applying sleuth ca model to the yilan delta in Taiwan. *Jurnal Alam Bina*, Vol. 09 No. 01.