

Una metodología a partir de los sistemas complejos adaptativos para la construcción de redes basada en procesos organizacionales

A methodology from complex adaptive systems to construct networks based on organizational processes

*Carmen Hernández Cansino¹, Gustavo Carreón Vázquez², Alejandra Elizabeth Urbiola Solís³

¹Unidad Multidisciplinaria de Estudios Sobre el Trabajo, UMEST, Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro, México. CP 76140. (442)192 12 52,192 13 12, 192 12 00 Ext. 3240, 3242 y 3243. cansino77@yahoo.com.mx. <https://orcid.org/0000-0003-1403-5231>

²Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, CDMX. México. CP 04510. Tel. 55 56 22 72 50 Ext.42395. gcarreon@unam.mx. <https://orcid.org/0000-0002-6776-4027>

³Facultad de Contaduría y Administración, Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro, Querétaro, México. C.P. 76010. Tel. (442) 192-12-00, ext. 5201, 5202. alejandra.urbiola@uaq.mx. <https://orcid.org/0000-0001-5782-6215>

*Autor de correspondencia

Resumen

Se propone una metodología para construir redes a partir de procesos organizacionales (metodología Repro), con el propósito de obtener una herramienta que permita conocer, analizar y fortalecer la estructura interna en organizaciones de cualquier tipo (privadas, públicas, educativas, de salud, entre otras), para identificar las vulnerabilidades de las estructuras formales que interoperan entre sí, además de posibles riesgos de procesos producidos por la dinámica de sus interacciones. El estudio de caso se llevó a cabo en una organización privada del sector asegurador, en seis de sus áreas, a través de las cuatro fases de la metodología, que son descripción del objeto de estudio, selección de la muestra de información, descripción del flujo de los procedimientos, así como la construcción de los caminos de la red y la construcción de la red con la plataforma de *software* de código abierto Cytoscape.

Palabras clave: Sistemas complejos adaptativos; redes complejas; organizaciones; procesos organizacionales; propiedades emergentes.

Abstract

A methodology to build networks from organizational processes (Repro methodology) is proposed, aiming to obtain a tool that allows to know, analyze, and strengthen the internal structure of organizations of any type (private, public, educational, health, among others) to identify the vulnerabilities of the formal structures that interoperate with each other, as well as possible risks of processes produced by the dynamics of their interactions. The case study was applied in a private organization of the insurance sector, in six of its areas, through the four phases of the methodology, which are: description of the object of study, selection of the information sample, description of the flow of procedures, as well as the construction of the network paths, and the construction of the network with the open source software platform Cytoscape.

Keywords: Complex adaptive systems; complex networks; organizations; organizational processes; emergent properties.

Recibido: 26 de febrero de 2023

Aceptado: 26 de abril de 2023

Publicado: 12 de julio de 2023

Cómo citar: Hernández Cansino, C., Carreón Vázquez, G., & Urbiola Solís, A. E. (2023). Una metodología a partir de los sistemas complejos adaptativos para la construcción de redes basada en procesos organizacionales. *Acta Universitaria* 33, e3804. doi: <http://doi.org/10.15174/au.2023.3804>

Introducción

El objetivo de este artículo es presentar la propuesta de una herramienta metodológica sustentada en el paradigma científico de los sistemas complejos adaptativos para la construcción de redes a partir de procesos organizacionales (metodología Repro). Con esto, será posible hacer un análisis de las dinámicas en las estructuras internas formales de las organizaciones e identificar las vulnerabilidades producidas por las interacciones en los procesos de sus actores. Para lograr lo anterior, de manera inicial, se expone de forma breve considerar a las organizaciones como sistemas complejos adaptativos, con énfasis en las diferencias en la forma de estudio tradicional. Se describen brevemente los conceptos de procesos y procedimientos organizacionales, los conceptos de redes complejas y su relación con las organizaciones. Se muestran los tipos de redes y sus principales métricas, lo cual es importante conocer debido a que serán utilizadas en los resultados que se obtengan con la metodología Repro. En la parte central del artículo, se presenta la metodología, las fases que la conforman y cómo se lleva a cabo, así como su aplicación práctica a través de un estudio de caso en una organización aseguradora. Se exponen los resultados obtenidos y algunas discusiones respecto al tema. Finalmente, se establecen algunas conclusiones.

El objetivo de la metodología Repro es analizar las interacciones de los actores y sus roles en las estructuras formales, compuestas de normas, manuales de procedimientos, políticas y reglas (Chiavenato, 2007). De esta manera, puede ayudar en la identificación de vulnerabilidades en los procesos de dichas estructuras, producidas por las dinámicas internas, por lo que puede ser aplicada a cualquier tipo de organización como privadas, públicas, sociales, cooperativas, de salud, educativas, por citar algunas. En este sentido, resulta importante comprender que la vulnerabilidad es la consecuencia del riesgo, por lo que para analizarla es necesario identificar las amenazas y las capacidades de reacción que un sistema tiene ante un evento (Fantcho & Babei, 2017). Cualquier proceso que pueda exponer a la organización a un efecto perjudicial es considerado de riesgo y, por tanto, también como un aspecto crítico (Robbins & Coulter, 2005).

Organizaciones como sistemas complejos adaptativos

La teoría de los sistemas complejos adaptativos (SCA) ha construido una nueva vertiente en el estudio de las organizaciones, ya que su aplicación en diversos contextos y en fenómenos organizacionales han crecido mucho en las últimas dos décadas, reflejándose tanto en escritos académicos como en escritos dirigidos a profesionales, a través de publicaciones en revistas especializadas y artículos que abordan las implicaciones de la ciencia de la complejidad (Maguire *et al.*, 2011).

Algunas características más relevantes de los SCA basados en Cilliers (2000) son: (1) los SCA interactúan de forma dinámica no lineal intercambiando información o energía; (2) debido a que las interacciones no son lineales, hay bucles de retroalimentación de forma directa e indirecta; (3) los elementos o agentes que forman los SCA tienen memoria e historia; (4) la noción de propiedad emergente se refiere a las estructuras globales producto de nueva información, resultante de las interacciones entre los elementos del sistema; y (5) los SCA son capaces de organizar y reorganizar su estructura sin necesidad de que intervenga un agente externo, con lo que surgen los procesos de autoorganización.

A diferencia de la visión sistémica, la forma tradicional de analizar a las organizaciones consiste en considerar que el conflicto, poder y cualquier otro tipo de divergencia entre los actores no se perciben, puesto que en su lugar existe consenso, equilibrio y un funcionamiento muy eficaz, donde los cambios pueden ser predecibles (Hernández *et al.*, 2022).

Sin embargo, al considerar a las organizaciones como SCA se tienen aperturas que subrayan la importancia del ajuste entre sus estructuras y sus entornos, por lo que cualquier organización puede transformarse y adaptarse de forma activa a través del tiempo (Merali & Allen, 2011), lo que implica que los actores cambien y gestionen su conocimiento interno basados en su capacidad de aprendizaje para gestionar la complejidad que los rodea (Holland, 2004; Senge, 2010).

Por tanto, se considera que las organizaciones desde la perspectiva sistémica son un resultado emergente de interacciones entre los actores que las conforman; se encuentran abiertas al entorno, por lo que son modificadas por él; y siguen un conjunto de reglas (Holland, 2004) a través de una serie de procesos de prueba y error en diferentes niveles (Thietart & Forgues, 2011), donde cada uno de sus elementos dependen de todos los demás, ya que se encuentran interconectados.

Procesos y procedimientos

Como lo señala Noguera (2006), las acciones que facilitan el funcionamiento de la organización son los procesos organizacionales, donde se diseñan, construyen, implementan y evalúan las operaciones que se realizan, de tal forma que se puedan tomar acciones correctivas cuando sea necesario.

En este sentido, se sugiere que no hay organización sin procesos, ya que estos permiten a los actores ser conscientes de sus responsabilidades, por lo que, si el proceso no se conduce bien, los resultados pueden producir confusión, frustración, errores, pérdida de los objetivos y de las metas, lo que Castaingts (2015) denomina emergencias negativas.

Por otro lado, todo proceso requiere de entradas, o *inputs*, que se refieren a recursos materiales, humanos o de información, para que posteriormente se lleve a cabo el procesamiento de estas, lo que implica actividades específicas para agregar valor y obtener resultados, también llamados *outputs* (Mallar, 2010).

Al estudiar las organizaciones como SCA, los procesos son relevantes en la dinámica interna, ya que forman parte del entramado de actividades interrelacionadas, puesto que presentan retroalimentaciones no lineales a través de las interacciones de los actores que las ejecutan. Sin embargo, estos necesitan de procedimientos para llevarse a cabo, con definiciones claras para facilitar su comprensión y especificar las tareas que los componen, lo cual se hace a través de los manuales de procedimientos (Naranjo, 2010).

Un manual de procedimientos puede entenderse como un conjunto de secuencias de pasos que deben llevarse a cabo para realizar una determinada tarea (Stagnaro *et al.*, 2012). La función principal del manual de procedimientos es conocer las actividades específicas de una determinada persona o actor para que, en caso de abandonar de forma temporal o definitiva la organización, esas actividades no se vean interrumpidas (Stagnaro *et al.*, 2012); no obstante, hay que tomar en cuenta que en ocasiones las organizaciones no tienen manuales de procedimientos escritos y todos sus procedimientos se llevan a cabo de forma cotidiana, donde el conocimiento se transmite por medio de expresiones orales.

Redes complejas

Las sociedades están interconectadas (Watts, 2003), lo cual implica que en el mundo se encuentren actividades vinculadas e interdependientes, lo que a su vez conlleva a tener efectos unas sobre otras (Malaver *et al.*, 2010), por lo que la población mundial puede considerarse como una red social muy grande (Newman, 2010).

En tal sentido, una red permite modelar los componentes de un sistema a través de nodos o vértices y las interacciones existentes entre ellos a través de enlaces o aristas. Por esto, puede decirse que detrás de cada SCA hay una red intrínseca que codifica las interacciones entre sus componentes, lo cual puede sustentarse con base en redes que impregnan la ciencia, la tecnología, los negocios y la naturaleza (Barabási, 2016).

Se pueden encontrar ejemplos de redes que van desde el internet hasta las interconexiones de actores financieros o redes de interacciones entre genes, proteínas y otras moléculas en el interior de una célula. Además, se pueden mencionar las grandes infraestructuras como redes eléctricas o redes de transporte, que son pilares fundamentales para la sociedad moderna (Barrat, 2013).

De esta forma, las redes poseen características que permiten impulsar el desarrollo de soluciones en diferentes áreas del conocimiento, tales como la informática, la biología, las ciencias sociales, el marketing y la ingeniería, por citar algunas, donde su análisis permite plantear problemas de cara a una solución.

Cabe mencionar que la ciencia de redes tiene sus raíces en la teoría de grafos, campo basado en las matemáticas y en las ciencias de la computación, lo que ha permitido comprender sus representaciones gráficas, algoritmos y extracción de información.

Un grafo se define por la expresión $G = (V, E)$, donde V es el conjunto de vértices o nodos y E es el conjunto de aristas (Radhakrishnan *et al.*, 2009), de tal forma que un grafo es una representación estructural de objetos y de las relaciones que existen entre ellos, donde los nodos de la gráfica pueden contener información del objeto y las aristas información de la interacción entre dichos objetos, por lo que cabe mencionar que la teoría de grafos permite el análisis estructural y la representación de las redes como modelos (Barabási, 2016).

Por lo anterior, los términos grafo y red se emplean como sinónimos (Radhakrishnan *et al.*, 2009). Otro punto importante para mencionar son los enlaces o flujos de una red, que pueden ser dirigidos o no dirigidos. En una red dirigida cada arista tiene una dirección que apunta de un nodo a otro y son representadas a través de líneas con flechas (Newman, 2010), por lo que, en sus interacciones, el desplazamiento solo es posible en un sentido, como por ejemplo los enlaces en las páginas web (Jaimes, 2015).

En una red no dirigida, la interacción es bidireccional o mutua, puesto que el desplazamiento entre dos nodos es posible en ambos sentidos, como las redes de amistades de Facebook (Jaimes, 2015), o como las líneas de transmisión en una red eléctrica, en donde la corriente eléctrica puede fluir en ambas direcciones (Barabási, 2016).

Análisis de redes complejas

Otro punto por tratar es el análisis de las redes complejas, a través del cual es posible conocer sus características y estructuras con base en ciertas métricas que ayudan a cuantificar la importancia estructural que tiene el nodo en función de sus vecinos.

Para esto, se consideran tres medidas básicas para analizar las características topológicas de las redes complejas (Watts & Strogatz, 1998), las cuales son: distribución de grado (*degree distribution*), longitud promedio de los caminos entre nodos (*average path length*), y el coeficiente de agrupamiento (*clustering coefficient*). A continuación, se describe el significado de cada una de ellas, las cuales se usarán después en la metodología Repro.

Distribución de grado. La distribución del grado se da en dos orientaciones que son dirigidas y no dirigidas. Cuando las redes son no dirigidas, el grado de un nodo n es el número de aristas que se encuentran vinculadas a n . En las redes dirigidas, el grado de entrada de un nodo n es el número de aristas de entrada y el grado de salida es la cantidad de aristas de salida (Max Planck Institute for Informatics, 2018).

Longitud promedio de los caminos entre nodos. Para comprender esta métrica se requiere conocer tres aspectos. El primero es la distancia entre dos nodos, i y j , que se refiere al número de aristas del camino más corto que los conecta. El segundo es cuando se habla de caminos de la red, esto es, una secuencia de nodos donde dos nodos consecutivos están conectados por una arista (Radhakrishnan *et al.*, 2009). El tercero es el diámetro de la red, que se refiere como la máxima distancia o longitud entre los nodos de la red. De esta forma, la longitud promedio (L) se define como la media de las distancias entre los nodos, es decir, como el número promedio de pasos a lo largo de las rutas más cortas para todos los pares posibles de nodos de la red (Bondy & Murty, 1976).

Coficiente de agrupamiento. Cuantifica qué tanto está agrupado o interconectado un nodo con sus vecinos, por lo que el coeficiente de agrupamiento de un nodo es el número de triangulaciones que se conectan por este nodo (Max Planck Institute for Informatics, 2018).

Cuando se estudian fenómenos complejos en la realidad, por ejemplo, en sistemas biológicos, tecnológicos o bien en sistemas sociales como las organizaciones, la topología que se obtiene entre sus elementos constituyentes es del tipo red compleja, de ahí la importancia de conocer los diferentes tipos de redes. Sin embargo, existen estructuras homogéneas que sugieren tener topologías de conexión regulares, o bien, topologías aleatorias conectadas de manera probabilista (Watts & Strogatz, 1998).

Tipos de redes

Redes aleatorias

En 1959, los matemáticos Erdős y Rényi combinaron la teoría de la probabilidad y la teoría de grafos, estableciendo la teoría de grafos aleatorios, conocida como modelo ER, por las iniciales de dichos autores (Barabási, 2016).

En una red aleatoria los nodos siguen una distribución de Poisson con forma de campana (Barabási & Bonabeau, 2003), por lo que el grado de todos los vértices se encuentra cerca del grado promedio y la probabilidad de encontrar un vértice con un grado mucho más alejado del grado promedio es cero (Barabási, 2016), así que generalmente no tiene agrupamientos, por lo que no genera coeficientes de agrupamiento.

Redes de mundo pequeño

Watts y Strogatz introdujeron el concepto de redes de mundo pequeño, que en términos simples se refiere a redes que a pesar de ser grandes de tamaño tienen un camino relativamente corto entre dos nodos cualesquiera (Réka & Barabási, 2002). Dichas redes también son conocidas como redes de seis grados de separación, concepto descubierto por el psicólogo social Stanley Milgram, quien concluyó que existe una media de seis conexiones de amistad entre dos personas cualesquiera del mundo, sin importar lo lejanas que se encuentren (Barabási & Bonabeau, 2003).

Redes libres de escala

Las redes libres de escala están caracterizadas por una distribución de grado que sigue una ley de potencias; es decir, pocos nodos presentan muchas conexiones hacia otros nodos y muchos nodos presentan muy pocas conexiones. A diferencia de una red aleatoria, una red libre de escala no es homogénea, ya que los nodos no se agrupan alrededor de un valor medio característico (Newman, 2010).

Repro: Metodología para la construcción de redes a partir de procesos organizacionales

El diseño y desarrollo de la metodología Repro para la modelación de redes a partir de procesos organizacionales se basa en cuatro fases:

I. Descripción del objeto de estudio. En esta fase se recaba información oficial dada por la organización, como es el tipo de organización, a qué se dedica, nombre de la organización, historia, misión, visión, cómo y cuándo surgió, quién o quiénes la fundaron, su objetivo y su ubicación. Asimismo, se describen las áreas o procesos en los que se va a aplicar la metodología. Posteriormente, se reúne toda la información obtenida en un archivo digital.

II. Selección de la muestra de información. Una vez identificado el objeto de estudio y áreas a analizar, se trabaja con los manuales de procedimientos de estas para identificar el número de procedimientos. En caso de que no existan dichos manuales institucionalmente, se recolectará información a través de herramientas como la observación, entrevistas, pláticas, revisiones de documentos, entre otras, para construir los procedimientos. Todo lo anterior se añadirá al archivo digital iniciado en la fase I.

III. Descripción del flujo de los procedimientos y la construcción de los caminos de la red. El flujo de los procedimientos que realizan los actores y sus vínculos constituirán los caminos de la red, para lo cual primero se hará una descripción de la serie de pasos que deben seguir los actores para lograr hacer sus tareas, basados en los manuales de procedimientos. Asimismo, se identificarán los actores involucrados, ya que estos serán los nodos de la red, por lo que es necesario etiquetarlos de manera homogénea y conocer su posición en dichos procedimientos. Al final se creará un archivo digital con extensión CSV para cada área.

IV. Construcción de la red con la plataforma de *software* de código abierto Cytoscape. Una vez construidos los caminos de la red, el archivo digital con extensión CSV se cargará a Cytoscape¹ para visualizar las redes con los caminos de cada uno de los procedimientos creados en el paso anterior. De esta forma, se podrán realizar análisis para conocer la estructura interna, el tipo de red resultante, el funcionamiento de las interacciones entre los nodos, la vinculación que existe entre ellos, la importancia de las posiciones que tienen en la red y sus características globales. Dichos aspectos aportan nueva información que no se puede obtener a través de los organigramas y tampoco en los estados financieros.

El caso de una organización privada del sector asegurador

Fase I. Descripción del objeto de estudio

En este trabajo el objeto de estudio fue una organización aseguradora en la que se aplicó de la metodología Repro, a la cual llamamos "La Compañía de Seguros", debido a un convenio confidencial de anonimato firmado con la organización para trabajar con ella. La Compañía de Seguros es una organización mexicana del sector privado y asegurador, que surgió en la década de los noventas, siendo su actividad principal la venta de seguros de autos. Su fundador fue un hombre de negocios de nacionalidad mexicana.

Es una organización que actualmente cuenta con una cobertura geográfica muy amplia en la República mexicana; sin embargo, para probar la metodología Repro se eligieron seis áreas por cuestiones de tiempo, que se centran en oficinas que la aseguradora tiene en la Ciudad de México.

La Compañía de Seguros cuenta con más de cuatro millones de autos asegurados y con más de 5600 colaboradores, donde el 58% de las vacantes laborales son cubiertas directamente por personal interno. Se ha mantenido en los últimos años como una aseguradora líder en México y con desarrollo internacional.

Para efectos de este proyecto, la metodología se aplicó en seis áreas de La Compañía de Seguros, con base en un estudio de campo empírico previo, las cuales fueron: 1) Ajustadores, 2) Cabina nacional, 3) Gerencia operativa de asistencia vial, 4) Gerencia cabina grúas colisión, 5) Gerencia de red de proveedores y 6) Dirección integral de riesgos.

El área Ajustadores es el primer contacto personal con los asegurados, entre sus funciones principales se encuentran el atender al siniestro, a través del análisis e inspección del lugar del percance para deslindar la responsabilidad de las partes involucradas; en caso de lesiones sufridas, brinda la atención según sea el caso (ambulancias, hospitales, grúas, abogados).

¹ Plataforma de *software* para visualizar redes e integrarlas con cualquier tipo de datos de atributos (Shannon *et al.*, 2003).

El área Cabina nacional es la que gestiona los procesos de llamadas entrantes cuando suceden los siniestros, para posteriormente hacer la asignación y el seguimiento de ajustadores, así como la asignación de proveedores.

El área Gerencia operativa de asistencia vial tiene como objetivo otorgar servicio de asistencia vial (AV) en un máximo de 60 minutos (en 90 minutos si se trata de reportes locales o carreteros), asignando al proveedor idóneo y realizando el seguimiento adecuado hasta la conclusión.

El área Gerencia cabina grúas colisión gestiona el uso eficiente de los recursos humanos, físicos, financieros y tecnológicos para fijar las políticas y los objetivos del área, realiza visitas y negociaciones con los proveedores, ya que representa los intereses de la organización en toda la República para establecer convenios.

El área Gerencia de red de proveedores integra y guarda los expedientes electrónicos para la solicitud de alta y activación de proveedores de servicios de arrastre, grúas por avería y asistencia vial básica. Además, monitorea el costo medio unitario a través de la selección, gestión, análisis y administración de los proveedores, por lo que debe vigilar el nivel de cumplimiento de estos, y en caso de que incurran en alguna desviación o falta, gestionar la aplicación de amonestaciones, suspensión o la baja en la prestación de los servicios.

El área Dirección integral de riesgos tiene como objetivo primordial el mantener controlados los diferentes tipos de riesgos a los que se encuentra expuesta la Compañía, mejorando el desempeño financiero y evitando pérdidas intolerables.

Fase II. Selección de la muestra de información

Se solicitaron los manuales de procedimientos de cada una de las seis áreas para conocer el número de procedimientos que conforman las actividades, de las cuales las áreas Cabina nacional, Gerencia operativa de asistencia vial y Gerencia de red de proveedores sí contaban con sus manuales. En el caso de las áreas Ajustadores, Gerencia cabina grúas colisión y Dirección integral de riesgos, al no contar con sus manuales, se recabó la información en el estudio de campo para construir los procedimientos.

Como ejemplo de la aplicación de la metodología Repro, se usa la información del área Gerencia operativa de asistencia vial. Cabe destacar que para las demás áreas se siguieron los mismos pasos. A partir de la información recabada de dicha gerencia se identificaron quince procesos en sus operaciones diarias, a saber: 1) Asignación grúa, cerrajero, taxi, cambio de llanta y paso de corriente; 2) Asignación de ajustador para auxilio vial básico; 3) Maniobras; 4) Seguimiento; 5) Arribo; 6) Cierre; 7) Con costo al asegurado; 8) Servicio con excedente y aclaraciones del asegurado; 9) Autorizaciones especiales; 10) Gastos funerarios por reembolso; 11) Asignación de proveedor gastos funerarios; 12) Auto o autobús rentado para la continuación del viaje o regreso al domicilio por reembolso; 13) Asignación del auto o autobús; 14) Revisión de la póliza no procede o póliza que procede sin cobertura de asistencia vial; y 15) Mantenimiento e intermitencias en los sistemas.

Fase III. Descripción del flujo de los procedimientos y la construcción de los caminos de la red

Siguiendo con el ejemplo, se presentan las descripciones de los flujos de los cinco primeros procedimientos de la Gerencia operativa de asistencia vial, donde sus actores corresponden a los nodos de la red y se identifican con etiquetas. Cabe mencionar que, en algunos casos, dependiendo de la operación de la organización, los procedimientos pueden ser fragmentados en subprocedimientos, por lo que es importante identificarlos de esta forma.

Los actores del procedimiento 1, denominado Asignación grúa, cerrajero, taxi, cambio de llanta y paso de corriente, son: Asegurado (ASEG), Radio operador asistencia vial (ROAV), Proveedor de servicios (PS) y Supervisor de asistencia vial (SAV). El procedimiento 1 se describe de la siguiente forma: el asegurado (ASEG) llama y se comunica con el radio operador de asistencia vial (ROAV), quien lo atiende, revisa en el sistema principal la póliza y la ubicación del vehículo, después valida con el asegurado información al respecto para detallar la solicitud y corrige en caso de ser necesario; aquí se identifica un primer subprocedimiento que identificamos como P1.1. Más adelante, el radio operador de asistencia vial (ROAV) asigna los servicios correspondientes al proveedor de servicios (PS) cumpliendo con los convenios establecidos por la subdirección y el proveedor de servicios le confirma la aceptación de dicho servicio; aquí identificamos otro subprocedimiento, el P1.2. Luego, el radio operador de asistencia vial (ROAV) mantiene informado al supervisor de asistencia vial (SAV) sobre las decisiones de aquellos asuntos donde se requiera de su intervención, y en caso de ser necesario el supervisor de asistencia vial (SAV) le resuelve al radio operador el proceder (ROAV), siendo este el subprocedimiento P1.3. Finalmente, el proveedor de servicios (PS) se presenta con el asegurado (ASEG) para dar el servicio correspondiente, dicho subprocedimiento es identificado como P1.4. Posteriormente, se realiza el camino que describe al procedimiento 1, llamado Asignación grúa, el cual queda dividido de la siguiente forma:

P1.1 = {ASEG, ROAV, ASEG}

P1.2= {ROAV, PS, ROAV}

P1.3= {ROAV, SAV, ROAV}

P1.4= {PS, ASEG}

Los actores del procedimiento 2, denominado Asignación de ajustador para auxilio vial básico, son: Asegurado (ASEG), Radio operador asistencia vial (ROAV), Supervisor de asistencia vial (SAV), Ajustador (AJUS). El camino que describe al procedimiento Asignación de ajustador para auxilio vial básico tiene cuatro subprocedimientos y es el siguiente:

P2.1 = {ASEG, ROAV, ASEG}

P2.2 = {ROAV, AJUS, ROAV}

P2.3 = {ROAV, SAV,}

P2.4= {ROAV, ASEG}

Los actores del procedimiento 3, denominado Maniobras, son: Asegurado (ASEG), Radio operador asistencia vial (ROAV), Supervisor de asistencia vial (SAV) y Proveedor de servicios (PS). En el caso del camino que describe al procedimiento Maniobra se subdivide en tres subprocedimientos y quedan de la siguiente manera:

$$P3.1 = \{ASEG, ROAV, ASEG\}$$

$$P3.2 = \{ROAV, SAV, ROAV, ASEG\}$$

$$P3.3 = \{ROAV, PS, ASEG\}$$

Los actores del procedimiento 4, denominado Seguimiento, son: Telefonista de Asistencia vial (TEL_AV), Proveedor de servicios (PS) y Asegurado (ASEG). El camino que describe al procedimiento Seguimiento es el siguiente:

$$P4 = \{TEL_AV, PS, TEL_AV, ASEG\}$$

Los actores del procedimiento 5, denominado Arribo, son: Asegurado (ASEG), Radio operador asistencia vial (ROAV), Proveedor de servicios (PS), Supervisor de asistencia vial (SAV) y Telefonista de Asistencia vial (TEL_AV). El camino que describe al procedimiento Arribo se subdivide en cinco subprocedimientos:

$$P5.1 = \{ASEG, ROAV, ASEG\}$$

$$P5.2 = \{ROAV, PS, ROAV\}$$

$$P5.3 = \{ROAV, SAV\}$$

$$P5.4 = \{PS, ASEG\}$$

$$P5.5 = \{PS, TEL_AV\}$$

Una vez terminados los caminos para cada procedimiento, se crea un archivo digital con extensión CSV, que contienen dos columnas con los títulos Origen y Destino, respectivamente. La columna Origen contiene la etiqueta del nodo donde surge la información, y la columna Destino contiene la etiqueta del nodo que la recibe. En el camino, el nodo i con el $i+1$ construye una arista y se coloca en el renglón del archivo CSV, de tal manera que cada renglón forma una arista de la red. Por ejemplo, en el proceso 4, denominado Seguimiento, a partir del camino $P4 = \{TEL_AV, PS, TEL_AV, ASEG\}$, en el archivo CSV, se obtiene lo siguiente (Tabla 1):

Tabla 1. Ejemplo del archivo digital CSV del procedimiento *Seguimiento*, del área Gerencia operativa de asistencia vial, a partir del flujo de la descripción de los procedimientos y la construcción de los caminos de la red.

Origen	Destino
TEL_AV	PS
PS	TEL_AV
TEL_AV	ASEG

Fuente: Elaboración propia.

Fase IV. Construcción de la red con la plataforma de *software* de código abierto Cytoscape

Una vez que se han obtenido los archivos digitales de las seis áreas con extensión CSV de la fase 3, se pueden cargar al *software* de código abierto Cytoscape. Como cada renglón del archivo es una arista, al cargarse a Cytoscape, este los lee y a partir del conjunto de aristas se construyen las redes.

En primer lugar, se carga por separado cada uno de los archivos CSV de las seis áreas para obtener redes individuales con el fin de visualizarlas y analizar propiedades de cada una de ellas; posteriormente, se hace un archivo CSV general para obtener una sola red que represente todas las áreas de la organización. En el ejemplo que se toma en este trabajo, solo se trabajó con seis áreas por acceso al trabajo de campo; sin embargo, la metodología Repro puede aplicarse a todas las áreas de una organización para poder obtener la red general completa.

Siguiendo con el ejemplo del área Gerencia operativa de asistencia vial, una vez cargado el archivo CSV y procesado con el *software* Cytoscape, muestra que hay 20 nodos y 84 aristas.

En la estructura de la red resultante de la Gerencia operativa de asistencia vial (Figura 1), se han identificado tres nodos que concentran el mayor flujo de información de la red debido a la alta conectividad que presenta, los cuales son: a) ASEG (Asegurado), b) ROAV (Radio operador asistencia vial) y c) SAV (Supervisor de asistencia vial).

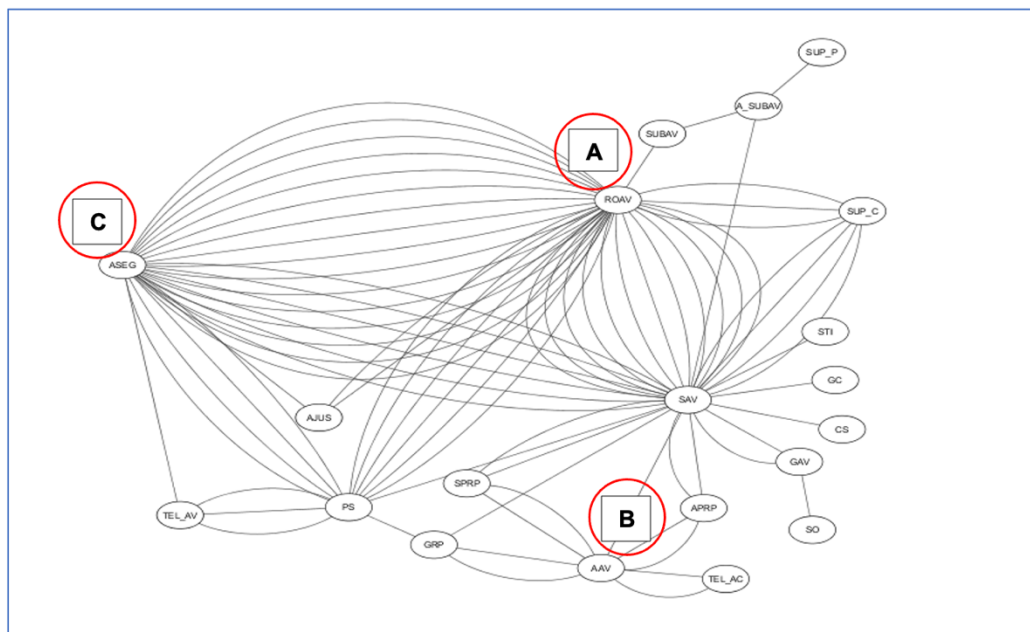


Figura 1. Red de procedimientos internos con la metodología Repro, aplicada al área Gerencia operativa de asistencia vial, elaborada y visualizada en el *software* de código abierto Cytoscape.
Fuente: Elaboración propia.

A partir de la construcción de la red, se pueden obtener los análisis de su estructura, con base en las métricas que ofrece Cytoscape (Tabla 2).

En el grado del nodo, que es el número total de aristas conectadas a este, el nodo ROAV tiene 35 aristas (Figura 1a), el nodo SAV tiene 33 aristas (Figura 1b) y el nodo ASEG tiene 28 aristas (Figura 1c). Esto implica que en estos nodos se presenta una gran actividad respecto a los diferentes procesos que fluyen dentro de la red.

El coeficiente de clustering es igual a 0.370, lo que indica que hay nodos agrupados con sus vecinos formando estructuralmente triangulaciones, lo que se nota claramente con la triangulación ROAV, SAV, ASEG, y ASEG, PS, ROAV. Respecto al flujo, se indica que hay una interacción importante en estas zonas. Por otro lado, el diámetro de la red es 4, que significa que se requieren hacer cuatro saltos máximos de un nodo cualquiera para alcanzar el nodo más lejano de la red, lo que indica que los procesos son relativamente pequeños.

Por otro lado, el radio de la red es 2, lo que refiere al mínimo número de saltos que hace un nodo cualquiera para alcanzar el nodo más lejano de la red. Ahora bien, la longitud de la ruta más corta promedio o longitud característica, que es la que proporciona la distancia esperada entre dos nodos conectados, es igual a 2.274.

Tabla 2. Métricas en el *software* de código abierto Cytoscape del área Gerencia operativa de asistencia vial con la metodología Repro.

Parámetro	Resultado
Coeficiente de clustering	0.370
Diámetro de la red	4
Radio de la red	2
Longitud de la ruta más corta promedio	2.274
Número de nodos	20

Fuente: Elaboración propia.

Se procesó una red general donde se concentró la información de las seis áreas en un solo archivo CSV, por lo que al cargarlo al *software* de código abierto Cytoscape se obtuvo una red con 95 nodos y 727 aristas (Figura 2).

La visualización de la red resultante muestra varios elementos importantes, el primero es que se pueden identificar dos componentes principales: A, que corresponde a los procesos operativos que se refieren a los procesos que se realizan como primera atención en contacto con el cliente, en este caso con los asegurados; y B, que se refiere a los procesos administrativos, procesos que se generan a partir de la captación y procesamiento de la información generada por los procesos operativos, con la finalidad de cumplir con los objetivos y tomar las decisiones necesarias (Figura 2).

El segundo es el nodo C (Contabilidad), que funciona como puente para unir al componente A con el B. Esto muestra que, si por algún motivo desaparece el nodo C, la red se fractura en dos partes, ya que C es el nodo que mantiene unidad y operabilidad entre ambos componentes, que finalmente se necesitan para mantener la función en conjunto las seis áreas de La Compañía de Seguros (Figura 2).

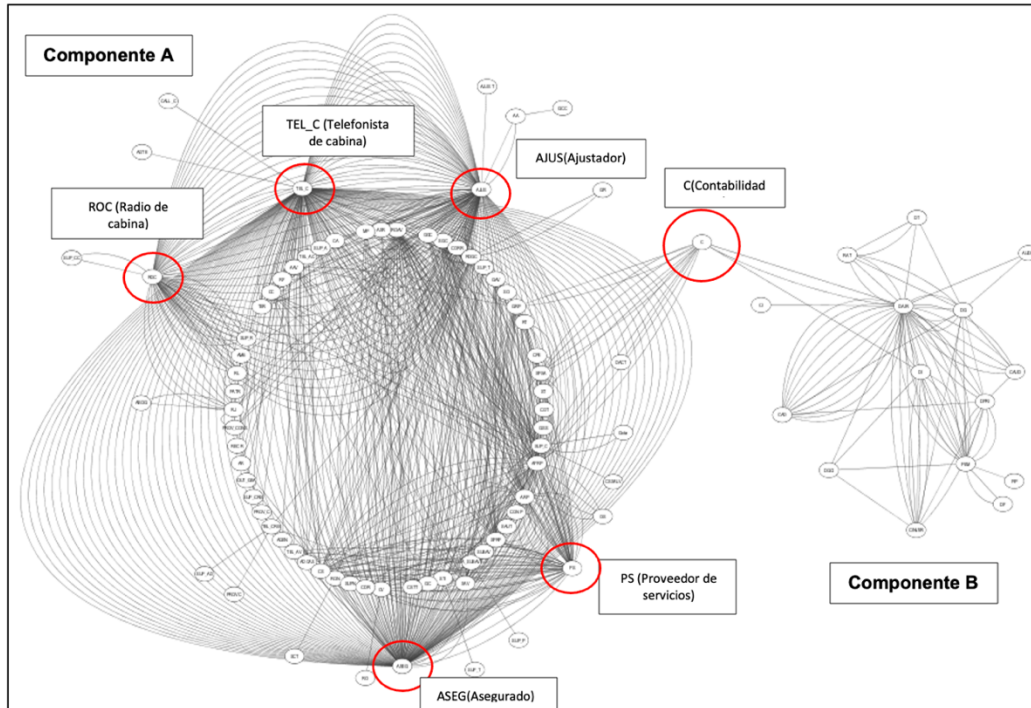


Figura 2. Visualización de la red general de procedimientos internos de La Compañía de Seguros. Componente de procesos operativos (a), administrativos (b) y el nodo puente entre ambos componentes(c).
Fuente: Elaboración propia.

La tercera es que los nodos con mayor conectividad son TEL_C (Telefonista de cabina), ASEG (Asegurado), AJUS (Ajustador), PS (Proveedor de servicios) y ROC (Radio operador de cabina). Dichos actores pertenecen a los procesos de tipo operativo, por lo que se puede considerar que, de las seis áreas analizadas, cuatro pertenecen a la primera atención y es a través de ellas por donde fluye mayor información, comunicación e interacciones para llevar a cabo la operabilidad (Tabla 3).

Tabla 3. Nodos con más conexiones de la red general de La Compañía de Seguros.

Actores	Grado de conexión
TEL_C (Telefonista de cabina)	172
ASEG (Asegurado)	162
AJUS (Ajustador)	143
Proveedor de servicios	70
Radio operador de cabina	69

Fuente: Elaboración propia.

Un cuarto punto son las principales métricas que se obtienen de la red general de las seis áreas. El coeficiente de clustering es igual a 0.433; al ser mayor a cero, indica que hay nodos agrupados que forman triangulaciones. El diámetro de la red es 8, es decir, se requieren hacer ocho saltos máximos de un nodo cualquiera para alcanzar el nodo más lejano de la red. Por otro lado, el radio de la red es 4, es decir, se requiere un mínimo número de cuatro saltos de un nodo cualquiera para alcanzar el nodo más lejano de la red. La longitud de la ruta más corta promedio o longitud característica es igual a 3.453 (Tabla 4).

Tabla 4. Principales métricas de la red general de las seis áreas analizadas.

Parámetro	Resultado
Coeficiente de clustering	0.433
Diámetro de la red	8
Radio de la red	4
Longitud de la ruta más corta promedio	3.453
Número de nodos	95

Fuente: Elaboración propia.

Resultados

Partiendo de lo particular a lo general, en la red del área Gerencia operativa de asistencia vial, los nodos o actores ROAV (Radio operador de asistencia vial) y SAV (Supervisor de asistencia vial) son actores internos (puestos de trabajo) de La Compañía de Seguros que, si llegan a faltar, es posible que no se pueda difundir la información ni el conocimiento que se requiere para el buen funcionamiento en la estructura organizacional de dicha área, por lo que puede haber una fragmentación y tener pérdida de efectividad en su red y afectar las redes de otras áreas que están relacionadas con dichos puestos, e incluso llegar a un desequilibrio en toda la organización.

Por tanto, estos nodos son una parte crítica y vulnerable en la red, ya que, si por alguna razón desaparecen, puede haber una desestabilización en todo el sistema y en sus interacciones. En el caso del nodo ASEG (Asegurado), cabe mencionar que es un actor externo, pero si llega a faltar, no es posible que existan las operaciones de toda la organización, ya que el asegurado es la razón de ser de La Compañía de Seguros, pues es el nodo principal al que se le da el servicio.

Con base en las métricas que se obtuvieron con el *software* Cytoscape, se identifica que las seis áreas analizadas de La Compañía de Seguros forman una red de mundo pequeño, puesto que cumple con las dos propiedades importantes para considerarla una red de este tipo; tiene su coeficiente de agrupamiento o de *clustering* alto, por lo que existen conexiones entre sus nodos vecinos; y sus trayectos son cortos, lo que implica que entre dos nodos cualesquiera haya un camino corto, además de que no hay nodos aislados.

Así pues, en la red general se obtuvieron dos componentes, uno que representa a la parte operativa (componente A), donde hay cinco de las seis áreas analizadas (Ajustadores, Cabina nacional, Gerencia operativa de asistencia vial, Gerencia cabina grúas colisión, Gerencia de red de proveedores) y que tienen que ver con la operación relacionada con el servicio que se le da y ofrece como primer contacto a los asegurados con los siniestros e incidentes, y un componente que representa la parte administrativa (componente B), donde hay un área (Dirección integral de riesgos) que representa el análisis administrativo de la información para la toma de decisiones y control de las estrategias para que la organización pueda ser solvente y productiva.

Por otro lado, una medida importante para conocer la estructura global de la red de La Compañía de Seguros es la distribución del grado de nodo. La distribución de la Figura 3 muestra un decaimiento en la frecuencia conforme aumenta el grado del nodo, es decir, hay muchos nodos con uno a cuatro enlaces o aristas y muy pocos nodos con un gran número de aristas, por ejemplo, 172. En el análisis mostrado, los nodos con gran flujo de diversidad de procesos tienen grados altos, aunque hay nodos críticos como C (Contabilidad), que tiene grado 15, pero cuya función estructural es unir los dos componentes.

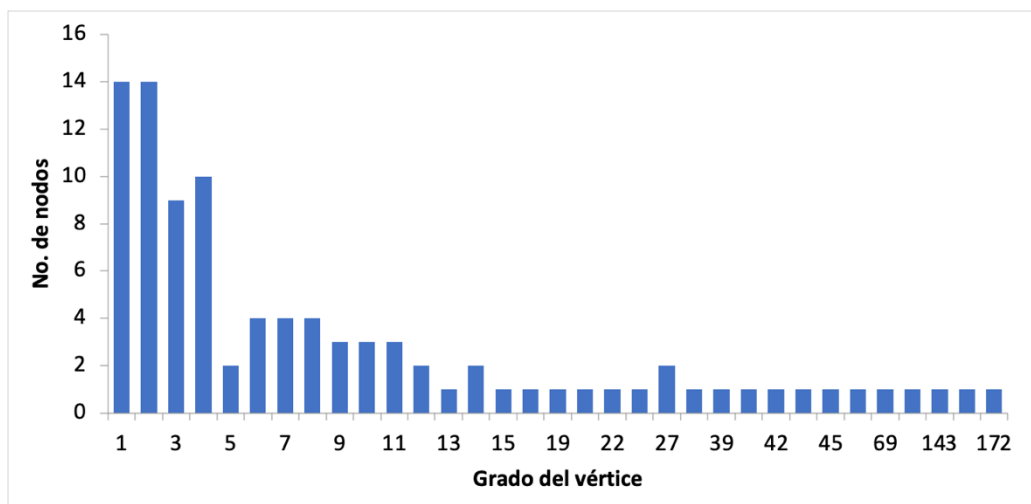


Figura 3. Gráfica de la distribución de grados de la red general de procedimientos internos de La Compañía de Seguros.
Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que el ejercicio que se presenta en este artículo representa una pequeña parte de las más de 100 áreas que componen La Compañía de Seguros. Los actores que aparecen visualmente fuera de la red acumulada en la Figura 2, tales como SUP_AD (Supervisor administrativo), ABOG (Abogado) o bien GR (Gerente de robos), por mencionar algunos, probablemente tendrán interacciones y conexiones con otros actores con áreas que no se analizaron.

Discusión

La importancia y relevancia de la metodología Repro consiste en describir la estructura interna de una red organizacional a partir de sus procedimientos, para identificar sus puntos críticos y su vulnerabilidad al conocer a los actores o nodos y la vinculación que existe entre cada uno de estos, tanto de manera particular como global, para conocer su importancia posicional y qué papel juega cada nodo o actor en la red.

Repro muestra en los análisis la heterogeneidad de la distribución de los procesos, ya que existen partes de la red donde hay un flujo alto de procesos y otras partes donde son moderados, esto quiere decir que algunas áreas de la organización son más propensas a tener conflictos, porque pueden sobrepasar la capacidad de procesamiento de información de sus integrantes, lo cual depende de la capacidad de gestión de cada actor. Esto es un aspecto que los SCA nos permite estudiar a diferencia del análisis organizacional tradicional, donde siempre existe equilibrio.

Si en un momento determinado se pone a prueba la robustez de la red con la supresión de uno o más nodos, se puede evaluar el cambio estructural, el cambio de efectividad del flujo de la red y la cuantificación del impacto ante la pérdida de uno o más de sus componentes, lo que puede ayudar en solventar el problema y tomar mejores decisiones.

De este modo, tener una herramienta metodológica como Repro puede ayudar en la resiliencia de las organizaciones ante cualquier tipo de crisis, como la generada por la pandemia del coronavirus (Covid-19), que ha tenido un gran impacto a nivel mundial, poniendo a prueba las capacidades de adaptación organizacional, golpeando las estructuras productivas y empresariales generadas por las debilidades de dichas estructuras internas, puesto que no se conoce la forma de sus interacciones y de cómo fluyen sus procesos y procedimientos organizacionales en ellas.

Entre los aspectos a resaltar de la metodología Repro, cabe mencionar que, en un primer acercamiento a un desarrollo integral para su aplicación, se basa en los manuales de procedimientos de los procesos de las estructuras formales. Esta metodología se basa en el método *bottom-up*, que consiste en la construcción de un todo a partir de la agrupación de sus componentes en diferentes subsistemas, de tal manera que estos se van uniendo unos con otros hasta llegar a la representación del sistema completo, por lo que en esta estrategia se parte de algo pequeño que va creciendo hasta llegar a un sistema global y complejo (Schweers, 2002).

Conclusiones

Las redes son estructuras inherentes a los sistemas complejos adaptativos, por lo que se considera que las organizaciones son redes formadas por personas o actores encargados de realizar procesos y procedimientos y gestionar conocimientos que, al estar en constante interacción, crean los vínculos por los que fluye la información, el conocimiento y la comunicación necesaria para conectarse.

En un mundo tan complejo, se requiere de la comprensión del comportamiento de las organizaciones y de sus dinámicas en sus procesos, por lo que estudiarlas desde la perspectiva de los SCA y de las redes permiten analizar cómo responden ante una variedad de situaciones de incertidumbre en su entorno

Por ello, resulta óptimo modelar escenarios complejos a través de redes en las organizaciones para la toma de decisiones, ya que se incluyen aspectos de valoración como la resistencia a los cambios, aspectos de adaptación y recuperación, así como la cuantificación de los impactos, la estructura del sistema organizacional o los tipos de perturbaciones a los que se exponen, lo que da lugar a fenómenos emergentes que no podrían explicarse analizando sus componentes por separado.

En este sentido, la metodología Repro es una herramienta efectiva para analizar a las organizaciones de cualquier tipo desde la perspectiva de la complejidad, que con apoyo del *software* Cytoscape permite conocer, graficar y visualizar las interacciones que generan los actores en los procedimientos de los procesos que se llevan a cabo, para ofrecer un panorama de su topología y estructura tanto individual como general, así como el impacto de estos en el comportamiento global del sistema organizacional.

Por tanto, se considera que con la metodología Repro se puede visualizar la estructura interna compleja de las organizaciones, que contiene el flujo de la interoperabilidad de sus procesos y procedimientos, así como los actores que los llevan a cabo, de tal manera que al identificar las vulnerabilidades de sus estructuras y de sus componentes críticos, se puede ayudar en la mejora y sobrevivencia de las organizaciones para apoyarlas en el desarrollo de una resiliencia ante cualquier tipo de crisis del entorno.

Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt) por la oportunidad brindada para realizar mi posdoctorado. Asimismo, a la Dra. Alejandra Urbiola Solís y al Dr. Gustavo Carreón Vázquez por el apoyo aportado en este aprendizaje como mis asesores.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de intereses con respecto al presente estudio.

Referencias

- Barabási, A. L. (2016). *Network science*. Cambridge University Press. <http://networksciencebook.com/>
- Barabási, A. L., & Bonabeau, E. (2003). Scale-Free Networks. *Scientific American*, 288(5), 60–69. <http://www.jstor.org/stable/26060284>
- Barrat, A. (2013). La notion de réseau complexe: du réseau comme abstraction et outil à la masse de données des réseaux sociaux en ligne. *Communication et Organisation*, 43, 15–24. doi: <https://doi.org/10.4000/communicationorganisation.4093>
- Bondy, J.A. & Murty, U.S.R. (1976.) *Graph Theory with Applications*. The Macmillan Press Ltd. <https://www.zib.de/groetschel/teaching/WS1314/BondyMurtyGTWA.pdf>
- Castaingts, J. (2015). Campos, organizaciones, empresas y cambios estructurales. Un punto de vista a partir de la teoría de los sistemas complejos adaptativos. *Revista Análisis Organizacional*, 1(7), 62–86. <http://remineo.org/repositorio/rao/aonc/raoncv1n7.pdf>
- Chiavenato, I. (2007). *Introducción a la teoría general de la administración* (7ma ed.). MacGraw-Hill Interamericana. https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/15525/mod_resource/content/0/Chiavenato%20Idalberto.%20Introducci%C3%B3n%20a%20la%20teor%C3%ADa%20general%20de%20la%20Administraci%C3%B3n.pdf
- Cilliers, P. (2000). What can we learn from a theory of complexity? *Emergence*, 2(1), 23–33. doi: https://doi.org/10.1207/S15327000EM0201_03

- Fantcho, J. E., & Babej, J. (2017). Prédiction du risque de vulnérabilité des unités de travail dans les organisations. *Question(s) de Management*, (16), 87-101. doi: <https://doi.org/10.3917/qdm.171.0087>
- Hernández, C., Urbiola, A. E., & Carreón, G. (2022). Contribuciones desde el enfoque de los sistemas complejos adaptativos al estudio de las organizaciones. *Administración y Organizaciones*, 25(49), 72-93. doi: <https://doi.org/10.24275/uam/xoc/dcsh/2022v25n49/Hernandez>
- Holland, J. H. (2004). *El orden oculto: de cómo la adaptación crea la complejidad*. Fondo de Cultura Económica.
- Jaimes, A. (26 de agosto de 2015). *Introducción a la Ciencia de Redes, v 0.1*. https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/105921_57af1ffc5ff74b09a656f7b3a3b49da8.html#:~:text=Una%20red%20es%20dirigida%20s%C3%AD,y%20las%20interacciones%20entre%20ellos
- Malaver, M. N., Rivera-Rodríguez, H. A., & Álvarez, L. F. (2010). La ciencia de las redes, la conectividad y la sociedad. *Semestre Económico*, 13(26), 149-157. <https://repository.urosario.edu.co/items/7227f232-d2e2-4bf3-8207-539637d53713>
- Mallar, M. Á. (2010). La gestión por procesos: un enfoque de gestión eficiente. *Revista Científica Visión de Futuro*, 13(1), 1-23. <https://www.redalyc.org/pdf/3579/357935475004.pdf>
- Max Planck Institute for Informatics. (2018). *NetworkAnalyzer Online Help. NetworkAnalyzer Settings*. <https://med.bioinf.mpi-inf.mpg.de/netanalyzer/help/2.6.1/>
- Maguire, S., Allen, P., & McKelvey, B. (2011). Complexity and management: introducing the SAGE Handbook. En P. Allen, S. Maguire & B. McKelvey (eds.), *The SAGE handbook of complexity and management* (pp. 1-26). SAGE Publications.
- Merali, Y., & Allen, P. (2011). Complexity and systems thinking. En P. Allen, S. Maguire & B. McKelvey (eds.), *The SAGE handbook of complexity and management* (pp. 31-52). SAGE Publications.
- Naranjo, B. (8 de abril de 2010). *Introducción a los procesos y procedimientos en la empresa*. Gestipolis.com. <https://www.gestipolis.com/introduccion-procesos-procedimientos-empresa/>
- Newman, M. E. J. (2010). *Networks: an introduction*. Oxford University Press. doi: <https://doi.org/10.1080/0022250X.2012.744247>
- Noguera, F. (2006). *Management du temps de travail*. Éditions Dunod.
- Radhakrishnan, S., Kolippakkam, D., & Mathura, V. S. (2009). Introduction to algorithms. En V. S. Mathura & P. Kanguane (eds.), *Bioinformatics. A concept-based introduction* (pp. 27-37). The MIT Press Cambridge. doi: https://doi.org/10.1007/978-0-387-84870-9_3
- Réka, A., & Barabási, A. L. (2002). Statistical mechanics of complex networks. *Reviews of Modern Physics*, 74(1), 47-97. doi: <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.74.47>
- Robbins, S. P., & Coulter, M. (2005). *Administración*. Prentice Hall.
- Schweers, R. J. (2002). *Descripción en VHDL de arquitecturas para implementar el algoritmo CORDIC* (Tesis de Grado). Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de la Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/3835>
- Senge, P. M. (2010). *La quinta disciplina. El arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje* (2a. ed.). Granica.
- Shannon, P., Markiel, A., Ozier, O., Baliga, N. S., Wang, J. T., Ramage, D., Amin, N., Schwikowski, B., & Ideker, T. (13 de noviembre de 2003). *Cytoscape: a software environment for integrated models of biomolecular interaction networks*. Cytoscape.org. <https://cytoscape.org/>
- Stagnaro, D., Camblog, J., & Nicolini, J. (2012). El Manual de Procedimientos: ¿quién, qué, cómo y cuándo? En Natale (Ed.), *En carrera: escritura y lectura de textos académicos y profesionales* (pp. 131-156). Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento.
- Thietart, R., & Forgues, B. (2011). Complexity science and organization. En P. Allen, S. Maguire & B. McKelvey (eds.), *The SAGE handbook of complexity and management* (pp.53-64). SAGE Publications.
- Watts, D. J. (2003). *Six degrees: the science of a connected age*. Random House.
- Watts, D. J., & Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of "small world" networks. *Nature*, 393, 440-442. doi: <https://doi.org/10.1038/30918>