

Estructura Fractal para el desarrollo de proyectos de ingeniería. Un paradigma emergente ante los retos del Covid-19

Informe de investigación

Edmundo Emilio Minguet Carvajal¹
Universidad Central de Venezuela
eminquet@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1177-5509>

Recibido: 06-04-2022
Revisado: 30-05-2022
Aceptado: 10-10-2022

RESUMEN

En el presente artículo de investigación se desarrolla una propuesta de estructura organizacional para la ejecución de proyectos de ingeniería con base en la fractalidad como paradigma emergente, con el propósito de facilitar la ejecución de proyectos en entornos virtuales, caóticos y entrópicos; en respuesta a las restricciones de movilidad y comunicación relacionadas con la pandemia de Covid-19, las cuales han sido parcialmente compensadas por las ventajas de la virtualización del trabajo, una tendencia que parece irreversible, debido a la reducción de costos directos asociados a la infraestructura requerida para el desarrollo de los proyectos. Este proceso de adaptación requiere profundos cambios, tanto en lo metodológico como en lo estructural.

Palabras claves: Organización, Fractal, Proyectos, Pandemia, Covid-19

The Fractal Structure for the development of engineering projects. An emerging paradigm in the face of the challenges imposed by Covid-19.

Abstract

This article develops a proposal for an organizational structure for the execution of engineering projects based on fractality as an emerging paradigm. The purpose is to facilitate the execution of projects in virtual, chaotic and entropic environments, in response to the mobility and communication restrictions related to the Covid-19 pandemic, which have been partially compensated by the advantages of work virtualization. This trend seems irreversible, due to the reduction of direct costs associated with the infrastructure required for the development of projects. This adaptation process requires profound methodological and structural changes.

Keywords: Organization, Fractal, Projects, Pandemic, Covid-19

¿Cómo citar este artículo? - How to cite this article?

Minguet, E. (2023). Estructura fractal para el desarrollo de proyectos de ingeniería. Un paradigma emergente ante los retos del Covid-19. *Revista Visión Gerencial*, 22(1), pp. 41-58.
<https://doi.org/10.53766/VIGEREN/2023.01.01.03>

¹ Profesor e investigador de la Universidad Central de Venezuela.

1. Introducción

La tercera década del siglo XXI comienza con la ruptura de muchos paradigmas y el surgimiento de muchos otros. El año 2020 enfrentó al hombre con vulnerabilidades que, aun cuando fueron consideradas en algunos estudios prospectivos como *Tendencias Globales 2025: Un mundo Transformado (Global Trends 2025: A Transformed World)*, publicado por el Consejo Nacional de Inteligencia de Estados Unidos (National Intelligence Council) en noviembre de 2008; no forman parte de los esquemas funcionales de las sociedades y mucho menos de las organizaciones actuales. En el informe del Consejo Nacional de Inteligencia, se evalúa la posibilidad de la pandemia que vive el mundo desde Diciembre de 2019, en términos que, tomando en cuenta la publicación del estudio once años atrás resultan inquietantes:

La aparición de una enfermedad respiratoria humana novedosa, altamente transmisible y virulenta para la cual no hay contramedidas adecuadas podría iniciar una pandemia global. Si surge una enfermedad pandémica para 2025, la tensión interna y transfronteriza y el conflicto serán más probables a medida que las naciones luchan, con capacidades degradadas, para controlar el movimiento de las poblaciones que buscan evitar infecciones o mantener el acceso a los recursos. (p. 75)

Estos análisis prospectivos no pretenden ser proféticos, sin embargo, no pasa inadvertido el hecho de que quienes participan en estudios de esta magnitud manejan la información disponible para diseñar escenarios factibles o al menos futuribles, lo cual requiere no sólo de un conocimiento sólido en el manejo de escenarios sino también de una visión divergente experimentada que no le tema a lo absurdo.

En su libro *El futuro de nuestra mente*, Michio Kaku (2016), hace referencia al artículo "El futuro no nos necesita", escrito por uno de los fundadores de Sun Computers, Bill Joy, en el cual denuncia el peligro mortal de la tecnología de avanzada. Joy advierte que "Nuestras tecnologías más potentes del siglo XXI – robótica, ingeniería genética y nanotecnología – amenazan con convertir a los humanos en una especie en peligro de extinción" y afirma:

Algún día, microbios modificados por ingeniería genética escaparán del laboratorio y harán estragos en el mundo. Dado que no se puede cancelar una forma de vida, podrían proliferar sin control y desencadenar una epidemia fatal en el planeta, peor que las de la Edad Media. (p. 326)

Consideraciones como las mencionadas nos orientan a pensar que los cambios paradigmáticos, como los forzados por la condición de pandemia del Covid-19, no solo continuarán, sino que se harán cada vez más rápidos y con efectos más profundos en nuestras vidas, en las sociedades que integramos y en las organizaciones donde laboramos en la actualidad. Estos cambios requieren de procesos dinámicos de adaptación que recuerdan lo expresado por Bauman (2008) en cuanto a que "Olvidar por completo y con rapidez la información obsoleta y las costumbres añejas puede ser más importante para el éxito futuro que memorizar jugadas pasadas y construir estrategias basadas en un aprendizaje previo" (p. 10).

Las empresas que desarrollan proyectos de ingeniería continúan su acelerado proceso de adaptación a los cambiantes escenarios asociados a la globalización y las tecnologías, condicionados en su implantación por las restricciones impuestas por la pandemia. Este proceso de adaptación sigue las premisas básicas de la Teoría Evolutiva del

Cambio Tecnológico expuesta por Devezas (2005), lo cual implica profundos cambios, tanto en lo metodológico como en lo estructural, con base en una reestructuración que permita incorporar al hombre global y tecnológico en las decisiones de la organización, ante lo cual surge la interrogante *¿Cuál ha sido la influencia de la globalización y de las TIC's sobre las empresas dedicadas al desarrollo de proyectos de ingeniería desde el punto de vista paradigmático, ontológico y axiológico?*

Con el desarrollo de la teoría Neoclásica comienza la incorporación del aspecto humano dentro de las teorías administrativas; estos aportes representan un cambio evolutivo que considera al trabajador en toda su complejidad, interrelacionando en un entorno colaborativo que termina por reconocer a la organización como un sistema social en el que confluyen patrones culturales, educativos y emocionales, entre otros. Estos micro ambientes sociales son dinámicos y sistémicos, con alta dependencia de la comunicación y del manejo de la información, normalmente bajo un liderazgo que trasciende la estructura rígida de trabajo y el control jerárquico y que considera la motivación como elemento clave del aspecto económico y la participación en el entorno laboral; dando paso así a nuevas teorías que surgen y se consolidan con el desarrollo de las tecnologías y se difunden cada vez más rápido en un entorno global y compartido. Entorno que ha sido profundamente influenciado por la actual pandemia de Covid-19, la cual ha incorporado cambios radicales en cuanto al manejo de los aspectos comunicacionales, emocionales y de conocimiento, no contemplados en las estructuras organizacionales tradicionales con base en la jerarquía.

Algunos investigadores, como Pestana (1999) y Fernández (2009) entre otros, han incorporado propuestas para el desarrollo

organizacional con base en el estudio del comportamiento individual y grupal como elemento indispensable para la comprensión de procesos como la toma de decisiones, el liderazgo, la motivación, selección de estructuras organizacionales, entre otros; destacando la contribución de varias disciplinas conductuales como la psicología, sociología, psicología social, antropología y ciencias políticas. Estos estudios demuestran el indudable aporte de estas disciplinas conductuales en cuanto a los cambios evolutivos que consideran al individuo en ambientes sistémicos y cambiantes interactuando a través de modelos de comunicación para el logro de objetivos comunes.

Las empresas que desarrollan proyectos de ingeniería, no escapan de esta situación. Estas empresas se han venido actualizando desde el punto de vista metodológico y normativo; sin embargo, en lo estructural sigue predominando el control jerárquico; estructuras piramidales o matriciales con alto predominio de la autoridad en la toma de decisiones, lo cual mantiene el aspecto operativo de gestión tradicional basado en la centralización de la información y las decisiones como elementos de control gerencial que aleja al cliente de la estructura de desarrollo limitando la comunicación, ante lo cual cabe preguntarse *¿Qué factores deben considerarse en la integración de equipos para el desarrollo de proyectos de ingeniería y cuales obstaculizan su aplicabilidad?*

En resumen, la organización de proyectos ha insistido en la mejora de procedimientos y en la estandarización de modelos y formatos, incluso se ha sensibilizado en cuanto a la necesidad de orientar el adiestramiento hacia áreas de desarrollo humano; sin embargo, continúa bajo esquemas autoritarios basados en la linealidad que dejan poco espacio a la toma de decisiones consensuadas y limitan los beneficios de una gestión consolidada

del conocimiento. Estos esquemas dificultan el diseño de modelos que faciliten la interacción de los involucrados y promuevan el aprendizaje, la creatividad y la innovación a través de esquemas colaborativos cada vez más desarrollados con base en el manejo de grandes bases de datos que facilitan la evaluación continua de escenarios cambiantes, lo cual ha sido ampliamente referenciado por autores como Criado, Arroyo y López (2006) y De Florio, Bakhouya, Coronato y Di Marzo (2013).

En el presente artículo se desarrolla una propuesta de estructura organizacional fractal para la ejecución de proyectos de ingeniería con base en las preguntas de investigación antes planteadas.

2. Método de investigación

La comprensión del aspecto paradigmático de la investigación parte del análisis relacional del conjunto de suposiciones que el individuo y las organizaciones tienen respecto a la interpretación del mundo. Como plantea Kuhn (1970), "Los hombres cuya investigación está basada en paradigmas compartidos están comprometidos con las mismas reglas y estándares para la práctica científica" (p. 11).

Sautu (2003) y Guba y Lincoln (2002) presentan una visión complementaria de paradigma. Sautu (2003), por su parte, sostiene que: "El paradigma es la orientación general de una disciplina, el modo de orientarse y mirar aquello que la propia disciplina ha definido como su contenido temático sustantivo" (p. 24). Guba y Lincoln (2002) sostienen que "el paradigma representa una visión del mundo que define, para quien lo posea, la naturaleza del mundo, la posición que el individuo ocupa en él, y el tipo de

relaciones posibles para ese mundo y sus componentes" y continúan "Los paradigmas de investigación, definen para los investigadores cuál es su contenido, así como lo que se encuentra dentro y fuera de los límites de la investigación legítima" (pp. 4-5). Estos autores coinciden en cuanto al planteamiento de las preguntas: ontológica, epistemológica y metodológica, como base de las creencias que constituyen un paradigma.

En tal sentido, la propuesta de estructuras fractales para la ejecución de proyectos parte de premisas expuestas por Jiménez-Bandala (2015), Galli (2019), De Florio et al (2013) y Laloux (2017), entre otros.

En lo praxeológico se consideran las afirmaciones de Juliao (2011) en cuanto a que este enfoque "se sitúa en el cruce de la investigación teórica, de la investigación – acción, de la investigación aplicada e implicada siendo, además, un método multireferencial y pluridisciplinario" (p. 87). La realidad de la organización es asumida como aprehensible en un ámbito circunstancial que debe considerar los factores antes mencionados. La estructura fractal converge en la humanidad de las organizaciones de proyecto, con un profundo carácter virtual producto del uso de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC's) para su desarrollo en condiciones específicas, como las que caracterizan el periodo en el cual se realiza la propuesta de investigación.

Bajo este paradigma se propone la transformación de las estructuras organizacionales de desarrollo de proyectos de ingeniería tradicionales, con el propósito de adaptarlas a la propuesta contenida en el PMBOK² 7ma edición, en la cual el PMI³ ha modificado el Estándar para la Gestión de Proyectos, incorporando los 12 Principios para la

² Project Management Book Of Knowledge

³ Project Management Institute

entrega del proyecto: Responsabilidad, Equipo, Stakeholders, Valor, Pensamiento Holístico, Liderazgo, Adaptación, Calidad, Complejidad, Oportunidades y Amenazas, Adaptabilidad y Resiliencia, Gestión del cambio. Esta transformación obedece a un proceso sistemático basado en el conocimiento de las estructuras que históricamente han prevalecido a través del tiempo.

3. Morfología de la Organización Fractal de Proyectos de Ingeniería

Para mostrar un ejemplo de la conformación del equipo de desarrollo fractal factible en las condiciones de virtualización que impone la pandemia, utilizaremos teoría de grafos y algunas consideraciones matemáticas con base en desarrollo de geometría fractal. La utilización de estas herramientas facilitará la configuración del equipo fractal desde tres puntos de vista: Estructural, Comunicacional y Emocional. Este análisis permitirá evaluar la conformación de equipos con base en el pensamiento fractal en cuanto a auto-organización y auto-similitud. De igual manera, el enfoque matemático facilita una mejor comprensión de cómo se generan las estructuras fractales y de cómo esas estructuras pueden tener un comportamiento de crecimiento y de decrecimiento en función de los requerimientos y avances del proyecto, incluso la generación de nuevas estructuras que darán origen a los equipos que atenderán nuevos proyectos.

En principio, comenzaremos por establecer la estructura básica de una organización fractal para el desarrollo de un proyecto de ingeniería; para ello hemos tomado en consideración algunas herramientas que utiliza la Inteligencia Artificial para representar los espacios de estados, incorporando los grafos en la representación de las estructuras. En este particular tomamos la definición de Pajares

y Santos (2006) quienes definen "Un grafo representa el conjunto de mundos, escenarios o situaciones que se pueden generar mediante los operadores o acciones" (p. 22), siendo los operadores aquellas acciones que modifican un estado actual para llevar al sistema a nuevo estado.

Para el diseño de las estructuras organizacionales fractales será necesario desarrollar la teoría de los grafos partiendo de la definición de un multigrafo o pseudografo de aristas múltiples; es decir, aristas que relacionan los mismos nodos. En el Gráfico N° 1, se muestra un ejemplo de un multigrafo.

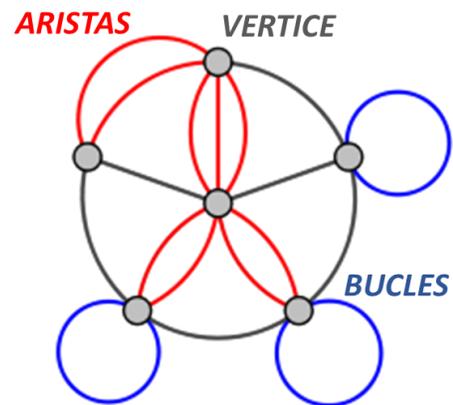


Gráfico N° 1. Multigrafo. Fuente: Elaboración propia.

De esta forma, dos nodos pueden estar conectados por más de una arista. Formalmente, un multigrafo G es un par $G:=(V, E)$ donde:

V es un conjunto de vértices o nodos

E es un multiconjunto de pares no ordenados de nodos, llamados aristas o líneas.

Estos multigrafos se utilizarán para modelar las posibles relaciones funcionales

entre las diferentes disciplinas, e incluso pueden modelar relaciones entre líderes de disciplinas, profesionales especialistas y cualquier otro participante en la ejecución del proyecto. Para este caso podemos utilizar grafos dirigidos, donde cada nodo es una profesional, una disciplina, una organización de soporte o incluso una organización de proyectos y donde pares de aristas paralelas conectan estos nodos, según su función o rol dentro de la estructura fractal.

Si visualizamos un vértice como una disciplina o un departamento relacionado con el proyecto, es posible visualizar la interrelación de sus participantes como un bucle, es decir, una arista que conecta a un nodo consigo mismo.

La representación de todos los involucrados, se puede visualizar como el conjunto de varios multigrafos como se muestra en el Gráfico N° 2.

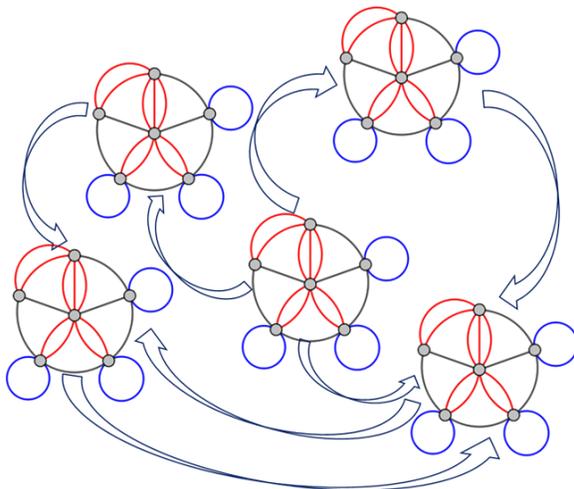


Gráfico N° 2. Modelo de Organización de Proyectos basado en Multigrafos. Fuente: Elaboración propia.

Tomando como ejemplo la estructura requerida para un proyecto de ingeniería, cada nodo puede representar un profesional, una disciplina, una unidad de

apoyo y así sucesivamente, dependiendo de la dimensión asignada a cada nodo; con lo cual es posible inferir que cada nodo puede ser una estructura fractal en sí misma representando unidades funcionales de la organización de proyectos o incluso organizaciones que se intercomunican entre sí, lo cual bien pudiera ser el caso de organizaciones que se integran en diferentes estados o países para desarrollar megaproyectos. En el Gráfico N° 3 se muestra una representación de este multigrafo bajo un enfoque fractal por disciplina, con base en el diseño del copo de nieve de Koch, incorporando las Unidades de Apoyo.

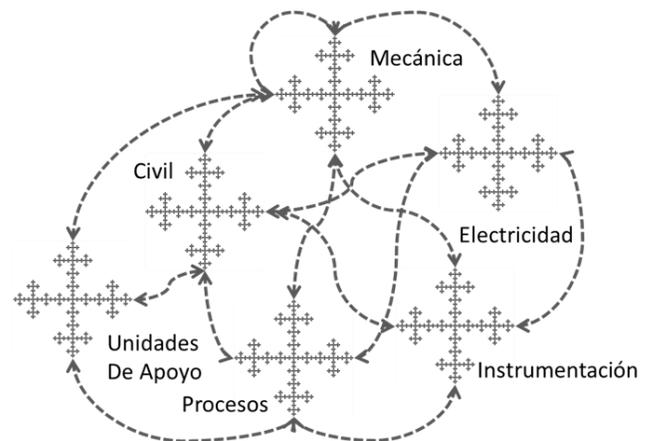


Gráfico N° 3. Representación de una Organización Fractal por disciplina. Fuente: Elaboración propia.

4. Estructura Fractal de la Organización de Proyectos de Ingeniería

Con el propósito de visualizar la aplicación del pensamiento fractal en la configuración de organizaciones de ingeniería, nos plantearemos una estructura modelo con base en las siguientes premisas:

1. Cantidad de Disciplinas: 6 (General, Instrumentación, Civil, Mecánica, Procesos y Electricidad)

2. Cantidad de Horas Hombre (HH) estimadas por disciplina:

- a. General: 1.200 HH
- b. Instrumentación: 6.800 HH
- c. Civil: 1.200 HH
- d. Procesos: 4.500 HH
- e. Mecánica: 6.000 HH
- f. Electricidad: 1.500 HH

3. Tiempo de ejecución: 20 semanas (40 HH por semana por profesional)

4. Actividades de apoyo:

- a. Gerencia: 20 HH semanales
- b. Planificación: 16 HH semanales
- c. Control de Documentos: 20 HH
- d. Control de Calidad: 40 HH semanales
- e. Administración de Contrato: 16 HH semanales
- f. Sala de CAD. A requerimiento.

5. Se dispone de todo el personal para la ejecución de la ingeniería.

En el Gráfico N° 4 se muestran las líneas de tiempo de ejecución estimada del proyecto en función del desarrollo de productos por disciplina:

Disciplina/Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	HH	Peso Porcentual	# Profesionales	
General																					600	2,91%	3	
Instrumentación																						6.800	33,01%	9
Civil																						1.200	5,83%	2
Procesos																						4.500	21,84%	8
Mecánica																						6.000	29,13%	9
Electricidad																						1.500	7,28%	3
																						20.600	100%	34

Gráfico N° 4. Distribución HH por disciplina. Fuente: Elaboración propia.

Para la elaboración de este escenario de desarrollo se han tomado en cuenta las premisas descritas anteriormente. En el Gráfico N° 5 se muestra la distribución de las Horas Hombre por semana por cada disciplina.

Disciplina	DISTRIBUCIÓN DE HH POR SEMANA																				Total HH			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
General	120	120																			120	120	120	600
Instrumentación		342	342	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	356			6800
Civil				80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80					1200
Procesos		320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	20								4500
Mecánica			300	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	300					6000
Electricidad							80	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	100					1500
																								20600

Gráfico N° 4. Distribución de HH por semana por disciplina. Fuente: Elaboración propia.

Luego se evalúa el porcentaje de dedicación del grupo de profesionales por disciplina. En esta evaluación se consideran aspectos como la incorporación de los ingenieros, la cual puede depender de los requerimientos propios del proyecto o de sus asignaciones en otros proyectos; de esta manera se contempla que la dedicación al principio y al final del periodo de ejecución pueda ser diferente al 100%, lo cual permite hacer los ajustes en las asignaciones de esfuerzo. En el Gráfico N° 6 se muestra el esfuerzo

semanal por disciplina de manera porcentual, lo cual permite evaluar opciones de mejora – como por ejemplo el 6% mostrado en la semana 16 de la disciplina Procesos, el cual compensa la cantidad de HH asignadas al proyecto; sin embargo, mejorando el rendimiento por asignación de actividades en los profesionales, es posible reducir ese 6% que para la cantidad de HH estimadas para esa disciplina – 4.500 HH – sería de aproximadamente 281 HH.

Esfuerzo por Disciplina	% DE OCUPACIÓN POR SEMANA																				% Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
General	100%	100%																100%	100%	100%	100%
Instrumentación		95%	95%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	99%
Civil				100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%				100%
Procesos		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	6%					94%
Mecánica			83%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	83%		98%
Electricidad							67%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	83%		96%

Gráfico N° 5. Esfuerzo semanal por disciplina. Fuente: Elaboración propia.

La estructura fractal propuesta para la ejecución de este proyecto se muestra en el Gráfico N° 7.

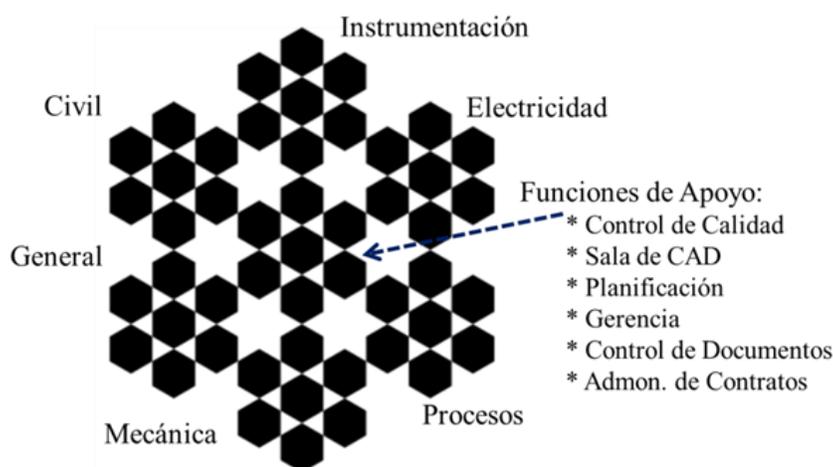


Gráfico N° 6. Estructura Fractal propuesta para el desarrollo del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Esta estructura se obtiene en la segunda iteración del fractal conocido como "hexaflake". Este fractal tiene 7^{n-1} hexágonos en su enésima iteración, cada uno más pequeño en $1/3$ que los hexágonos en la iteración anterior. Su límite exterior es el copo de nieve de Koch, y el límite completo contiene un número infinito de copos de nieve de Koch. La dimensión de Hausdorff del copo hexa es igual a: $\ln(7) / \ln(3)$, aproximadamente 1.7712.

Esta estructura puede servir de base para visualizar la configuración de la organización del proyecto en caso de que se ejecuten varios proyectos a la vez, en ese caso se tendría una configuración como la mostrada en el Gráfico N° 8.

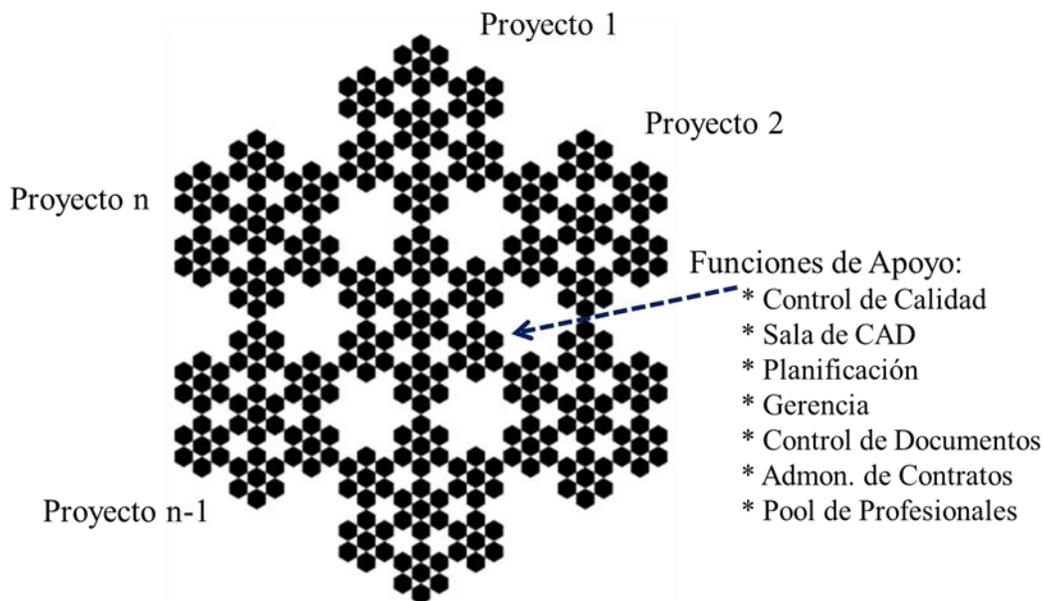


Gráfico N° 7. Organización Fractal de Proyectos. *Fuente:* Elaboración propia.

5. Conclusiones

Las organizaciones de proyecto con visión de futuro no se conforman con reaccionar positivamente ante el cambio, lo promueven como estrategia competitiva en un mercado altamente especializado y lo gestionan aprovechando las oportunidades que ofrece el entorno para el beneficio de la organización, lo cual incluye el diseño de estructuras flexibles que faciliten los

procesos de adaptación. La reciente pandemia de Covid-19 ha sido un evento disruptor, un "Cisne Negro" (Taleb, 2010), con el cual tendremos que convivir durante mucho tiempo, aun cuando se globalice la vacuna o una posible cura, este virus ha incorporado cambios en la conducta en el profesional de hoy y lo ha hecho profundizar – y en algunos casos descubrir – nuevas opciones de trabajo con base en la tecnología.

El profesional de hoy se caracteriza por ser un activo de conocimiento que ya no depende de un lugar físico para realizar los aportes por los cuales es remunerado, las redes sociales y la virtualización del trabajo han facilitado la interacción con diferentes especialistas superando cualquier barrera física permitiendo la conformación de equipos heterogéneos para el desarrollo de proyectos. Lo que hace 10 años parecía imposible, no sólo es hoy una realidad sino que se convierte en nuevos retos a superar. La organización en sí misma está dejando atrás la visión reduccionista de la jerarquía y está siendo evaluada en toda su complejidad, el análisis comparativo de las organizaciones tomando como base la naturaleza ha servido para internalizar su aspecto orgánico en una trascendencia desde lo sistémico.

El pensamiento fractal en la organización se presenta como un cambio paradigmático emergente que permitirá la incorporación de novedosas estructuras orientadas a la consolidación de equipos multidisciplinarios bajo esquemas de liderazgo coyunturales y participativos, basados en la gestión del conocimiento, las tecnologías disponibles y orientados a la virtualización del desarrollo de proyectos. Estos aspectos encuentran fundamentos en diferentes autores cuyos puntos de vista han abierto caminos, tanto convergentes como divergentes, en el desarrollo de nuevas estructuras sociales con amplia influencia en las organizaciones. La incorporación de las estructuras fractales facilitará el desarrollo de proyectos en entornos virtuales, entrópicos y caóticos, lo cual representa una opción de desarrollo factible, no sólo ante la situación de pandemia, sino además ante el potencial que ofrece la globalidad del conocimiento, ante el desarrollo exponencial de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC's)

Las restricciones de movilidad y comunicación impuestas por la pandemia

de Covid-19, han sido rápidamente compensadas por las ventajas de la virtualización con base en las TIC's. En un mundo globalizado con una profunda dependencia de las tecnologías, han surgido nuevas propuestas para garantizar la continuidad operativa de las empresas, entre ellas las de desarrollo de proyectos de ingeniería, que ya desde hace algún tiempo han utilizado la virtualización para la conformación de equipos de desarrollo integrados por expertos ubicados en diferentes áreas geográfica e incluso con diferentes idiomas. Sin embargo, la virtualización requiere de estructuras comunicacionales dinámicas que resultan más eficientes en equipos cooptados. Esta condición favorece la conformación de equipos de desarrollo de alto desempeño en escenarios restrictivos como los observados en tiempos de pandemia, en virtud de que facilita la integración y refuerza el compromiso dentro del equipo.

El pensamiento fractal facilita la incorporación de variables complejas en entornos entrópicos, con lo cual es posible hacer consideraciones relacionadas con el caos y la incertidumbre que normalmente caracterizan los entornos de desarrollo de proyectos, con más énfasis en proyectos de largos periodos de desarrollo o en entornos muy cambiantes. El pensamiento fractal permite el diseño de estructuras organizacionales flexibles integradas por unidades elementales que se interrelacionan en una simbiosis prácticamente orgánica, una estructura que crece en la medida en que los requerimientos del proyecto así lo exigen y reduce su tamaño en la misma proporción en la que van completándose las diversas etapas.

La estructura fractal para el desarrollo de proyectos, como paradigma emergente ante los cambios irreversibles en la manera de desarrollar proyectos, relacionados con la pandemia, constituye una propuesta factible para la organización de proyectos del futuro, no

sólo en cuanto al conocimiento como base de transformación sino como respuesta a la especialización y la hiperespecialización en la búsqueda de fundamentos que permitan la inmersión del ser humano en micro cosmos sociales virtuales que coinciden temporalmente para la solución creativa de problemas comunes.

6. Referencias

- Bauman, Z. (2008). *Tiempos Líquidos. Vivir en una época de incertidumbre*. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Editores Tusquets. México, D.F.
- Criado, M., Arroyo, J., y López, J. (2006). Organizaciones Virtuales y Redes Neuronales. Algunas Similitudes. *Revista Estudios Gerenciales*. 117-125. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/4937352_Organizaciones_virtuales_y_redes_neuronales_Algunas_similitudes
- De Florio, V., Bakhouya M., Coronato, A., y Di Marzo, G. (2013). *Models and Concepts for Socio-technical Complex Systems: Towards Fractal Social Organizations Systems Research and Behavioral Science*. Nov. 2013. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/259543046>
- Devezas T. (2005). *Evolutionary theory technological change: State of art and new approaches. Technological Forecasting & Social Change* 72, pp. 1137 - 1152. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/222248939_Evolutionary_theory_of_technological_change_State-of-the-art_and_new_approaches
- Fernández, J. (2009). *Propuesta Temática Desarrollo Organizacional*. Universidad de los Trabajadores de América Latina. Publicado el 1ro de enero de 2009. Recuperado de: https://es.slideshare.net/jcfdezmx2/propuesta-temtica-desarrollo-organizacional-presentation?from_action=save
- Galli, E. (2019). Reinventando las Organizaciones con Nuevos Modelos Organizacionales. *Revista Equipos&Talento.com*, N° 156, 18-23. Recuperado de: https://www.equiposytalento.com/upload/talent_noticias/003/3856/18-23-r-agiledefts.pdf
- Guba, E. y Lincoln, Y. (2002). Paradigmas en competencia en la investigación cualitativa. In C. Derman, & J. Haro, *Por los rincones. Antología de métodos cualitativos en la investigación social*. (pp. 113-145). La Sonora: El Colegio Sonora. Recuperado de: http://sgpwe.izt.uam.mx/pages/egt/Cursos/MetodoLicIII/7_Guba_Lincoln_Paradigmas.pdf
- Jimenez-Bandala, C. (2015). La transmodernidad en los estudios organizacionales. La metáfora del fractal. *Revista Internacional de Organizaciones*, N° 14, junio 2015, 77-100. ISSN: 2013-570X; EISSN: 1886-4171. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5214535>
- Juliao, C. (2011). *La responsabilidad social: una práctica de vida*. Corporación Universitaria Minuto de Dios. UNIMINUTO, Bogotá, D.C., Colombia. Recuperado de: https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/1524/UVD_Responsabilidad_Social.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Kaku, M. (2016). *El futuro de nuestra mente: El reto científico, para entender,*

- mejorar y fortalecer nuestra mente.
Editor digital: Un_Tal_Lucas.
- Kunh, T. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*. (2da Ed.). International Encyclopedia of Unified Science. Vol 2. N° 2. Universidad de Chicago. Estados Unidos.
- Laloux, F. (2017). *Reinventar las Organizaciones*. Arpa y Alfil Editores, F.L. Barcelona. España.
- Morgan, J. (2015). *The 14 Principles Of The Future Organization*. *Revista FORBES*. Enero 14, 2015, 12:07am EST. Recuperado de: <https://www.forbes.com/sites/jacobmorgan/2015/01/14/the-14-principles-of-the-future-organization/#30cca9d23ec2>
- National Intelligence Council. (Noviembre, 2008). *Global Trends 2025: A Transformed World*. Washington DC. EEUU. Recuperado de: https://www.files.ethz.ch/isn/94769/2008_11_Global_Trends_2025.pdf
- Pajares, G., y Santos, M. (2006). *Inteligencia Artificial e Ingeniería del Conocimiento*. México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A.
- Pestana, J. (1999). *Fractalidad y Comportamiento Psicosocial. Análisis de Relaciones Posibles*. Universidad de Barcelona. XXVII Congreso Interamericano de Psicología, Caracas. Venezuela (27/06-02/07 de 1999). Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/46773222_Fractalidad_y_comportamiento_psicosocial_analisis_de_relaciones_posibles
- PMBOK® GUIDE. *The Standard for Project Management and a Guide to the Project Management Body Of Knowledge. (Seventh Edition)*. Project Management Institute, Inc. USA.
- Sautu, R. (2003). *Todo es Teoría. Objetivos y Métodos de Investigación*. Ediciones Lumiere S.A. Buenos Aires, Argentina.
- Taleb, N. (2010). *The Black Swan. The Impact of the Highly Improbable*. Editorial Penguin Books. UK.