



Artículo de reflexión E06A13. Recibido: 10-10-2014. Aprobado versión final 10.08.2016.  
JEL: L1. L22. L25 ❖ Pp. 159-180

## MODELO DE COMPAÑÍA FRACTAL ORIENTADA A PROYECTOS PARA REDES DE PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS.

Oriented-project fractal company model for small  
and medium enterprises networking.

María de las Mercedes Canavesio - Ernesto Carlos Martínez

ARGENTINA

### Resumen

Las pequeñas y medianas empresas forman redes entre ellas respondiendo a presiones competitivas. Así incrementan sus habilidades para reaccionar y adaptarse a los cambios del entorno, concentrarse en sus competencias claves, incrementar la disponibilidad de recursos y ganar en economía de escala. Para alcanzar los beneficios de estas asociaciones es necesario un modelo de empresa integrada que define roles, responsabilidades, funciones, metas y relaciones entre actores. El objetivo de este trabajo es proponer un modelo teórico de la compañía fractal basada en proyectos, para la integración virtual y temporal de empresas. El éxito de la aplicación del modelo radica en el establecimiento de relaciones cliente-servidor entre los gestores de los proyectos. Un ejemplo hipotético relacionado con empresas del sector farmacéutico se utiliza para ilustrar el modelo propuesto y sus propiedades.

**Palabras Clave:** Compañía Fractal, Modelo de Empresa integrada, Redes de PyMEs, Proyectos.

### Abstract

Small and medium enterprises form networks between them responding to competitive pressures. Thus, they increase their ability to react and adapt to changes in their environment, focus on their core competencies, increase the availability of resources and gain economies of scale. To achieve the benefits of these partnerships is necessary an integrated enterprise model that defines roles, responsibilities, functions, goals and relationships between actors. The aim of this paper is to propose a theoretical model of the fractal-based company projects for the virtual and temporary integration of businesses. The successful implementation of the model lies in the establishment of client-server relationships between project managers. To illustrate this model and its properties a hypothetical example involving pharmaceutical companies is used.

**Keywords:** Fractal approach; Enterprise modeling; SMEs networking; Project management.



María de las Mercedes Canavesio es Doctora en Ingeniería, Mención Ingeniería en Sistemas de Información, profesora adjunta ordinaria de dedicación exclusiva, miembro del grupo de investigación CISIDI, Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, República Argentina.

Contacto: [mcanaves@frsf.utn.edu.ar](mailto:mcanaves@frsf.utn.edu.ar)



## Modelo Fractal empresa orientada para o projeto para redes de pequenas e médias empresas.

### Resumo

Pequenas e médias empresas formar redes entre eles respondem a pressões concorrenciais. E aumentar a sua capacidade de reagir e se adaptar às mudanças no seu ambiente, o foco em suas competências essenciais, aumentar a disponibilidade de recursos e obter economias de escala. Para alcançar os benefícios destas parcerias é necessário modelo de empresa integrada que define papéis, responsabilidades, funções, objetivos e relações entre os atores. O objetivo deste trabalho é propor um modelo teórico dos projetos da empresa fractal-based para a integração de empresas virtuais e temporários. A implementação bem sucedida do modelo reside no estabelecimento de relações cliente-servidor entre gerentes de projeto. Para ilustrar este modelo e suas propriedades um exemplo hipotético envolvendo empresas farmacêuticas é usado.

**Palavras-chave:** Empresa fractal, modelo de negocios integrado, redes de PME, projectos

### 1. Introducción

**L**a globalización de los mercados, los rápidos avances tecnológicos y la creciente personalización de productos y servicios crean una fuerte competencia entre las compañías de manufactura y servicios (ElMaranghy, 2009:1015). Para sobrevivir, las empresas necesitan responder a demandas cada vez más personalizadas, aumentando permanentemente la variedad de sus productos y servicios, y al mismo tiempo reducir los costos e incrementar su calidad. Estas amenazas competitivas son aún peores para las pequeñas y medianas empresas (PyMEs) que necesitan repensar sus sistemas de producción y de gestión para competir con éxito (Canavesio y Martínez, 2007:794).

Esta situación exige nuevos modelos organizacionales (Osterle et al., 2000: 18), (Canavesio y Martinez, 2007: 795). Las PyMEs tienen que organizarse en redes de producción efectiva para conseguir un mayor grado de flexibilidad, agilidad y bajos costos para hacer frente a los crecientes cambios y a la complejidad del entorno (Rese y Baier, 2011: 139). Estas redes de empresas requieren que cada compañía se concentre sólo en sus competencias básicas y puntos fuertes delegando a terceros el resto del proceso productivo. Así, estas redes son la alternativa para la supervivencia individual y la prosperidad de cada PyME (Osterle et al., 2000: 20; Canavesio y Martinez, 2007: 795; Basole et al., 2011; Rese y Baier, 2011: 139).



Ernesto Carlos Martínez es Doctor en Ingeniería Química, profesor titular ordinario de dedicación parcial e investigador del Grupo de Investigación INGAR del Instituto de Desarrollo y Diseño. CONICET- UTN Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

Contacto: [ecmarti@santafe-cocinet.gov.ar](mailto:ecmarti@santafe-cocinet.gov.ar)

Los objetivos de una red de PyMEs incluyen mayor flexibilidad a las amenazas competitivas, una gama más amplia de habilidades y recursos, economía de escala y diversificación de la cartera de productos. Los principales beneficios de la creación de las redes para cada PyME son (Canavesio y Martínez, 2007: 795; Moore y Manring, 2009: 277):

- El acceso a nuevos mercados, mediante la integración de las carteras de productos que están fuera del alcance de una compañía individual,
- Mejorar la productividad, al aumentar el uso de la capacidad productiva de cada nodo de la red,
- Mejorar la estabilidad, a través de la respuesta conjunta a las perturbaciones del entorno,
- Compartir los altos costos, tales como diseño de nuevos productos o campañas publicitarias.

Muchos han sido los intentos de establecer redes de PyMEs, pero los mismos no han producido hasta el momento los beneficios esperados por las compañías. Esto podría explicarse en parte por los siguientes motivos (Canavesio y Martínez, 2007: 796):

- Pérdida de autonomía e identidad de cada PyME, porque existe un nodo central que controla y distribuye las tareas a cada nodo en la red.
- Pérdida de la capacidad competitiva individual de cada PyME. Cada empresa sólo realiza algunas de las tareas involucradas en el ciclo de producción.
- Pérdida de control y dificultad para la gestión, debido fundamentalmente a la falta de una estructura organizacional que establezca claramente roles, responsabilidades y relaciones entre los participantes de la red.
- Énfasis en la cooperación y no en la competencia, por lo que los costos de las ineficiencias se distribuyen entre todos los nodos.

Para captar todos los beneficios que estas redes de empresas otorgan a las PyMEs y mitigar sus desventajas, es necesario definir un modelo de empresa para influir por diseño el comportamiento de cada PyME y las relaciones entre ellas. Existen diferentes enfoques denominados modelo de sistema viable (Beer, 1979: 30, 1984: 8, Holverstadt y Bowling, 2002: 2), bionic (Okino, 1989: 486, Okino, 1992:298), holonic (Van Brussel et al, 1998: 255, Valckenaers et al., 1998: 455, Fischer, 1999: 4, Huang et al., 2002: 300) y fractal (Warnecke, 1993: 45, Holverstadt, 2008: 35) que pueden ser empleados para definir un sistema de gestión distribuido para una red de PyMEs. Una comparación detallada de los últimos tres enfoques se encuentra en (Tharumarajah, 2003: 11). La idea



subyacente en todos ellos es la de una red flexible constituida por unidades autónomas e interdependientes. Tanto las ideas de modelo de sistema viable y fractal son las que se asocian con la gestión separada de los fines y de los recursos empleados en las actividades necesarias para el logro de las metas de las compañías. Por ello, este trabajo propone un modelo de empresa para integrar PyMEs a través de redes basado en el enfoque de la compañía fractal (Beer, 1979: 19; Warnecke, 1993: 35; Hoverstadt y Bowling, 2002: 5, Hoverstadt, 2008: 125). Este mayor nivel de autonomía del fractal también se refleja en una mayor capacidad de aprendizaje y de auto-organización (Canavessio y Martínez, 2007:800), generando la capacidad de mantener su existencia independiente a lo largo del tiempo a pesar de los cambios que se producen en el entorno (Beer, 1984: 20).

Con base en la revisión teórica expuesta precedentemente, en este trabajo se propone que en el modelo de empresa integrada, la unidad de gestión fractal se modela como un proyecto. Por lo tanto, cada proyecto es visto como una entidad autónoma y temporal dentro de la red de la empresa, en el que se combinan diferentes tipos de conocimientos para lograr un objetivo de negocio concreto (por ejemplo, completar una orden dada, desarrollar un producto, una campaña publicitaria, etc.). El modelo propuesto de sistema de gestión fractal basado en proyectos separa la gestión de fines de la gestión de los recursos necesarios para obtener tales fines, pero en ambos casos se recurre al concepto del proyecto como la unidad de gestión de fractal. Para ello, el modelo de empresa concibe a la unidad de gestión fractal como constituida por un gestor de proyecto y un objeto gestionado por éste.

Los objetos gestionados son fines o medios, por lo que los gestores de proyecto asumen el rol de gestor de fines o gestor de medios, respectivamente. Un gestor de fines se ocupa principalmente de la eficiencia en la ejecución de proyectos, a través de la aplicación de los mejores y más eficaces recursos, mientras un gestor de medios, debe garantizar el uso de recursos según lo programado y maximizar la utilización de sus recursos en el tiempo.

Según se observa en la Figura 1, un conjunto de PyMEs pertenecientes a un determinado sector industrial, son potenciales participes de diferentes redes virtuales y temporales formadas para el logro de objetivos concretos de negocios. Estas redes virtuales y temporales agrupan a gestores de proyectos y gestores de recursos involucrados en el logro de una meta concreta. Estos gestores, que pueden pertenecer a la misma o a diferentes PyMEs, se vinculan sólo por el tiempo que les demande el logro de la meta, luego cada uno de ellos se involucra en otro u otros diferentes y nuevos proyectos.

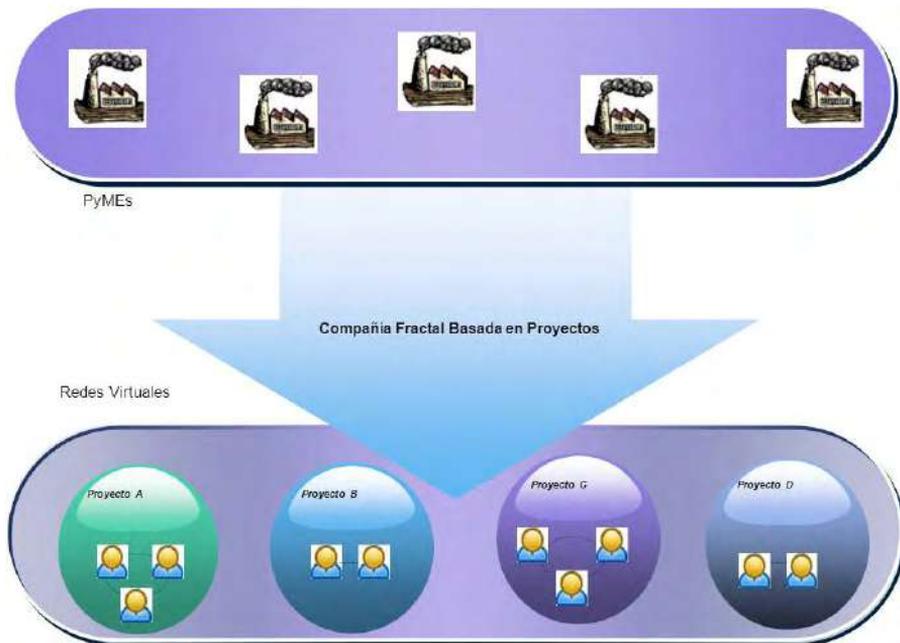
Así, el modelo de empresa propuesto se presenta como una colección de relaciones temporales y virtuales entre gestores de proyectos que pertenecen

a estas PyMEs. Por ello, el concepto organizacional clave en el modelo de la compañía fractal basada en proyectos, es el de relaciones cliente-servidor que se establecen entre los gestores de proyecto. A través de estas relaciones, temporales y virtuales, los gestores de proyecto interactúan entre ellos. Estas relaciones se establecen mediante algún mecanismo de libre negociación.

Para ejemplificar los conceptos involucrados en el modelo de empresa propuesto, se utiliza un ejemplo hipotético relacionado con el proceso de desarrollo de un nuevo producto farmacéutico.

Este trabajo se estructura de la siguiente manera: la sección 1, ha introducido la problemática abordada y ha propuesto un modelo teórico de empresa para mitigar la misma. La sección 2 define un modelo de empresa integrada, describiendo y analizando el diseño conceptual del modelo de compañía fractal basada en proyectos. La sección 3 presenta un ejemplo hipotético referido a redes de empresas que diseñan y desarrollan nuevos fármacos, para analizar las propiedades y características que presenta el modelo de la compañía fractal propuesta. Finalmente, en la sección 4 se enumeran los principales aportes de este trabajo.

**Figura 1.** Red de PyMEs basada en proyectos



**Fuente:** elaboración propia.



## 2. Modelo de empresa fractal basada en proyectos para redes de PyMEs

Extendiendo la definición de modelo de empresa dada por (Koubarakis y Plexousakis, 2002: 302 ; Wesenberg, 2011: 126), un modelo de *empresa integrada* es una abstracción que describe y representa las principales estructuras y relaciones, flujos de información, funciones, metas, recursos, comportamiento de los actores y las restricciones dentro de una red de empresas como un todo (Canavessio y Martínez, 2007: 800; Wesenberg, 2011: 126).

Las principales ventajas de un modelo de empresa integrada son que:

- Permite ofrecer respuestas precisas a preguntas tales como: ¿Qué está haciendo el actor X?, ¿Quién está haciendo la actividad Y?, ¿Cuándo, dónde, cómo y por qué se realiza la actividad Y ?.
- Favorece una perspectiva holística que permite describir y analizar la dinámica y las limitaciones de la red de empresas.
- Hace hincapié en el aprendizaje colectivo y la acumulación de conocimientos. Los siguientes apartados describen y analizan el diseño conceptual de las principales componentes del modelo de la compañía fractal basada en proyectos

### 2.1 Unidad de gestión fractal o proyecto

El modelo de empresa integrada para redes de PyMEs que se presenta, se basa en la idea de la compañía fractal. La compañía fractal es un modelo de empresa conceptual que tiene como objetivo lograr un alto grado de flexibilidad para reaccionar y adaptarse rápidamente a los cambios ambientales utilizando unidades organizativas descentralizadas y autónomas conocidas como fractales.

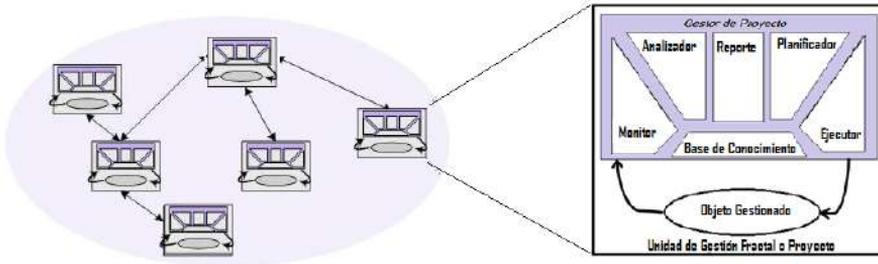
El término 'fractal' se ha tomado prestado desde el dominio matemático (Mandekbrot, 1978: 35). Un fractal se define como una forma o estructura que describe un patrón idéntico que se replica, a sí mismo en distintos niveles de abstracción, de manera recursiva (Mandekbrot, 1978: 45). El concepto de unidades autónomas e interdependientes asumiendo las características de los fractales fue introducido en el dominio de las organizaciones por (Beer, 1979: 19; 1984: 9, Warnecke, 1993: 30). Una unidad fractal se define como una entidad corporativa que actúa de forma independiente para alcanzar los objetivos de la empresa, que tiene metas únicas, que logra resultados concretos y que posee rendimientos precisos que les permiten auto-optimizarse. (Warnecke, 1993: 30; Holverstadt y Bowling, 2002: 8, Sih, 2002:

18, Ryu et al., 2003: 170). En Canavesio y Martínez (2007: 803) se realiza una especificación detallada sobre el diseño de la unidad fractal, es decir de su estructura organizativa interna y de sus interacciones. En la bibliografía sólo se encuentran descripciones conceptuales de la compañía fractal. Hoverstadt (2008: 25) define la estructura fractal de la empresa a través de relaciones sistema-subsistemas, donde estos últimos se consideran que tienen la misma estructura y características de organización genéricas que el sistema en el que están contenidos. Sandkuhl y Kirikova (2011: 200) utilizan una técnica de modelado general para encontrar cualquier tipo de estructuras fractales en modelos de empresa, basados en las características genéricas de los fractales de una organización. En Bider et al. (2012: 62) se sugiere un nuevo tipo de modelo de empresa que conecta los procesos empresariales a una estructura en forma de árbol donde los principales procesos de la empresa sirven como raíz del mismo. El árbol se expande a través de la búsqueda de todos los activos necesarios para el buen funcionamiento de los procesos principales, y después de eso, a través de la búsqueda de todos los procesos de apoyo que se necesitan para manejar estos activos. Ramanathan (2005: 53) propone el uso de un patrón de procesos de sentido-respuesta en diferentes niveles del proceso, cada uno formado por el mismo patrón: exigencia, ejecución y entrega. La diferencia entre el enfoque presentado en este trabajo y la propuesta de Ramanathan (2005: 53) es que éste mira los detalles del proceso individual, y no define una estructura organizativa en la cual tal proceso tiene lugar, al igual que ocurre con las propuestas de Hoverstadt (2008: 25) y Sandkuhl y Kirikova (2011: 200).

En el modelo de empresa fractal para red de PyMEs propuesto, la unidad de gestión fractal se modela como un proyecto. Por lo tanto, cada fractal o proyecto es visto como una unidad auto-optimizada, autónoma y orientada a metas, donde se combinan diferentes tipos de conocimientos para lograr un objetivo concreto (por ejemplo, completar una orden dada, desarrollar un producto, encarar una campaña publicitaria, etc.). Además, existe un gestor de proyecto que posee libertad para administrar el uso de los recursos a fin de hacer posible el logro de la meta del proyecto. Según este modelo, tanto los fines como los medios son gestionados por un proyecto. Así, la unidad de gestión fractal está constituida por un gestor de proyecto y un objeto gestionado por éste (Figura 2). El gestor de proyecto es capaz de detectar la situación actual de la unidad fractal, para interactuar con otros gestores de proyecto, supervisar el objeto gestionado y su entorno con el fin de construir y ejecutar planes de acción basados en el análisis de esta información. Además, la capacidad de aprendizaje le permite acumular conocimiento a partir de las acciones realizadas por cada gestor de proyecto.



**Figura 2.** Estructura interna de la unidad de gestión fractal propuesta



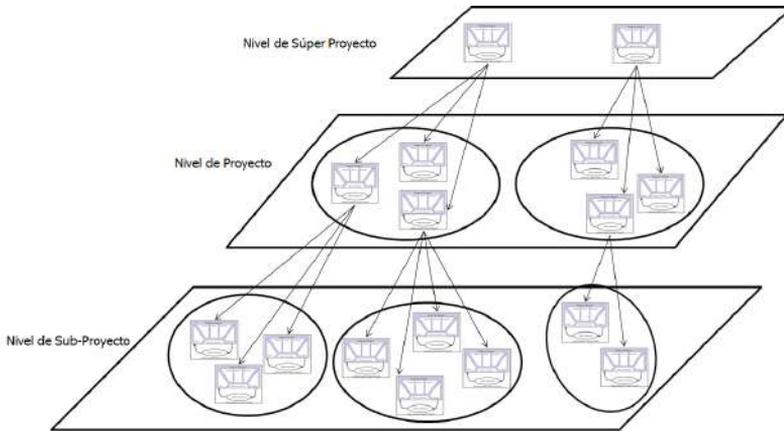
**Fuente:** Elaboración propia.

Cada instancia de un proyecto como fractal tiene las siguientes características que están presentes en todo nivel de abstracción:

- **Autonomía.** En cada proyecto, el gestor de proyecto posee la suficiente libertad para ejecutar las actividades y controlar los recursos a fin de lograr la meta del proyecto.
- **Orientada a la meta.** Cada proyecto produce un resultado específico para un cliente claramente identificado y utiliza como entradas entregables de uno o varios proyectos.
- **Auto-similitud.** La estructura mostrada en la Figura 2 es un patrón que se repite en todos los niveles de abstracción. Así, esta característica permite definir relaciones recursivas entre los proyectos. En otras palabras, cada proyecto se puede definir como una parte de un súper proyecto o conteniendo distintos niveles de sub-proyectos (sub-proyectos, sub-sub-proyectos, ..., etc.). Cada caso particular de proyecto es en sí mismo un conjunto parcialmente ordenado de actividades conducentes a una sub-meta que puede ser a su vez una entrada para otra instancia de proyecto (Figura 3).
- **Aprendizaje.** Cada proyecto almacena el conocimiento y la información que les permite a los gestores de proyectos mejorar la toma de decisiones.
- **Auto-optimización.** El desempeño del gestor de proyecto está en constante evaluación. Por ello, debe revisar sus metas y objetivos, política de decisión y actuación para ajustarlas a las exigencias de su entorno, mejorando así su eficiencia y eficacia.



**Figura 3.** Característica recursiva y de similitud del proyecto como fractal



**Fuente.** Elaboración propia.

- Auto-organización. El gestor de proyecto es un actor o agente autónomo e inteligente, cuyo comportamiento no está estrictamente programado. Esto genera que el gestor de proyecto deba permanente adaptar su comportamiento e interacciones con otros gestores de proyectos con el fin de lograr la meta asignada. La característica de auto-organización permite que la compañía fractal se reconfigure dinámicamente para responder y adaptarse a los constantes cambios internos y externos. En la compañía fractal, permanentemente se crean nuevas instancias de proyectos y otras desaparecen y con ellas las relaciones que se establecen entre los gestores de proyecto. El ejemplo hipotético que se presenta en la sección 3 ilustrará el proceso de reestructuración dinámica en la compañía fractal basada en proyectos.
- Un proyecto es una entidad temporal dentro de la red de PyMEs, cuya meta debe lograrse en una cantidad limitada de tiempo.
- Los proyectos tienen un ciclo de vida que refleja cinco fases siempre presentes: (1) Especificación- ¿Qué? (2) Planificación - ¿Cómo? ¿Quién? ¿Cuándo? (3) Ejecución (4) Control de la eficacia y eficiencia (5) Cierre. Las fases (3) y (4) son concurrentes. Si se detecta una situación anormal o un evento no planeado, es necesario reparar el plan del proyecto con el fin de lograr su meta. Por lo tanto, las fases (2) a (4) se repiten nuevamente.
- Vista holística. Como se mencionó antes, el gestor de proyecto decide basado en su propia experiencia y su conocimiento, la forma de obtener la meta asignada y cómo mejorar permanentemente su productividad, siempre con vistas a alcanzar los objetivos de la compañía fractal como un todo. Esta visión holística de la red de PyME genera la idea de gestión



del conjunto de empresas vinculadas virtual y temporalmente para lograr objetivos de negocio, a pesar de la descentralización en la gestión y control de las sub-metas de los que cada compañía son responsable.

Uno de los atractivos del enfoque fractal basado en proyectos es su estructura de gestión recursiva. Esta estructura, por un lado, se presta naturalmente a la toma de decisiones descentralizada y por otro lado, integra un diseño organizacional que es adaptable y sensible a las perturbaciones internas y externas de las PyMEs participantes (Canavessio y Martínez, 2007: 799).

## **2.2 Diseño conceptual**

Con el fin de lograr un alto grado de flexibilidad, eficacia y eficiencia en la asignación y utilización de los recursos y las competencias básicas de las PyMEs, el modelo propuesto pone de relieve la necesidad de separar la gestión de los fines o metas de la gestión de los medios o recursos empleados para el logro de tales fines (Canavessio y Martínez, 2007: 799).

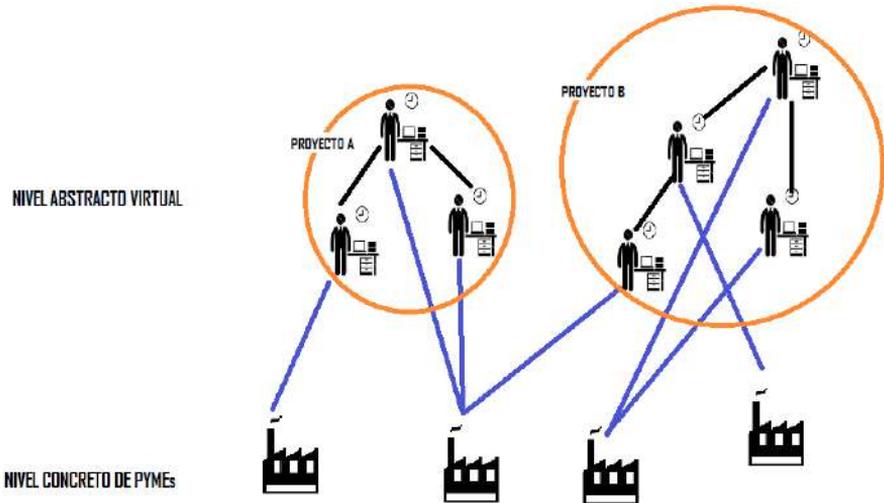
Cada unidad de gestión fractal o proyecto está formada por un gestor de proyecto y un objeto gestionado (fin o medio). Los gestores de proyecto son entidades activas, autónomas e inteligentes en la red de PyMEs que toman decisiones y realizan tareas para alcanzar las metas del proyecto. Para ello, el gestor de proyecto define un plan y negocia recursos con otros actores, controla la ejecución del plan y administra los recursos asignados. Los objetos gestionados son entidades pasivas, cuyos estados cambian como resultado de acontecimientos externos que tienen lugar en el entorno de la unidad fractal o por las decisiones adoptadas por los gestores de los proyectos.

Una unidad de gestión fractal o proyecto se crea para lograr una meta específica. Esta meta describe el resultado deseado para el proyecto y guía el diseño y ejecución del plan de tareas del mismo, al definir el conjunto de atributos que describe el resultado deseado y los aspectos económicos y temporales que limitan el presupuesto que se puede gastar en el marco de la ejecución del plan. Un plan de trabajo es una red de tareas ordenadas que se deben ejecutar para alcanzar la meta del proyecto. En esta red, cada tarea tiene una duración de tiempo asignado, entradas y salidas, restricciones y recursos que serán utilizados o consumidos durante la ejecución de la misma. Con el propósito de reducir la complejidad y facilitar la tarea de planificar y monitorear grandes proyectos, el gestor de un proyecto puede decidir dividir la meta del mismo en sub-metas, que a su vez deben ser alcanzados por otras instancias de proyecto (sub-proyectos).

Como lo muestra la Figura 4, el modelo de la compañía fractal basada en proyectos se constituye, por un lado, de un nivel concreto donde se encuentran las PyMEs que participarían del logro de metas de negocios y por

otro, de un nivel abstracto donde se definen las redes virtuales y temporales a través de las relaciones cliente-servidor entre gestores de proyecto y gestores de recursos involucrados en el logro de objetivos de negocios específicos.

**Figura 4.** Modelo Conceptual de la Compañía Fractal basada en Proyectos.



**Fuente:** Elaboración propia.

### 2.2.1 Gestor de proyecto, roles y relaciones

En el modelo propuesto, los responsables de cada proyecto son actores o agentes humanos o artificiales (por ejemplo, un agente de software), que tienen las habilidades requeridas para desempeñar alguno de los roles definidos por el modelo de empresa. Formalmente, un rol define un conjunto de responsabilidades, competencias y protocolos de comunicación, además del conjunto de habilidades y capacidades que son necesarias cumplir por el actor que lo desempeñará. El modelo de la compañía fractal basada en proyectos define dos roles para quienes gestionan las unidades fractales o proyectos, el gestor de fines y gestor de medios, dependiendo de si el objeto gestionado por el fractal es un fin o recurso, respectivamente.

Así, el gestor de fines es responsable de administrar, coordinar e integrar las tareas multidisciplinarias e interdependientes necesarias para lograr la meta de su proyecto, considerando las restricciones y condiciones de la misma. Para ello, deberá crear un plan del proyecto desagregando la meta del mismo en una serie de sub-metas, algunas de las cuales pueden ser delegadas a otras unidades fractales de gestión para su logro. Durante la etapa de ejecución y monitoreo del proyecto, el gestor del mismo tiene la responsabilidad de seguir el progreso del plan de tareas definido, gestionar y administrar



eficientemente los recursos asignados al proyecto, recibir información desde los niveles de sub-proyectos, coordinar la ejecución de tareas del plan con los sub-proyectos, detectar y corregir desvíos con respecto a lo programado y situaciones anormales que hacen no factible el logro de la meta del proyecto, y en tal circunstancia, iniciar acciones de reparación del plan. Cuando el proyecto finaliza su ejecución, el gestor del proyecto es responsable de llevar a cabo el cierre del mismo.

Un gestor de medios será responsable de proveer, en tiempo y forma, de los medios o recursos comprometidos para el logro de un dado fin, realizando las diligencias necesarias para satisfacer tal compromiso. Además, un gestor de medios deberá velar por el correcto funcionamiento de los medios o recursos que gestiona llevando a cabo las tareas de mantenimiento preventivo, la calibración de instrumentos de medición, la verificación de la validez, de los recursos que se almacenan, el acondicionamiento del ambiente necesario para mantener el adecuado funcionamiento de los recursos.

Las relaciones cliente-servidor que se establecen entre gestores de proyectos, definen la estructura organizacional de la compañía fractal basada en proyectos. Estas relaciones se establecen entre un gestor de proyecto que desempeña el rol de gestor de fines con otro actor que se desempeña como gestor de medios o recursos. En esta relación el gestor de fines es el consumidor o cliente de un determinado recurso que es provisto por un dado gestor de medios. Este último es responsable de satisfacer las necesidades de recursos y el gestor de fines es responsable por el buen uso y manejo del recurso asignado. En otro caso, se establece una relación cliente-servidor entre dos gestores de proyectos que están desempeñando el rol de gestor de fines en diferentes niveles de abstracción (proyectos y sub-proyectos). En el modelo de empresa, existe una restricción por la cual el rol de gestor de fines no podrá ser desempeñado por un gestor de proyecto que asume este mismo rol en un proyecto descendiente al proyecto que gestiona. En estas relaciones, el gestor de proyecto padre sólo lleva a cabo acciones de coordinación entre los sub-proyectos y las tareas que él mismo gestiona.

Las relaciones cliente-servidor se definen como relaciones temporales, es decir que los vínculos entre los gestores de proyecto se establecen por un lapso de tiempo determinado. Estas relaciones se establecen por libre negociación entre los actores de las PyMEs que están interesadas en explotar una dada oportunidad de negocio. Además, si los actores involucrados en una relación dada pertenecen a la misma empresa, ésta se denomina relación intra-empresa, de lo contrario la relación es entre-empresas. Los

diferentes tipos de relaciones serán ejemplificados mediante un ejemplo hipotético en la siguiente sección.

Al establecer una relación cliente-servidor, los gestores de proyectos involucrados interactúan hasta que la relación se extingue. Los gestores de proyecto intercambian mensajes principalmente cuando:

- Un gestor de sub-proyecto informa al gestor del proyecto padre, sobre el estado del sub-proyecto que gestiona.
- Un gestor de proyecto padre solicita al gestor del sub-proyecto información sobre la situación del mismo.
- Un gestor de proyecto padre envía al gestor de un sub-proyecto informe de coordinación entre las tareas de su plan y otros sub-proyectos.
- Un gestor de medios informa al gestor del proyecto cliente que el recurso comprometido oportunamente se encuentra listo para ser utilizado o consumido por tareas de su proyecto.
- Un gestor de proyecto cliente informa al correspondiente gestor de recursos que ha capturado el recurso y que se encuentra en uso.
- Un gestor de proyecto cliente informa al correspondiente gestor de recurso que libera el recurso oportunamente capturado.
- Un gestor de proyecto cliente comunica al gestor de recurso correspondiente que el recurso capturado para ser utilizado o consumido por su proyecto no posee las funcionalidades acordadas o que el mismo ha salido de servicio.
- Un gestor de recurso anuncia la indisponibilidad de un dado recurso a los gestores de proyectos (clientes) afectados por tal situación.
- Un gestor de proyecto cliente podría solicitar al correspondiente gestor de recursos informe sobre la situación de un recurso comprometido.
- Un gestor de recursos puede solicitar informe, a un dado gestor de proyecto cliente, sobre la situación de un recurso propio capturado por éste.

### 3. Ejemplo Hipotético

El modelo de empresa fractal basado en proyectos se ejemplifica a través de una red hipotética de empresas perteneciente al sector bio-industrial y farmacéutico, vinculadas al proceso de desarrollo de nuevos productos farmacéuticos. En primer lugar, se presenta una breve descripción del proceso de desarrollo de fármacos. Posteriormente, se analizan los roles y



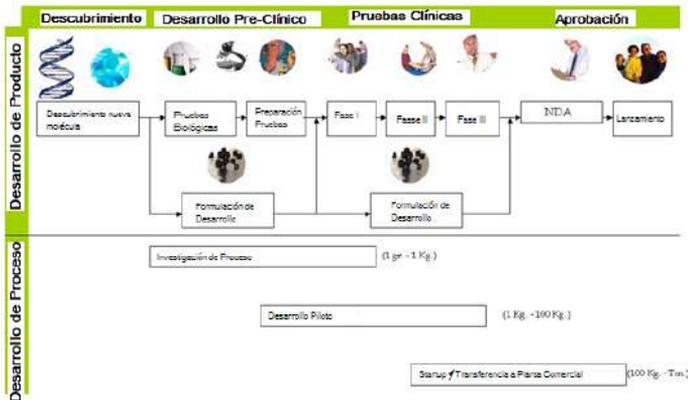
las relaciones definidas en el modelo propuesto y cómo eventos internos y externos causan que la estructura organizacional de la compañía fractal, cambie y se adapte a la nueva situación a través del tiempo.

### 3.1 Descripción del proceso

En la industria farmacéutica el ciclo de desarrollo de productos típicamente puede extenderse por aproximadamente diez años, y se divide en cuatro etapas (Pisano, 1997:117): descubrimiento, desarrollo preclínico, ensayos clínicos, y la aprobación por los entes reguladores (Figura 5).

Durante la etapa de descubrimiento, se identifican las moléculas que pueden resultar seguras y eficaces en el tratamiento de una dada enfermedad. Una vez que una molécula se descubre o se sintetiza, la fase de investigación preclínica comienza, con el objetivo de obtener información sobre las propiedades terapéuticas de la molécula. Para esto, se realizan análisis preclínicos en tubos de ensayo y animales de laboratorio. La siguiente etapa importante del desarrollo de fármacos son los ensayos clínicos en seres humanos. Una vez que una compañía tiene confianza razonable en la seguridad de un compuesto y sus beneficios terapéuticos, puede comenzar las pruebas en pacientes humanos. Durante la fase I de ensayos clínicos, se administra el fármaco a una pequeña muestra de voluntarios sanos para determinar la seguridad de los medicamentos. Los ensayos de fase II están diseñados para determinar el régimen de dosificación y la forma apropiado para la droga. En general, el fin de los ensayos de fase II marca un importante hito del proyecto. En este momento, la empresa debe tener relativa confianza en que el medicamento no tiene efectos secundarios graves y sabe qué dosis son las más efectivas. Así la empresa toma la decisión de “ir o no ir” en la Fase III.

**Figura 5.** Proceso de desarrollo de un nuevo fármaco



**Fuente:** Adaptado de Pisano, 1997:117.

Los ensayos de la fase III, implican comparaciones directas de la droga contra placebos o medicamentos existentes en una amplia muestra de pacientes. Es la fase más costosa de los ensayos clínicos en seres humanos. Una vez finalizados los ensayos de fase III, la empresa debe presentar sus datos clínicos para su revisión a la entidad reguladora. Paralelamente al desarrollo preclínico comienza la etapa el desarrollo del proceso de elaboración del fármaco, que implica tres fases: (1) la investigación del proceso, en el que se explora y elige una ruta de síntesis que constituye la arquitectura básica del proceso, (2) el desarrollo piloto, en el que se ejecuta, evalúa y refina el proceso en una planta piloto intermedia; y (3) la transferencia de la tecnología y puesta en marcha, en el que el proceso se transfiere y se adapta a la planta de fabricación comercial.

### **3.2 *La compañía fractal farmacéutica***

Las empresas que constituyen el ejemplo hipotético, son pequeñas y medianas empresas químicas, farmacéuticas y de biotecnología, que participan como gestores de meta o proveedores de recursos en diferentes proyectos de descubrimiento y desarrollo de nuevos fármacos.

Típicamente, varios proyectos de este tipo están activos en el portafolio del área de desarrollo y experimentan distintas etapas de su ciclo de vida. En cualquier momento nuevas instancias de proyectos pueden ser creadas y otras pueden desaparecer. Cuando un proyecto se planifica, el mismo podría dividirse en sub-proyectos asociados, por ejemplo con la investigación del proceso de desarrollo y la producción de pequeños lotes para satisfacer pruebas preclínicas o clínicas, éstos a su vez, pueden dividirse en nuevos sub-proyectos asociados, por ejemplo con la creación de una planta piloto. Cada nuevo sub-proyecto se delega para su administración a otros gestores de proyecto que pueden pertenecer a la misma o a distintas compañías en la red de PyMEs.

Los proyectos activos requieren recursos para ejecutar su plan de tareas. Para esta red hipotética de compañías del sector farmacéutico, los recursos pueden ser laboratorios necesarios para hacer ensayos preclínicos, estudios farmacológicos, pequeñas plantas químicas o polivalentes que permiten la producción de lotes para ensayos clínicos, recursos humanos especializados (químicos, biólogos entre otros) etc., administrados por diferentes gestores de proyectos, en su rol de gestores de medios o recursos.

Por la extensión temporal de los proyectos considerados en este ejemplo, los mismos tienen varios hitos importantes en los que el gestor del proyecto debe decidir si el mismo continúa o no, por lo que los requerimientos de recursos y las delegaciones de sub-proyectos entre los gestores de proyectos están condicionados por la evolución exitosa de proyecto en el tiempo causando que la estructura de la compañía fractal cambie dinámicamente.

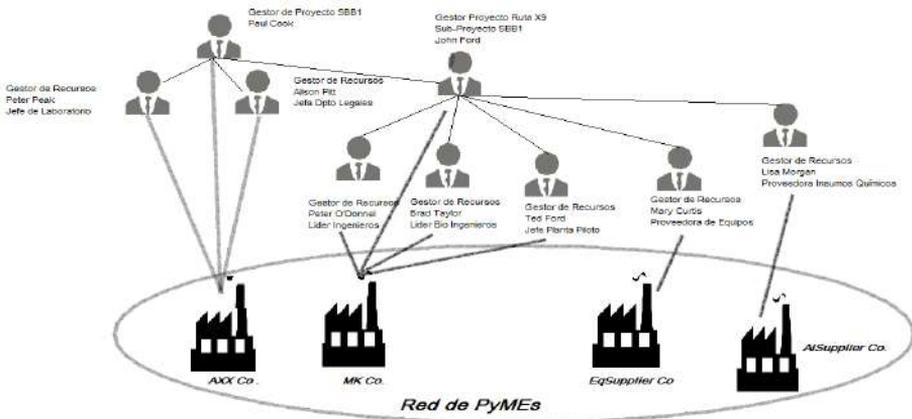
En pocas palabras los siguientes párrafos describen el ciclo de vida del proyecto denominado SBB-1 y analiza las relaciones cliente-servidor que se establecen entre los gestores de proyectos de las diferentes PyMEs involucradas. El objetivo del proyecto es llevar a cabo ensayos pre-clínicos y clínicos de la molécula SBB-1 para el tratamiento de infecciones, además de considerar el desarrollo del proceso de manufactura del fármaco resultante, con el fin de lograr la aprobación oficial y lanzar el nuevo medicamento al mercado. Este proyecto está dirigido por Paul Cook, que pertenece a la compañía denominada AXX Co. El proyecto incluye un sub-proyecto denominado “Desarrollo y ampliación ruta X9” que fue delegado a la compañía MK Co, una empresa de biotecnología de tamaño medio. Además, Paul Cook ha establecido relaciones cliente-servidor con diferentes servidores de recursos, por ejemplo, Peter Peak, jefe de laboratorio de AXX Co, donde se llevarán a cabo pruebas y experimentos con animales para la evaluación inicial de SBB-1 y su desarrollo preclínico. Por otro lado, también concretó una relación cliente-servidor con Alison Pitt, jefe del Departamento legal de la compañía AXX Co, quien será la responsable de la tarea “Redacción y presentación formal de la solicitud de aprobación del nuevo fármaco”.

John Ford, de MK Co, es el gestor del proyecto “Desarrollo y ampliación ruta X9”. La meta de este proyecto es llevar a cabo el desarrollo del proceso y proporcionar las muestras de medicamentos para los ensayos preclínicos y clínicos. Por lo tanto, una relación cliente-servidor se establece entre Paul Cook y Peter Peak. A su vez, Peter Peak define un plan de proyecto sin sub-proyectos, pero establece varias relaciones con servidores de recursos que pertenecen a distintas empresas que les proveerán de recursos, tales como ingenieros químicos, bio-ingenieros, plantas piloto, plantas dosificadoras, materia prima y proveedores de ingredientes activos.

Gráficamente, las relaciones cliente-servidor mencionadas definen la red temporal de empresas se muestran en la Figura 6. Además, se observan relaciones establecidas entre actores pertenecientes a la misma empresa como por ejemplo las relaciones cliente-servidor entre Cook, Peak y Pitt que pertenecen a AXX Co y relaciones entre-empresas definidas entre los actores Ford, Morgan y Curtis que pertenecen a MK Co., AlSupplier Co. y EqSuplier Co., respectivamente.

Si bien el proyecto SBB-1 avanza, ocurren varios problemas y su gestor debe tomar decisiones con el fin de lograr la meta del proyecto. Por ejemplo, los resultados de las pruebas clínicas son exitosos por lo que demanda mayor cantidad de droga experimental, pero el proyecto de desarrollo de la misma enfrenta dificultades para satisfacer tal demanda.

**Figura 6.** Estructura organizacional de la compañía fractal del caso de estudio



**Fuente:** Elaboración propia.

Por lo tanto, Peak, el gestor del proyecto de desarrollo, tiene que reparar el plan del proyecto en un intento de resolver el problema actual. Para poder satisfacer la demanda de los grupos de prueba, se fabrican lotes del compuesto SBB-1 siguiendo una serie de pasos llamados ruta de síntesis. La ruta de síntesis de este compuesto involucra veintitrés pasos y se llama X9. Cuando el gestor del proyecto repara el plan de tareas, decide dividir la tarea de fabricación de los lotes para ensayos entre esta planta piloto y contratar otra de mayor capacidad. Por ello, los tres últimos pasos de ruta X9 los mantiene en la actual planta y los primeros veinte pasos se transfieren a la planta piloto de la compañía MK Co. Además, el grupo de ingeniería química de esta planta piloto asume la responsabilidad de mejorar esta parte del proceso de producción. Por lo tanto, un nuevo sub-proyecto se incluye en el proyecto SBB-1 que es administrado por Brad Thompson, quien pertenece a la División de Ingeniería de MK Co. De esta manera, se establece una nueva relación cliente-servidor entre Peter Peak y Brad Thompson, quien, a su vez, define un plan para el nuevo proyecto y asigna los recursos necesarios. La Figura 7 muestra la empresa fractal reconfigurada según la actual situación de la misma.

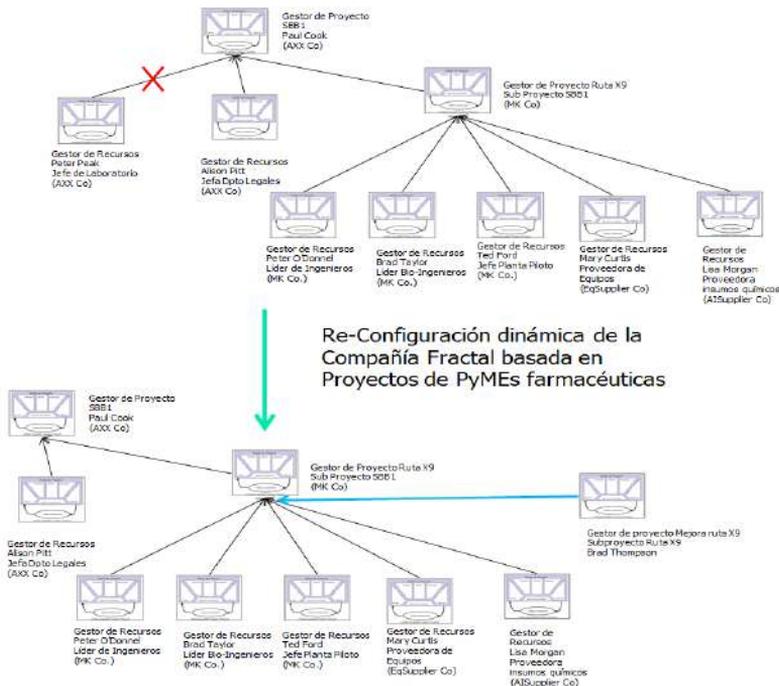
Después de un tiempo, el proyecto continúa con los ensayos de fase III. Los resultados clínicos son excelentes, pero el proceso de fabricación tiene todavía problemas graves, por lo que Cook decide investigar rutas de síntesis alternativas. Debido a que la mayor parte de los recursos técnicos para el proyecto han sido consumidos tratando de optimizar la ruta X9, Cook busca formar una alianza con otras pequeñas o medianas empresas farmacéuticas interesadas en el desarrollo de estas rutas alternativas. Por lo tanto, AXX Co. y PharmaT Co. llegan a un acuerdo para investigar y desarrollar rutas alternativas para SBB-1. Por lo tanto, se crea un nuevo sub-proyecto en el



plan de proyecto de Paul Cook y un nuevo proyecto para PharmaT Co. donde Laura Sullivan es nombrada como gestor del mismo. Una vez más, la red temporal de relaciones se modifica por las nuevas relaciones cliente-servidor (Figura 8).

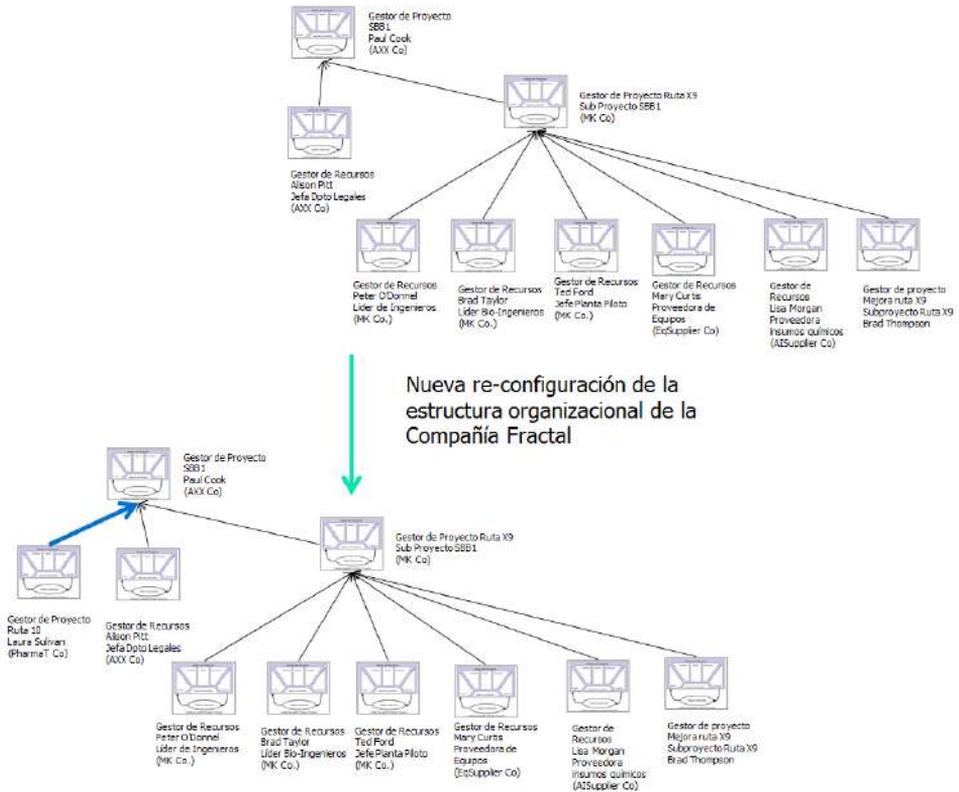
Iniciada la investigación preliminar de rutas de síntesis alternativas, la ruta X10 de diecinueve pasos, parece prometedora. La ruta X9 continúa con grandes problemas y Paul Cook sabe que esta ruta no será comercialmente viable. Por ello, a pesar que la ruta X10 fue sólo probada a pequeña escala y que presenta algunos problemas fácilmente salvables, Cook decide adoptar la ruta X10 en reemplazo de la X9. Así, reasigna los recursos económicos y técnicos del sub-proyecto abortado al sub-proyecto ruta X10. Mientras tanto, Cook consigue fondos que le permiten incrementar los recursos para las tareas de la ruta X10 y poder lanzar SBB-1 al mercado en la fecha programada. Así, nuevas relaciones cliente-servidor se establecen, otras desaparecen y los planes de los proyectos se reparan cada vez que existen desvíos con el fin de alcanzar los objetivos del proyecto. Cada uno de estos eventos causa una re-configuración de la compañía fractal farmacéutica.

**Figura 7.** Reconfiguración de la compañía fractal del caso de estudio



**Fuente:** Elaboración Propia.

**Figura 8.** Nueva reconfiguración de la Compañía fractal Farmacéutica...



Fuente: Elaboración propia.

#### 4. Conclusiones

Se ha propuesto un modelo de empresa fractal basado en proyecto para redes de PyMEs. En este modelo, cada proyecto es una unidad auto-similar, autónoma, auto-optimizada y auto-organizada dentro de la red de PyMEs. El modelo es propicio para integrar empresas que llevan a cabo emprendimientos que son innovadores y requieren de la intervención de múltiples disciplinas para lograr tales metas.

El modelo de empresa propuesto en este trabajo contribuye al área de las organizaciones fractales definiendo una unidad fractal concreta para la gestión de la red de PyMEs que adopta las características y estructura de un proyecto. El modelo define la estructura interna constituida por el gestor de proyecto y el objeto que es gestionado. Cada unidad fractal es una unidad autónoma cuyo gestor de proyecto implementa un bucle de monitoreo, análisis, planificación y ejecución que le permite la viabilidad de la unidad fractal independientemente de los cambios de su entorno. Además, se han



descripto las interacciones concretas que se llevarán a cabo entre los gestores de proyecto.

Por otro lado, se propone un modelo para integrar empresas de modo virtual y temporal, cuya estructura organizacional se sustenta en el concepto de relaciones cliente-servidor establecidas por libre negociación entre actores que desempeñan roles de gestores de proyecto y gestores de recursos, que pertenecen a las diferentes PyMEs. Estas relaciones tienen vigencia por el tiempo que el proyecto se encuentre en ejecución, luego de lo cual los actores se liberan para reconstruir estructuralmente a la compañía fractal.

Para ilustrar el modelo de la compañía fractal basada en proyectos se utilizó un estudio de caso hipotético relacionado al proceso de desarrollo de nuevos productos farmacéuticos en una red de PyMEs, perteneciente al sector farmacéutico y de biotecnología. Este caso de estudio permitió resaltar las características fractales del proyecto (auto-similaridad, auto-optimización, auto-organización) justificando así su elección como la unidad fractal de gestión. Además, el caso contribuyó especialmente a demostrar cómo dinámicamente la estructura organizacional de la compañía fractal varía y se adapta rápidamente a las exigencias del mercado.



## Referencias bibliográficas:

- BASOLE, Rahul y ROUSE, William, et al. (2011). Models of Complex Enterprise Networks. En: Journal of Enterprise Transformation Vol. 1 N° 3. Cambridge: MIT. Pp. 208-230.
- BEER, Stafford. (1979). The heart of enterprise. Chichester: Wiley.
- BEER, Stafford. (1984). The VSM- it provenance, development, methodology and pathology. En: Journal of the Operational Research Society N° 35. Londres: Springer. Pp. 7-25.
- BIDER, Ilia, PERJOUS, Erick y ELIAS, Mturi. (2012). Untangling the dynamic structure of an enterprise by applying a fractal approach to business process. En: Proceeding of 5th IFIP WG 8.1 Working Conference. Rostock (Ale.): PoEM. Pp. 61-75.
- CANAVESIO, Mercedes y MARTINEZ, Ernesto. (2007). Enterprise modeling of a project-oriented fractal company for SMEs networking. En: Computers in Industry N° 58. Amsterdam: Elsevier. Pp. 794-813.
- ELMARAGHY, Hoda. (2009). The cognitive factory. En: Changeable and reconfigurable manufacturing systems. London: Springer. Pp. 1015-1024.
- FISCHER, Klaus. (1999). Agent-based design of holonic manufacturing systems. En: Robotics and Autonomous Systems N° 27. Amsterdam: Elsevier, Pp. 3-13.
- HOVERSTADT, Patrick, BOWLING, Diane. (2002). Modeling Organizations using the viable system model. En: Royal Academy of Engineering. Madrid: Systems Engineering Workshop. Pp. 1-14.
- HOVERSTADT, Patrick. (2008). The fractal organization: Creating sustainable organization with the viable system model. Hoboken (E.U.A): John Wiley & Son.
- HAUNG, Biqing y GOU, Hongmei. Et al. (2002), A framework for virtual enterprise control with the holonic manufacturing paradigm. En: Computers in Industry N° 49. Manchester: University of Manchester. Pp. 299-310.
- KOUBARAKIS, Manalis y PLEXOUSAKIS, Dimitris. (2002). A formal framework for business process modeling and design. En: Information Systems Vol. 27 N° 5. Amsterdam: Elsevier. Pp. 299-319.
- MANDELBROT, Benoit. (1978). Fractal: Form, chance, and dimension. New York: W.F. Freeman & Company.
- MOORE, Samuel y MANRING, Susan. (2009). Strategy development in small and medium sized enterprises for sustainability and increased value creation. En: Journal of Cleaner Production Vol. 17 N° 2. Amsterdam: Elsevier. Pp. 276-282.
- OKINO, Norio. (1989) Bionic manufacturing systems - Modelon-based approach. En: Proceeding of the CAM-I 18th Annual International Conference. New Orleans (E.U.A). Pp. 485-492.
- OKINO, Norio. (1992). A prototyping of bionic manufacturing systems. En: Proceeding of the International Conference on Object-Oriented Manufacturing Systems. Calgary. Pp. 297-302.
- OSTERLE, Hubert, FLEISCH, Elgar y ALT, Rainer. (2000). Business networking: shaping enterprise relationships on the internet. Berlin: Springer-Verlag.
- PISANO, Gary. (1997). The development factory. Boston: Harvard Business School Press.



- RAMANATHAN, Jay. (2005). Fractal architecture for the adaptive complex enterprise. En: Communications of the ACM N° 48. New York: ACM. Pp. 51-57.
- RESE, Alexandra y BAIER, Daniel. (2011). Success factors for innovation management in networks of small and medium enterprises. En: R&D Management Vol. 41 N°2. Hoboken (E.U.A): John Wiley & Son. Pp 138-155.
- RYU, Kwangyael, SON, Youngjun y JUNG, Mooyoung. (2003). Modeling and specifications of dynamic agents in fractal manufacturing systems. En: Computers in Industry Vol. 52 N°2. Amsterdam: Elsevier. Pp. 161-182.
- SANDKUHL, Kurt y KIRIKOVA, Marite. (2011). Analyzing enterprise models from a fractal organization perspective – Potential and Limitations. En: Chapter in the Practice of Enterprise Modeling Vol. 92. Londres: Springer. Pp. 193-207.
- SIHN, Wilfried. (2002). Fractal business in an e-business world. The 8th. International Conference on Concurrent Enterprising. Rome. Pp.17-19.
- THARUMARAJAH, Anbalavanar. (2003). From fractals and bionics to holonics. En: Chapter Agent-based manufacturing (Ed. S.M. Deen). Berlin Heidelberg: Springer. Pp. 11-30.
- VAN BRUSSEL, Hendrik y WYNS, Jo, Et al (1998). Reference architecture for holonic manufacturing systems PROSA. En: Computers in Industry Vol. 37 N° 3. Amsterdam: Elsevier. Pp. 255-274.
- VALCKENAERS, Paul y VAN BRUSSEL, Hendrik, Et al. (1998). Designing holonic manufacturing systems. En: Robotic and Computers-Integrated manufacturing Vol. 14 N° 5. Amsterdam: Elsevier. Pp. 455-465.
- WARNECKE, Hans-Jurgen. (1993). The fractal company: a revolution in corporate culture. Berlin: Springer-Verlag.
- WESENBERG, Harald. (2011). Enterprise modeling in an agile world. En: practice of enterprise model. Heidelberg: Springer Berlin. Pp 126-130.

Para citar  
este artículo:

**Canavessio, M.M. & Martínez, E.C.** (2016). Modelo de compañía fractal orientada a proyectos para redes de pequeñas y medianas empresas. Teuken Bidikay Vol. 7 N°9. Pp. 159-180

