

# El Conocimiento Organizacional Abordado Como un Sistema Complejo

Octavio Orozco y Orozco  
 Computadoras, Objetos y Comunicaciones S.A. de C.V.  
 Ciudad de México, D.F. 09440/Iztapalapa, México

## RESUMEN

En esta ponencia, argumento la necesidad de una concepción de conocimiento organizacional pertinente para aprovechar la oportunidad representada por tres problemas nacionales de México. De ahí que integre diversos campos disciplinarios para establecer dicha concepción como un sistema complejo de acciones en ejecución con propiedades emergentes de eficacia y eficiencia en el logro de objetivos de forma reiterada. Continúo con la descripción de la aplicación de esta concepción de conocimiento organizacional a partir del modelo MACOSC-IASC® y presento resultados. En la conclusión exploro la aplicación de los resultados en el entorno actual de la Industria Mexicana de Desarrollo de Software y de la Agenda Sectorial PROSOFT 3.0.

**Palabras Claves:** Conocimiento organizacional, sistemas complejos, productividad de la Mipyme, producción de bienes de alta tecnología, autoempleo de los jóvenes, administración del conocimiento, ingeniería de software de código abierto.

## 1. INTRODUCCIÓN

En México, en el año 2012, se estima que los alumnos que egresaron de licenciatura en carreras de Ingeniería y Tecnología fueron en total 91,427 y los egresos en Ciencias Sociales y Administrativas fueron 198,876. Sin embargo, el porcentaje de estudiantes que egresó de licenciatura en el área de Ingeniería y Tecnología y que estaba desocupado, se estimó en 35.04% y para el caso de Ciencias Sociales y Administrativas, el porcentaje de los desocupados se estimó en 45.33% [1.1] pp. 214 y 220. Véase la figura 1.

|                          | Estudiantes que se Graduaron | Desocupados | Desocupados % |
|--------------------------|------------------------------|-------------|---------------|
| Ingenierías y Tecnología | 91,427                       | 32,040      | 35.04         |
| Ciencias Sociales        | 198,876                      | 90,148      | 45.33         |
| Todas las Carreras       | 406,223                      | 149,897     | 36.90         |
| Maestrías                | 47,798                       | 7,960       | 16.65         |

Figura 1 Estudiantes que se Graduaron en México 2012 y estaban Desocupados. Fuente: Elaboración propia con datos tomados de [1.1] pp. 214 y 220.

En otro orden de cosas, la balanza comercial de bienes de alta tecnología del país fue negativa de 2006 a 2012, con un promedio anual prácticamente de \$16,000 millones de dólares. Véase la figura 2.

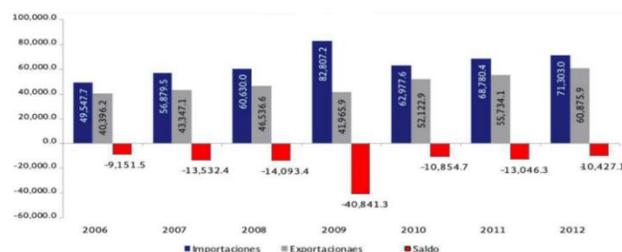


Figura 2 Balanza comercial de bienes de alta tecnología de México. Fuente: Inegi-Conacyt. Véase [1] p. 35.

Información estadística agregada de la economía constata que los estratos micro, pequeña y mediana (Mipyme) enfrentan problemas de productividad. En el 2013, aglutinaron el 99.8% de las empresas en el país y ocuparon el 71.2% del personal; sin embargo, contribuyeron con el 35.9% a la producción bruta total del país. Destaca el estrato micro porque ocupó el 39.8% de los empleados; no obstante, éstos recibieron el 10.1% de la remuneraciones. Véase la figura 3.

| Estrato Económico | Unidades Económicas | Empleados | Remuneraciones | Producción bruta total | Activos fijos |
|-------------------|---------------------|-----------|----------------|------------------------|---------------|
| Total Nacional    | 100                 | 100       | 100            | 100                    | 100           |
| Micro             | 95.4                | 39.8      | 10.1           | 9.8                    | 9.1           |
| Pequeña           | 3.6                 | 15.1      | 12.7           | 9.5                    | 7.9           |
| Mediana           | 0.8                 | 16.3      | 18.6           | 16.6                   | 13.6          |
| Grande            | 0.2                 | 28.8      | 58.7           | 64.1                   | 69.4          |
| Mipyme            | 99.8                | 71.2      | 41.4           | 35.9                   | 30.6          |

Figura 3 Productividad de los estratos económicos del país en 2013, y el agregado de las Mipyme. Fuente: Elaboración propia con datos de Censos Económicos 2014, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México. Véase [2.1]; [2.2].

Integro estos tres asuntos, en apariencia divergentes entre sí, en una sola circunstancia que considero un problema práctico nacional.

A este tenor, el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 de México propone, como unas de las líneas de acción, propiciar la generación de pequeñas empresas de alta tecnología y promover el desarrollo emprendedor de las instituciones de

educación superior con el fin de fomentar la innovación tecnológica y el autoempleo en los jóvenes. Por otro lado, se reconoce que la innovación tecnológica en general, las TIC y el software, en particular, pueden propiciar el incremento de la productividad de manera transversal en una economía nacional [2] p. iii; [3] p. 18; [4] p. 8; [5] pp. 11, 21; [6] pp. 17-18, 20-22, 31-32; y [7].

Así, planteo aprovechar esta circunstancia como una oportunidad para propiciar que jóvenes mexicanos se autoempleen y generen empresas con la visión al 2038 de contribuir a lograr la transición del país hacia la economía del conocimiento con la producción de bienes de alta tecnología e innovadores en software, que, transversal y verticalmente, impulsen hacia niveles sustentables de competitividad y productividad los estratos micro, pequeña y mediana empresa (Mipyme) en México.

## 2. TECNOLOGÍAS ABIERTAS

Para aprovechar la oportunidad planteada, los jóvenes emprendedores requieren apropiarse de los medios de producción para adecuar y distribuir como juzguen necesario, en forma vertical y horizontal, las soluciones en software que produzcan para impulsar la productividad e incrementar los activos tecnológicos en las Mipyme. Realizar esta apropiación para el caso de software de código cerrado –por ejemplo para el sistema operativo Windows®– implicaría, aún si se tuviera que pagar únicamente el costo salarial anual del costo de producción total, un desembolso de decenas de millones de dólares por año [8]. Estos montos me permiten afirmar que es claramente prohibitivo que los jóvenes emprendedores se apropien en ese caso de los medios de producción, aún si se considera que pudiesen adquirir la tecnología de software propietario al costo salarial de producción. Así, considero necesario recurrir a tecnologías abiertas. Sin embargo, en el caso de las tecnologías abiertas de software, la dificultad para adecuar los programas de código abierto limita la utilización de este bien público en las pequeñas organizaciones que desarrollan software cuando la realización de esta actividad involucra múltiples programas especializados que incorporan mucho más de 5,000 líneas de código abierto. Este número de líneas lo considero como el umbral de complejidad, pues en esta situación es necesario involucrar a más de una persona en el desarrollo y requiere de un uso intensivo del conocimiento organizacional que es necesario administrar para que los jóvenes emprendedores logren en grado elevado su objetivo; considero también que en este caso la concepción dual de conocimiento organizacional vigente es insuficiente.

### 3. LA INSUFICIENCIA DE LA CONCEPCIÓN VIGENTE DE CONOCIMIENTO ORGANIZACIONAL

Es necesaria una nueva concepción de conocimiento organizacional porque la concepción vigente [15], que lo divide en tácito y explícito, es insuficiente. Véase la figura 4, en donde represento como conocimiento tácito a los grupos de programadores –que crearon y programaron alguno de los múltiples programas existentes de software de código abierto– en la parte superior izquierda de la gráfica, y como conocimiento explícito –i.e., la documentación de dicho programa– en la parte superior derecha, mientras que en la parte inferior central represento a los jóvenes emprendedores

que requieren acceder al conocimiento organizacional de los programas.

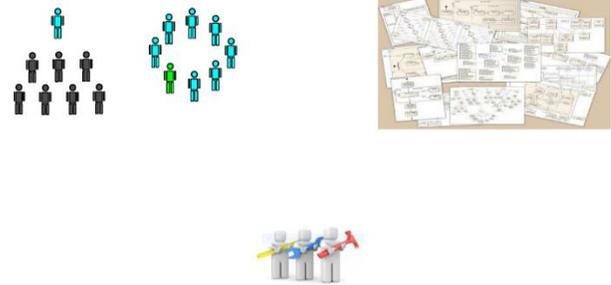


Figura 4 Representación Dual del Conocimiento Organizacional, Tácito y Explícito, y el Grupo de Jóvenes Emprendedores.

Así, la concepción de conocimiento organizacional tácito para el programa de código abierto que elijan, no es suficiente para estos jóvenes emprendedores porque no está a su alcance acceder a dicho conocimiento. Es decir, no pueden recurrir a los programadores originales de dicho programa, de forma vinculante para adecuar el software de código abierto. Y requieren ese conocimiento para adecuar el programa de código abierto a las necesidades particulares de las Mipyme en las que puedan intervenir con procesos “estudiar, colaborar y emprender” para incrementar su productividad. De igual forma, la concepción de conocimiento organizacional explícito es insuficiente en este caso, porque el software de código abierto no tiene la documentación necesaria que les permita realizar dicha adecuación. Véase la figura 5.

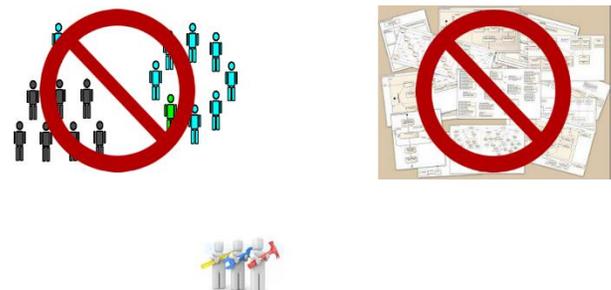


Figura 5 El Conocimiento Organizacional, Tácito y Explícito, no es suficiente para el Grupo de Jóvenes Emprendedores.

## 4. EL CONOCIMIENTO ORGANIZACIONAL COMO UN SISTEMA COMPLEJO

La insuficiencia la atiendo al integrar diversos campos disciplinarios para abordar el conocimiento organizacional como un sistema complejo y conjeturo que dicha concepción es pertinente para aquellos jóvenes emprendedores que se propongan alcanzar la visión propuesta.

### Conocimiento organizacional

Defino conocimiento organizacional como un sistema complejo de acciones en ejecución que es eficaz, eficiente y reiterado en el logro de sus objetivos; el sistema de acciones es complejo cuando es abierto al intercambio de energía, materia e información con su entorno, cuando hay interdependencia entre las acciones —de forma tal que el sistema desaparece al separarlas—, y cuando en los efectos de las acciones hay causalidad lineal, circular y recursiva [14]. Sus variables (que construyo a partir de Quintanilla [16], quién a su vez hace lo mismo a partir de Kotarbinski y Bunge)

las establezco con dos conjuntos  $\{\omega, \sigma, \tau, \rho, \varepsilon, \eta\}$  y  $\{X, D, A, O, S, T, P, E, N\}$  de la forma siguiente:

Si un agente  $X$  en un dominio  $D$  al ejecutar el sistema de acciones  $A$  consigue en grado elevado el objetivo  $O$  (con  $O \subseteq \omega$ ) que se propone y genera los resultados deseados o propuestos  $S$  (con  $S \subseteq \sigma$ ) lo hace en tiempo  $T$  (con  $T \leq \tau$ ) y utiliza recursos  $P$  (con  $P \subseteq \rho$ ) y minimiza los resultados no deseados o no propuestos  $E$  (con  $E \subseteq \varepsilon$ ), entonces  $X$  actúa eficaz y eficientemente ( $EE$ ) para lograr  $O$  en  $D$ .

Si un agente  $X$  actúa  $EE$  en  $D$ , un número de veces  $N$  (con  $1 < N \geq \eta$ ), entonces  $X$  actúa eficaz, eficiente y reiteradamente ( $EER$ ) para lograr  $O$  en  $D$ .

Si un agente  $X$  actúa  $EER$  para lograr  $O$  en  $D$ , entonces  $X$  **conoce** como lograr  $O$  en  $D$ .

En este sistema de acciones  $A$ , defino los valores de:  $\omega$  como el conjunto de objetivos de la organización,  $\sigma$  como el conjunto de resultados deseados o propuestos,  $\tau$  como el tiempo máximo en que se puede lograr el objetivo,  $\rho$  como los recursos máximos que se puede utilizar para lograr el objetivo,  $\varepsilon$  como el conjunto de resultados no deseados o no propuestos pero tolerables por algún tiempo,  $\theta$  (con  $\theta = \{\sigma \cup \varepsilon\}$ ) como el conjunto de resultados total y  $\eta$  como el número de veces mínimo que se debe ejecutar la acción. Estos valores se definen —necesariamente de forma incompleta y abierta— al articular y ejecutar los subconjuntos de acciones de cada uno de los diversos agentes involucrados en la organización. En adición,

Si el sistema de acciones  $A$  en ejecución, cumple dos condiciones  $Co1, Co2$ :

$Co1$  - Las funciones de los elementos (las acciones de los diversos agentes —como subsistemas— involucrados en la organización) no son independientes, lo que determina la interdefinibilidad de los componentes;

$Co2$  - El sistema es abierto, es decir, carece de fronteras rígidas; está inmerso en una realidad más amplia con la que interactúa por medio de flujos de materia, energía, recursos económicos, políticas regionales, nacionales, etcétera;

**entonces** el sistema de acciones  $A$  en ejecución cumple las condiciones que caracterizan a un sistema como complejo (condiciones que García [9] pp. 33 y 82 utiliza para caracterizar a un sistema como complejo). Asimismo,

Si el sistema de acciones  $A$  en ejecución, incluye tres causalidades  $Ca1, Ca2$  y  $Ca3$ :

$Ca1$  - Lineal: Tal acción produce tales efectos;

$Ca2$  - Circular retroactiva: que estimula o disminuye los efectos;

$Ca3$  - Recursiva: los efectos son necesarios para la causa;

**entonces** el sistema de acciones  $A$  en ejecución, incluye, en sus niveles de organización, las causalidades que caracterizan a un sistema como complejo (Morin [10] pp. 122-124). Finalmente,

Si una organización al ejecutar el sistema de acciones  $A$ , actúa  $EER$  y el sistema de acciones  $A$ , cumple las condiciones  $Co1$  y  $Co2$  e incluye las causalidades  $Ca1, Ca2$  y  $Ca3$  para lograr el objetivo  $O$  en  $D$ , **entonces** la organización **conoce** como lograr  $O$  en  $D$  y se considera ese **conocimiento organizacional** como un **sistema complejo**. Véase la figura 6.

Cuando observo la eficacia y la eficiencia reiteradas bajo las condiciones y causalidades descritas las considero propiedades emergentes del sistema complejo. La razón es, primero, porque a ninguno de los subsistemas de acciones ejecutado por cada agente se le puede atribuir las propiedades

de todo el sistema de acciones en ejecución, y, segundo, porque el que cada subsistema de acciones en ejecución sea eficaz y eficiente de manera reiterada, no implica que todo el sistema de acciones en ejecución lo sea.

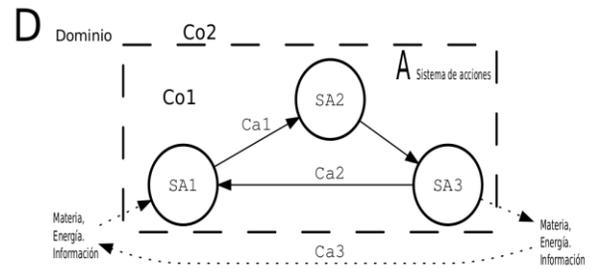


Figura 6 Una nueva concepción de conocimiento organizacional como sistema complejo de acciones en ejecución con propiedades emergentes de eficacia y eficiencia en el logro de objetivos de forma reiterada.

Es posible observar también como un agente a la misma organización, en caso de que su sistema de acciones en ejecución sea un subsistema de otro sistema más amplio de acciones en ejecución, como suprasistema. De la misma forma, en este caso, el hecho de observar el conocimiento organizacional en el nivel de un agente, la organización como subsistema, no implica que observaremos el conocimiento organizacional en el nivel superior, *i.e.* en el suprasistema. Finalmente, será tecnológico el conocimiento organizacional, *i.e.* el sistema complejo, cuando al menos uno de los agentes involucrados pueda explicar por qué los efectos  $\{O, S, T, P, E, N\}$  son producidos de forma reiterada al ejecutar  $X$  el sistema de acciones  $A$  en el dominio  $D$ . A continuación defino lo que entiendo por economía y sociedad del conocimiento.

### Economía del conocimiento

Por economía del conocimiento, entiendo un suprasistema complejo de acciones, eficaz, eficiente y que logra sus objetivos de forma reiterada y recursiva vía subsistemas complejos de acciones en cuatro fases: comercializa bienes de alta tecnología, realiza labores de investigación científica, genera innovaciones y las implementa como bienes de alta tecnología. Los subsistemas se integran entre sí de forma planeada con  $\{\omega, \sigma, \tau, \rho, \varepsilon, \eta\}$  y en los hechos con  $\{O, S, T, P, E, N\}$ . Para la acepción de tecnología que utilizo véase [11] pp. 15, 42 y [12] pp. 16-17 y 45-61.

### Sociedad del conocimiento

Por una sociedad del conocimiento entiendo un suprasistema complejo de acciones eficaces y eficientes de forma reiterada y recursiva, vía subsistemas complejos de acciones, en la innovación social y en la implementación de una economía del conocimiento. De la misma forma, los subsistemas se integran entre sí de manera ideal con  $\{\omega, \sigma, \tau, \rho, \varepsilon, \eta\}$  y de manera fáctica con  $\{O, S, T, P, E, N\}$ . Para la acepción de innovación social que utilizo véase [13].

La pertinencia de esta concepción de conocimiento organizacional para los jóvenes emprendedores que se proponen alcanzar la visión propuesta se puede probar —vía contrastaciones cada vez más exigentes— con una infraestructura tecnológica compleja de procesos de ingeniería de software de código abierto, que he diseñado y presento a continuación.

## 5. LA INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA COMPLEJA MACOSC-IASC®

Conjeturo que la nueva concepción de conocimiento organizacional, el correspondiente modelo de administración del conocimiento organizacional MACOSC-IASC® –véase la figura 7–

| El modelo de Administración del Conocimiento<br>MACOSC-IASC  |              | IASC<br>Investigación-acción de sistemas complejos<br>(Método con diseño mixto) |   |   |   |  |   |   |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |      |          |          |
|--|--------------|---|---|---|---|--|---|---|---|---|----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|----|---|----|------|----------|----------|
|  |              | Diagnóstico de la Oportunidad<br>Construir teoría (Ct), Decidir                 |   |   |   | Planeación de la acción<br>Observar, Representar, Modificar, Compilar, Verificar, Ejecutar, Aplicar, Proponer (Pp), Negociar, Proveer (Pv) |   |   |   | Intervención<br>Observar, Representar, Modificar, Compilar, Verificar, Ejecutar, Aplicar, Proponer (Pp), Negociar, Proveer (Pv) |    |   |    | Aprendizaje Reflexivo<br>Evaluar teoría (Et), Evaluar resultados (Er) |   |   |   |   |   |   |    |   |    |      |          |          |
|  |              | Ct  | D | O | R | M  | C | V | E | A   | Pp | N | Pv | O   | R | M | C | V | E | A | Pp | N | Pv | Et   | Er       |          |
| MACOSC<br>Modelo de administración del conocimiento organizacional como Sistema Complejo (Subprocesos-estados) | Uso          | Op 1  |   |   |   |  |   |   |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    | Ar 1 | Ar 1     |          |
|  |              | Op 2  |   |   |   |  |   |   |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |      | Ar 2     | Ar 2     |
|  |              | Op 3  |   |   |   |  |   |   |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |      | Ar 3     | Ar 3     |
|  | Adecuación   | ... Op n  |   |   |   |  |   |   |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |      | ... Ar n | ... Ar n |
|  |              | Op 1  |   |   |   |  |   |   |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |      | Ar 1     | Ar 1     |
|  |              | Op 2  |   |   |   |  |   |   |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |      | Ar 2     | Ar 2     |
|  | Contribución | Op 3  |   |   |   |  |   |   |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |      | Ar 3     | Ar 3     |
|  |              | ... Op n  |   |   |   |  |   |   |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |      | ... Ar n | ... Ar n |
|  |              | Op 1  |   |   |   |  |   |   |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |      | Ar 1     | Ar 1     |
|  | ... Op n     |   |   |   |   |  |   |   |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |      | ... Ar n | ... Ar n |

Figura 7 El Modelo de Administración del Conocimiento Organizacional MACOSC IASC®

y la extensión para la creación de procesos de ingeniería de software KUALI-BEH, del núcleo Essence, conforman una infraestructura tecnológica compleja de procesos de ingeniería de software de código abierto, que es pertinente para la microempresa en ciernes de alta tecnología e innovadora en software que pretenda realizar la visión propuesta [14], [17], [18]. Las figuras 8 y 9 representan de manera sucinta su integración, para mayor detalle véase [14] pp. 91-96. En esta infraestructura los sistemas de acciones complejos se consolidan en prácticas y éstas en métodos, en un ciclo que busca el equilibrio creativo justo al borde del caos.

| El modelo de Administración del Conocimiento<br>MACOSC-IASC  |              | IASC<br>Investigación-acción de sistemas complejos<br>(Método con diseño mixto) |   |   |   |  |   |   |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |    |      |          |          |
|--|--------------|---|---|---|---|--|---|---|---|---|----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|----|---|----|----|------|----------|----------|
|  |              | Diagnóstico de la Oportunidad<br>Construir teoría (Ct), Decidir                 |   |   |   | Planeación de la acción<br>Observar, Representar, Modificar, Compilar, Verificar, Ejecutar, Aplicar, Proponer (Pp), Negociar, Proveer (Pv) |   |   |   | Intervención<br>Observar, Representar, Modificar, Compilar, Verificar, Ejecutar, Aplicar, Proponer (Pp), Negociar, Proveer (Pv) |    |   |    | Aprendizaje Reflexivo<br>Evaluar teoría (Et), Evaluar resultados (Er) |   |   |   |   |   |   |    |   |    |    |      |          |          |
|  |              | Ct  | D | O | R | M  | C | V | E | A   | Pp | N | Pv | O   | R | M | C | V | E | A | Pp | N | Pv | Et | Er   |          |          |
| MACOSC<br>Modelo de administración del conocimiento organizacional como Sistema Complejo (Subprocesos-estados) | Uso          | Op 1  |   |   |   |  |   |   |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |    | Ar 1 | Ar 1     |          |
|  |              | Op 2  |   |   |   |  |   |   |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |    |      | Ar 2     | Ar 2     |
|  |              | Op 3  |   |   |   |  |   |   |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |    |      | Ar 3     | Ar 3     |
|  | Adecuación   | ... Op n  |   |   |   |  |   |   |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |    |      | ... Ar n | ... Ar n |
|  |              | Op 1  |   |   |   |  |   |   |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |    |      | Ar 1     | Ar 1     |
|  |              | Op 2  |   |   |   |  |   |   |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |    |      | Ar 2     | Ar 2     |
|  | Contribución | Op 3  |   |   |   |  |   |   |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |    |      | Ar 3     | Ar 3     |
|  |              | ... Op n  |   |   |   |  |   |   |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |    |      | ... Ar n | ... Ar n |
|  |              | Op 1  |   |   |   |  |   |   |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |    |      | Ar 1     | Ar 1     |
|  | ... Op n     |   |   |   |   |  |   |   |   |   |    |   |    |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |    |      | ... Ar n | ... Ar n |

Figura 8 El Modelo de Administración del Conocimiento Organizacional MACOSC IASC® y KUALI-BEH

|   |   |
|---|---|
| <b>Organización</b>   |   |
| Nombre de la organización.  |   |
| <b>Proyecto de software</b>   |   |
| Nombre del proyecto de software.  |   |
| <b>Grupo de Interés</b>   |   |
| Lista de los interesados.   |   |
| <b>Fecha de inicio</b>  | <b>Fecha de Finalización</b>  |
| Fecha de inicio del proyecto.   | Fecha de finalización del proyecto.   |
| <b>Entrada necesaria para la Acción</b>   |   |
| Entradas necesarias para la acción que deben ser observables y verificables. Pueden ser múltiples: originadas por el grupo de interés o por las pre-condiciones para el producto de software. Son condiciones para el logro de objetivos. |   |
| <b>Objetivos</b>  | <b>Resultados</b>   |
| Objetivos o requerimientos observables y verificables.  | Condiciones, productos –de software u otros– que satisfacen requerimientos y objetivos. |
| <b>Método</b>   |   |
| Método seleccionado.  |   |
| <b>Grupo de trabajo</b>   |   |
| Profesional A, (...), profesional Z.  |   |

Figura 9 Plantilla de Proyecto de KUALI-BEH

Así, esta infraestructura ofrece un sistema de acciones para que las microempresas creadas por los jóvenes emprendedores: accedan al conocimiento organizacional de los programas; se apropien de los medios de producción

necesarios para producir bienes de alta tecnología; y aprovechen la oportunidad de incrementar la productividad y los activos tecnológicos en las Mipyme del país. Las contrastaciones se realizan con la metodología sistémica compleja del mismo modelo MACOSC-IASC® [18] e implementan el ciclo que busca un equilibrio creativo, justo al borde del caos. Véase la figura 10.

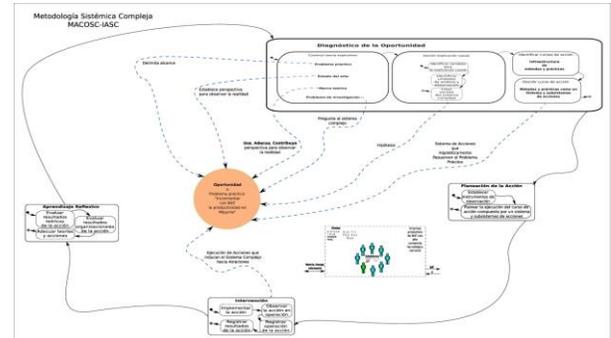


Figura 10 La Metodología Sistémica Compleja del Modelo MACOSC-IASC®

## 6. RESULTADOS

La respuesta que ofrece la infraestructura tecnológica compleja de procesos de ingeniería de software de código abierto que planteo con la hipótesis ha dado indicios de viabilidad, como primer resultado, para crear soluciones tecnológicas que incrementan la productividad con software de código abierto y que se comportan de forma similar –como servidores de alto rendimiento en el manejo de eventos– a soluciones creadas con software propietario [14]; véase la figura 11.

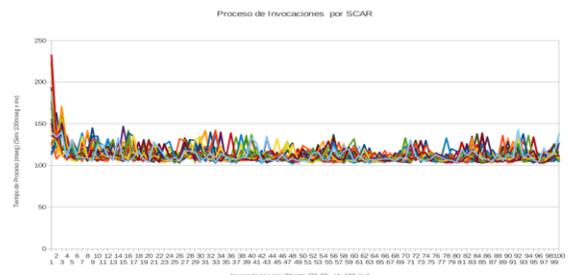


Figura 11 Comportamiento de Servidor CORBA® de Alto Rendimiento (SCAR) Desarrollado con Software de Código Abierto.

Un segundo resultado es el diseño de una infraestructura comercial y una financiera que complementa la infraestructura tecnológica compleja de procesos de ingeniería de software de código abierto. La infraestructura tripartita que resulta la denomino el Fondo de Colaboración MACOSC-IASC® (FdCM-I) y conjeturo que es una contribución pertinente para aprovechar la oportunidad de negocio que conforman los tres problemas nacionales descritos. Así, el FdCM-I como infraestructura tecnológica, comercial y financiera aborda el conocimiento organizacional como un sistema complejo, es distribuida y auto-organizada. En la figura 12 la represento de forma gráfica. Para mayor detalle véase [18] y [19].

## 7. CONCLUSIÓN

Abordar el conocimiento organizacional como un sistema complejo de acciones en ejecución que es eficaz y eficiente de forma reiterada ofrece una alternativa para enfrentar tres problemas nacionales de México como una oportunidad de negocio.

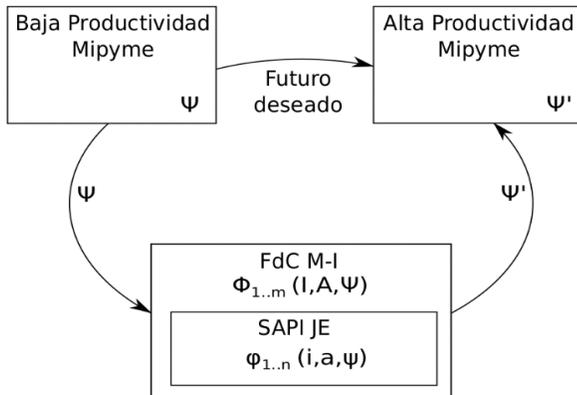


Figura 12 El Fondo de Colaboración MACOSC-IASC®

Adicionalmente, abordar así el conocimiento organizacional abre la puerta para explorar con un enfoque inter y transdisciplinario los sistemas complejos de acciones que ejecutan los agentes que participan en los niveles de subsistema, sistema y suprasistema de la Industria Mexicana de Desarrollo de Software (IMDS). Aprovechar con éxito la oportunidad de negocio implica necesariamente avanzar en el fortalecimiento de la IMDS e incrementar el mercado interno de tecnologías de información (TI) en el país; implica también que las Mipyme intervenidas den un paso hacia la economía y sociedad del conocimiento. La conjetura es que la infraestructura tripartita, compleja, distribuida, auto-organizada del FdCM-I es pertinente para aprovechar esta oportunidad [19], [21].

Desde otro ángulo, como parte de la Agenda Sectorial PROSOFT 3.0 para el Desarrollo de Tecnologías de la Información en México 2014-2024 [5], en abril del año 2015 se convocó a los diversos actores que participamos en la IMDS –vía el Coloquio “Software en México: Calidad, Innovación y Productividad hacia el 2024”– a colaborar en la definición del “Mapa y rutas para mejorar la IMDS” al año 2024. En febrero del año 2016 se nos presentó [20] el mapa resultante con ocho rutas para lograr los objetivos siguientes:

- 1) Contar con mil centros de desarrollo de software (CDS) certificados en calidad suprema (CDS-CS);
- 2) Ser el segundo país exportador de software; ser el tercer país destino de “outsourcing” de TI;
- 3) Multiplicar por cuatro el mercado de TI;
- 4) Contar con cinco polos globales de desarrollo de software en el país con especialización diferenciada; y
- 5) Cubrir el 90% de la demanda de talento de excelencia que requerirá la IMDS.

Cada una de las ocho rutas identifica un problema particular, define objetivos y acciones a realizar para resolverlo. Los ocho problemas identificados en la IMDS son:

- 1) Se observa abandono de los proyectos de mejora para la adopción de modelos y estándares de ingeniería de software o una mala elección de ellos en los CDS;
- 2) Para evitar confusión se debe integrar la norma nacional MoProSoft con la norma internacional ISO/IEC 29110;

- 3) Es necesario consolidar la consultoría que certifica la calidad de los CDS;
- 4) Falta actualizar los planes de estudio de las instituciones educativas en aquellas disciplinas que cubren las necesidades de la IMDS;
- 5) Falta mejorar –para promover y propiciar su aceptación– los perfiles básicos profesionales del Talento TI que participa en la IMDS y son certificables;
- 6) Se observan casos en los que no hay correspondencia entre la calidad que ostenta el CDS con los resultados de los proyectos que realiza;
- 7) Existen métricas dispersas de productos y procesos. Se requieren métricas significativas de productividad de los CDS que participan en la IMDS para dar mayor certeza de lograr los resultados esperados al contratarlos;
- 8) No hay un organismo independiente del gobierno que coordine, promueva, vigile, evalúe, y sancione los esfuerzos que se realizan y los apoyos que se reciben para desarrollar la IMDS.

De las sendas rutas definidas en el mapa para resolver estos problemas destaco que se enfoca la calidad de forma consistente en la búsqueda de una sola o al menos una principal relación causa-efecto en la que se interviene para lograr los objetivos planteados. Así, la calidad sería el efecto y la causa sería la implantación en los CDS de algún modelo de procesos de ingeniería de software como CMMI®, TSP o MoProSoft. Mantener este enfoque denotaría que prevalece un enfoque reduccionista para lograr los objetivos planteados por el PROSOFT 3.0 y para lograr los objetivos de negocio que tienen los CDS que –vía sus estímulos– participan en la IMDS [20]. A continuación muestro en la figura 13 un cuadro para representar de forma sucinta las principales diferencias entre el FdCM-I y el PROSOFT 3.0.

|                                   | Fondo de Colaboración MACOSC-IASC®                         | PROSOFT 3.0                                   |
|-----------------------------------|--|---|
| Conocimiento Organizacional       | Abordado como Sistema Complejo                             | Concepción Dual: Tácito y Explícito           |
| Modelo de Intervención            | Complejo, Abierto, Distribuido, Auto-organizado, Sistémico | Centralizado, Jerárquico                      |
| Estado del Modelo de Intervención | Desarrollo de Hipótesis                                    | Implementado y en Evolución                   |
| Métodos de Ingeniería de Software | MACOSC-IASC®<br>KUALI-BEH<br>Essence                       | CMMI®, TSP,<br>MoProSoft,<br>ISO/IEC 29110    |
| Mercado Principal                 | Interno  | Externo                                       |
| Objetivo                          | Miles de CDS que desarrollan Activos Públicos              | 1,000 CDS-CS que desarrollan Activos Privados |
| Recursos                          | Fondos de la Sociedad, Privados y Públicos                 | Fondos Públicos y Privados                    |

Figura 13 Comparación del Fondo de Colaboración MACOSC-IASC® y PROSOFT 3.0

Al perseguir el objetivo de 1,000 CDS-CS para desarrollar la IMDS sin considerar la complejidad necesaria del modelo de intervención [21] se puede replicar la situación que enfrenta la economía mexicana: 1,000 empresas aportan el 56% del PIB, ocupan el 8.5% del personal, generan 27.4% de las remuneraciones y son el 0.02% de las unidades económicas [22].

Finalmente, he propuesto abordar el conocimiento organizacional como un sistema complejo y enfocar el mercado interno para desarrollar miles y diversos CDS de forma distribuida, auto-organizada que con software de código abierto incrementan la productividad, los activos tecnológicos de las Mipyme y propician su tránsito hacia la economía del conocimiento. Esto plantea el reto de diseñar hipótesis, modelos y contrastaciones exigentes que auxilien en el camino hacia los objetivos planteados por el FdCM-I y traza la ruta de futuras investigaciones.

## 8. RECONOCIMIENTOS

Agradezco los útiles comentarios a este trabajo de Hanna Oktaba, Felipe Lara, Aída Huerta y de los participantes del seminario de Post-doctorado del Centro de Ciencias de la Complejidad-C3-UNAM: "Teorías, Métodos y Modelos de la Complejidad Social - Conacyt #152008". Reconozco el apoyo financiero parcial de los proyectos: Conacyt (#46641-239789) y FINNOVA (#225356) para la realización de éste trabajo; y del Conacyt (#152008) para su publicación.

## 9. REFERENCIAS

- [1] Conacyt-Peciti, Programa Especial de Ciencia Tecnología e Innovación (PECITI) 2014-2018, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, [http://www.conacyt.gob.mx/images/conacyt/PECITI\\_2014-2018.pdf](http://www.conacyt.gob.mx/images/conacyt/PECITI_2014-2018.pdf) (se accedió en julio de 2014), 2014.
- [1.1] Conacyt, Informe general del estado de la ciencia, la tecnología y la innovación, 2012. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, <http://www.conacyt.gob.mx/siicyt/index.php/centros-de-investigacion-conacyt/informe-general-del-estado-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-2002-2011/informe-general-del-estado-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-2002-2011-b/2388-2012-informe-2012-1/file> (se accedió en febrero de 2015), 2012.
- [2] Inegi, Estadísticas sobre disponibilidad y uso de tecnología de información y comunicaciones en los hogares, 2013, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México, 2014.
- [2.1] Inegi, Resumen de los resultados definitivos, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México, 2015, [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/ce/ce2014/doc/folleto/frrdf\\_ce2014.pdf](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/ce/ce2014/doc/folleto/frrdf_ce2014.pdf), 2015.
- [2.2] Inegi, Micro, pequeña, mediana y gran empresa Estratificación de los establecimientos, [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/702825077952.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825077952.pdf), 2015.
- [3] OECD/Eurostat, Manual de Oslo: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación, 3ª edición, Tragsa, 2007. DOI: 10.1787/9789264065659-es
- [4] WEF, World Economic Forum, The Global Competitiveness Report 2014-2015, [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GlobalCompetitivenessReport\\_2014-15.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2014-15.pdf) (se accedió en octubre de 2014), 2014.
- [5] SE-ASP3.0, Agenda Sectorial PROSOFT 3.0 Agenda Sectorial para el Desarrollo de Tecnologías de la Información en México 2014-2024, Secretaría de Economía, México <http://www.prosoft.economia.gob.mx/doc/Agenda%20sectorial%20PROSOFT%203.0.pdf> (se accedió en junio de 2014), 2014.
- [6] SE-ERCS-PS14, Ejercicio de Rendición de cuentas a la sociedad Prosoft 2014, Secretaría de Economía, México, <http://www.prosoft.economia.gob.mx/doc/Rendici%C3%B3n%20de%20Cuentas%202014%20VF.pdf> (se accedió en junio de 2014), 2014.
- [7] SE-C-DS, Centros de Desarrollo Certificados/Verificados Vigentes en Modelos de Calidad, Secretaría de Economía, México, 2014. [http://www.prosoft.economia.gob.mx/doc/PADRON\\_CENTRO%20DE%20DESARROLLO%20VIGENTE\\_sep-11-2014.pdf](http://www.prosoft.economia.gob.mx/doc/PADRON_CENTRO%20DE%20DESARROLLO%20VIGENTE_sep-11-2014.pdf) (se accedió en octubre de 2014).
- [8] Orozco, O. El Modelo de Administración del Conocimiento Organizacional MACOSC-IASC. VI Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática Administrativa: "Competitividad y Sustentabilidad Empresarial". Memorias en prensa. <http://www.fcga.umich.mx/micrositio/6congresointer/libros.php?seccion=6>, UMSNH, Michoacán, México, 2015.
- [9] García, R., Sistemas complejos: Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria. Barcelona: Gedisa, 2008.
- [10] Morin, E., Introducción al pensamiento complejo. Primera reimpression, México: Editorial Gedisa, 2004.
- [11] Fisher, J., El hombre y la técnica, Coordinación de Humanidades, México: UNAM, 2010.
- [12] OCDE, Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, 3rd Edition, doi:10.1787/9789264013100-en, 2005.
- [13] Echevarría, J., El Manual de Oslo y la innovación social, Arbor, 184, (732), 609-618, doi: 10.3989/arbor.2008.i732.210, 2008.
- [14] Orozco, O., Un modelo de administración del conocimiento para las pequeñas organizaciones que desarrollan software, aplicable al caso de los programas de código abierto. Tesis de Doctorado en Ciencias de la Administración, Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM, 2013.
- [15] Nonaka, I. y Takeuchi, H., The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. New York: Oxford University Press, 1995.
- [16] Quintanilla, M. A., Tecnología: Un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnología. Fondo de Cultura Económica, D.F., México, 2005.
- [17] OMG-Essence-1.1, Essence - Kernel and Language for Software Engineering Methods, en <http://www.omg.org/spec/Essence/1.1/> pp. 1-165. Véase la extensión del kernel KUALI-BEH pp. 201-233, (se accedió en enero de 2016), USA, 2015.
- [18] Orozco, O. Propuesta de Innovación de Procesos de Ingeniería de Software de Código Abierto MACOSC-IASC. Sexta Conferencia Iberoamericana de Complejidad, Informática y Cibernética: CICIC-2016, USA, 2016.
- [19] Orozco, O. The MACOSC-IASC Collaboration Fund A Complex Systems Framework to Address One of Mexico's National Problems. The 7th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics IMCIC-2016, USA, 2016.
- [20] Select. Mapa y rutas para mejorar la IMDS-2024, presentación de resultados en el TSP Symposium Mexico, <http://www.tsp-symposiummexico.com/>, México, 2016.
- [21] Y. Bar-Yam, Multiscale Variety in Complex Systems, Complexity 9:4, pp. 37-45, 2004.
- [22] Inegi, Las mil unidades económicas más grandes, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Censos Económicos 2014, [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/ce/ce2014/doc/minimonografias/m\\_muemg\\_ce2014.pdf](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/ce/ce2014/doc/minimonografias/m_muemg_ce2014.pdf), México, 2015.