

## Modelo de Relacionamento Estratégico entre Factores Organizacionales y Técnicos en Fábricas de Software Colombianas

**Karina J. Cerón y Hugo F. Arboleda**

Fac. de Ingeniería, Universidad Icesi, Cali-Colombia. (e-mail: [karinajceronvergara@gmail.com](mailto:karinajceronvergara@gmail.com); [hfarboleda@icesi.edu.co](mailto:hfarboleda@icesi.edu.co))

*Recibido Ago. 25, 2017; Aceptado Nov. 13, 2017; Versión final Ene. 10, 2018, Publicado Jun. 2018*

---

### Resumen

Se presenta un modelo para conciliar la gestión del desarrollo de software y la gestión organizacional mediante el relacionamiento de factores asociados a la producción en fábricas de software y factores administrativos, alineando métricas de operación con los objetivos estratégicos de las fábricas. Otros autores han propuesto modelos tales como el Integrado de Capacidad de Madurez (CMMI), el de Procesos de Software Personal (PSP), o el Proceso de Software para Equipos (TSP), para apoyar el mejoramiento continuo de fábricas de software. De manera paralela, la gestión organizacional ha consolidado el desarrollo misional de empresas en diferentes sectores, a través del ejercicio de planeación estratégica y su despliegue. La propuesta presentada en este artículo proporciona una herramienta, complementaria a aquellas que sirven como soporte para desarrollo y despliegue de planeación estratégica destinada al apoyo de ejecutivos de fábricas de software. El resultado de esta propuesta fue validado en cuatro fábricas de software con diferentes niveles de madurez.

*Palabras clave: fábricas de software; tablero de control integral; CMMI, PSP, TSP*

## Model of Strategic Relationships between Organizational and Technical Factors in Colombian Software Factories

### Abstract

A model is presented to reconcile the management of software development and organizational management through the relationship of factors associated with production in software factories and administrative factors, aligning operational metrics with the strategic objectives of the factories. Other authors have proposed models such as the Integrated Maturity Capability (CMMI), the Personal Software Processes (PSP), or the Software for Equipment (TSP), to support the continuous improvement of software factories. In parallel, the organizational management has consolidated the missionary development of companies in different sectors, through the exercise of strategic planning and its deployment. The proposal presented in this article provides a tool, complementary to those that serve as support for the development and deployment of strategic planning for the convenience of executives of software factories. The result of this proposal was validated in four software factories with different levels of maturity.

*Keywords: software factory; balanced scorecard; CMMI, PSP, TSP*

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la industria dispone de modelos ampliamente aceptados como elementos de apoyo en el ejercicio de mejoramiento continuo de fábricas de software, tales como el Modelo Integrado de Capacidad y Madurez (CMMI) en su versión *Development* (CMMI Product Team, 2010), y los procesos Personal Software Process (PSP) (Pomeroy-Huff et al., 2009) y Team Software Process (TSP) (Humphrey et al., 2010). Todos ellos han evolucionado con la preocupación por definir procesos dedicados al componente de ingeniería inherente a las fábricas de software (herramientas, tecnologías, metodologías, entre otros). Sin embargo, el desarrollo misional y estratégico de una fábrica de software implica la gestión de elementos propios de los ecosistemas organizacionales para lograr un desempeño efectivo, como aquellos identificados en el modelo de las 7s de McKinsey (Bryan, 2008). Reportes de experiencia de puestas en producción del modelo de las 7s de McKinsey (Alshaher y Abdul, 2013; Hanafizadeh y Ravasan, 2011; Metelsky, 2009) han permitido evidenciar que la interrelación de factores organizacionales de diferente nivel de influencia, estratégicos u operativos, determina la capacidad de una compañía para conseguir el logro de sus objetivos estratégicos.

Esta interrelación ha sido ampliamente estudiada desde la administración clásica, cuando se identificó la necesidad de contar con una serie de mecanismos que llevarían a una organización a lograr eficiencia operacional, entre otros: el desarrollo de método de trabajo, los sistemas burocráticos de selección de personal con base en sus competencias y las jerarquías de autoridad. Estudios posteriores se concentraron en la relación existente entre el desempeño de los empleados y las prácticas de gestión. Locke (1996) concluyó que la especificación detallada de los objetivos ayuda a reducir la varianza en el desempeño y desarrollar un mayor nivel de compromiso para alcanzar el objetivo a través de, por ejemplo, el empoderamiento, las recompensas, los incentivos, entre otros. Por su parte, Drucker (1999) y Davenport (2005) señalaron que el aprendizaje y el compromiso emocional con el trabajo afectaba el desempeño del trabajador, bien sea porque sus actividades le permiten desarrollar nuevas habilidades y competencias o porque logran autonomía para realizar sus labores. Estudios empíricos, entre ellos (Lounsbury, 2007), han determinado que la motivación afecta el desempeño y la retención de personal, así como también la calidad de los productos, lo que a su vez afecta el éxito de los proyectos.

El Tablero de Control Integral, o *Balanced Scorecard (BSC)* (Kaplan y Norton, 2005), es actualmente una de las técnicas más utilizadas para desglosar la visión del negocio en objetivos estratégicos, y para establecer relaciones entre dichos objetivos. Al ser un modelo aplicable a cualquier industria, el BSC no especifica explícitamente la forma en la cual se deben establecer tales relaciones; el despliegue de un BSC es responsabilidad del buen juicio de los altos ejecutivos. Desde la perspectiva de la Ingeniería, modelos de medición tales como Goal Question Metric (Basili y Rombach, 1994) y Practical Software Measurement (McGarry et al., 2002) han enfocado esfuerzos en establecer un método sistemático para alinear objetivos de gestión y objetivos operativos particularmente en fábricas de software.

A pesar del desarrollo alcanzado con los enfoques mencionados, en la literatura actual se carece de evidencia documentada acerca de la relación entre factores asociados con elementos organizacionales de alto nivel, como son el *nivel de aceptación del clima laboral* o el *tipo de gerencia organizacional*, y los procesos de ingeniería asociados con la producción de software, por ejemplo, el *proceso de administración de requerimientos*. Ejercicios previos (Lopera, 2012; Palomino, 2011) han demostrado que es posible identificar capacidades específicas que favorezcan el crecimiento de fábricas de software, a través de la dinámica de sistemas y la simulación del comportamiento de variables asociadas a la industria. Sin embargo, son ejercicios a nivel macro que involucran variables externas a la organización sin detallar significativamente las prácticas internas. Además, como Mitre lo identifica en su estudio (Mitre Hernández, 2010), las métricas recolectadas y consolidadas desde la operación no apoyan efectivamente la toma de decisiones de alto nivel, debido a que no puede identificarse cómo el esfuerzo realizado en los procesos misionales contribuyen a los resultados exitosos de la estrategia. Ante el problema descrito, para las fábricas de software es de gran complejidad operativizar sus procesos estratégicos, y de manera consecuente, es de alta complejidad optimizar los procesos de ingeniería basándose en buenas prácticas de administración organizacional.

La problemática anterior fue validada durante el desarrollo de un estudio de caso llevado a cabo en una muestra de cuatro fábricas de software colombianas. Dichas fábricas cuentan con entre doce y veintinueve años de operación, y emplean entre 45 y 350 personas. Las cuatro fábricas estudiadas cuentan con procesos definidos y documentados de planeación estratégica; tres de ellas también cuentan con certificaciones y valoraciones en procesos o modelos de calidad tales como ISO9001, CMMI, PSP y TSP. En todos los casos, no hay evidencia objetivamente verificable acerca de la realización de actividades de alineamiento entre la operación de la fábrica y los factores organizacionales. Además, se evidenció que los factores técnicos y organizaciones son relacionados tácitamente en estas fábricas, impidiendo un seguimiento efectivo a las métricas de cada factor y a su influencia sobre otros factores. De manera complementaria, como

resultado del estudio de la relación entre los objetivos estratégicos y los factores organizacionales y técnicos, no hay evidencia objetivamente verificable acerca de dicho relacionamiento en estas cuatro fábricas de software colombianas, es decir, las relaciones son tácitas. Dado que las empresas de la muestra 1) son casas de software relevantes en sus nichos de mercado, 2) gozan de reconocimiento a nivel internacional, 3) su base instalada está compuesta mayormente por empresas que operan en el exterior y 4) cuentan con procesos claramente definidos y evolucionados bajo estándares reconocidos o metodologías propias durante años, es posible afirmar que otras fábricas de menor trayectoria tampoco conocen el impacto que tienen los factores fabriles sobre los organizacionales y viceversa.

Para contribuir al cierre de la brecha entre objetivos estratégicos y objetivos técnicos en fábricas de software que están en el proceso de despliegue y alineación de tales objetivos, en este artículo se realiza la siguiente contribución: por un lado, se presenta un modelo que concilia la gestión del desarrollo de software con la gestión organizacional mediante el relacionamiento de *factores* asociados a la producción en fábricas de software y *factores* administrativos, alineando además las métricas de operación con los objetivos estratégicos de las fábricas. Por otro lado, se presenta un proceso que tiene como objetivo establecer dichas relaciones y documentarlas sobre el modelo propuesto. De manera complementaria, se presentan apartes de lo que se define como una *instancia* del modelo propuesto, resultado de la ejecución del proceso presentado, y del estudio y alineación con prácticas tradicionales de gestión organizacional e ingeniería de software.

## METODOLOGÍA

Para la construcción del modelo y el proceso resultado de este trabajo, se utilizó la estrategia de investigación basada en la metodología AR (*Action - Research*) multiciclo con bifurcación (McNiff y Whitehead, 2013). Esta estrategia cuenta con un ciclo de investigación inicial, en el cual se identificaron tres tipos de problemas: conceptual, metodológico y técnico. Teniendo en cuenta estos problemas se dividió el trabajo en tres ciclos (ver Figura 1).

Para el primer ciclo, investigación conceptual, se desarrollaron dos etapas: (i) identificación del problema y (ii) recopilación de la información necesaria. La primera etapa se desarrolló a través del enfoque de estudio de caso (Dawson, 1997). Este método ayudó a comprender las dinámicas presentes dentro de cuatro fábricas de software colombianas en relación a la alineación que dichas fábricas hacen entre objetivos estratégicos, y factores operativos y organizaciones. Para lograrlo, el alcance incluyó organizaciones con experiencia de más de diez años como fábricas de software, ubicadas en la región del Valle del Cauca (Colombia), y con altos estándares de calidad acreditados por diferentes entes (ver Tabla 1). La información obtenida de cada empresa es información primaria, obtenida a través de entrevistas a personal de mandos altos, mediante un cuestionario diseñado para tal fin. Considerando la existencia de precedentes empíricos obtenidos del estudio de caso, la segunda etapa consistió en la identificación y análisis de (1) teorías organizacionales aplicables a fábricas de software, (2) procesos de producción de software y (3) relaciones entre los dos primeros.

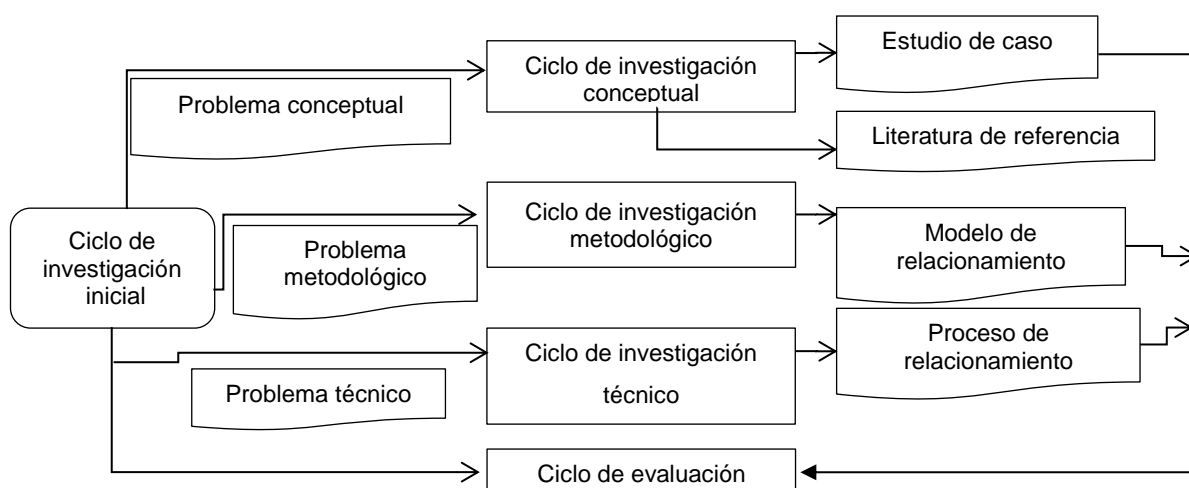


Fig. 1: Metodología Action-Research. (Adaptada de McNiff y Whitehead, 2013)

Una vez seleccionados los estudios más relevantes para el trabajo, se procedió a seguir con el ciclo de investigación metodológico, donde se describieron y se analizaron los diferentes referentes encontrados sobre los temas de estudio y su implementación en las empresas. Para cada referente encontrado se analizó su alcance y relación con los demás. Por último, en el ciclo se definió el modelo de relación entre objetivos estratégicos, factores administrativos organizacionales y factores técnicos asociados a la

producción en fábricas software. En el ciclo de investigación técnico, con el objetivo de crear un proceso instrumentado para establecer y documentar relaciones entre objetivos estratégicos, factores administrativos y factores técnicos, se usó como caso de estudio (1) un objetivo estratégico tomado del documento de necesidades estratégicas definidas por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia para el año 2013, y (2) sus relaciones con factores administrativos y técnicos comunes a fábricas de software y obtenidos del estudio de la literatura consultada en la segunda etapa del ciclo de investigación conceptual. Finalmente, el ciclo de evaluación consistió en la validación de los resultados cualitativos obtenidos, mediante juicio de expertos, involucrando a las cuatro fábricas de software estudiadas en la primera fase; los datos recolectados se obtuvieron a través de entrevistas personales y grupales.

Tabla 1: Caracterización de fábricas entrevistadas

Característica	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4
Antigüedad (años)	29	26	14	12
Número empleados	350	120	45	103
Metodología de planeación estratégica	Gazelle	Ad hoc	Ad hoc	PETI
Certificación en modelos de calidad	ISO9001; CMMI for Dev Nivel 4	Ninguna. Orientación hacia desarrollo ágil.	ISO9001 ISO20000; ISO27001; CMMI Dev Nivel 3	ISO9001 CMMI SVC1.3
Utilización de PSP/TSP	No de manera explícita	No	Sí	No

## DESARROLLO METODOLÓGICO

En esta sección se presenta el modelo propuesto para relacionar los factores asociados a la producción en fábricas software y factores administrativos; así como el proceso que tiene como objetivo establecer dichas relaciones y documentarlas.

### Modelo de relacionamiento entre factores organizacionales y técnicos

La Figura 2 presenta los componentes del modelo propuesto y sus relaciones. Tres submodelos hacen parte de la propuesta. De una parte, el submodelo *Organizacional* caracteriza factores referentes a procesos visionales y de apoyo de una organización. De otra parte, el submodelo *Técnico* caracteriza factores referentes a procesos misionales correspondientes a operación de la organización. Por último, el submodelo *Estratégico* caracteriza objetivos estratégicos de la organización y *objetivos de medición*, siendo estos últimos un resultado de relacionar *objetivos estratégicos* (del submodelo Estratégico), *factores organizacionales* (del submodelo Organizacional) y *factores técnicos* (del submodelo Técnico).

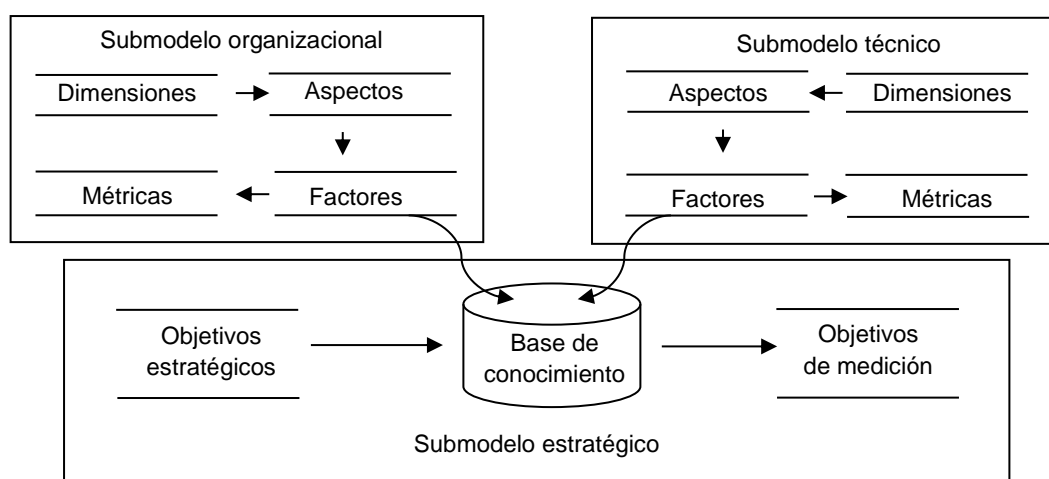


Fig. 2: Componentes del modelo propuesto

### Submodelos organizacional y técnico

Dentro de los submodelos, el concepto *dimensión* se refiere a cada una de las perspectivas de alto nivel desde las cuales se puede observar y evaluar una organización, fábricas de software dado el interés de este trabajo. Cada *dimensión* se disgrega en partes más pequeñas denominadas *aspectos*, los cuales agrupan

*factores*, que en el caso de los factores organizacionales se refiere a elementos cuya gestión incide sobre los resultados de gerencia, y en el caso de los factores técnicos se refiere a resultados de la operación. La definición de factores es independiente de los objetivos estratégicos. La propuesta que se realiza en el presente trabajo considera asociar una o varias *métricas* a *factores*, de manera que sea posible evaluar cuantitativamente el alcance en la gestión de la fábrica a través del tiempo. Estas métricas concretan cuáles son los objetos de medición, qué datos son requeridos para cada uno de ellos, cómo y cuándo obtenerlos y analizarlos, así como también permite saber en qué momento esa medición puede realmente aportar a la toma de decisiones.

La Tabla 2 presenta, a manera de ejemplo ilustrativo, un conjunto de *dimensiones*, *aspectos* y *factores organizacionales*, acompañados de sus correspondientes *métricas*. Los datos presentados son propuestos como resultado del estudio de los autores, realizado en torno a teorías administrativas tratadas por diversos autores (Gopalakrishnan Nair et al., 2012; Pérez et al., 2012; Álvarez et al., 2013). Es importante destacar que cada fábrica de software es llamada a validar y (re) definir el conjunto de *dimensiones*, *aspectos*, *factores organizacionales* y *métricas* que representen su realidad. Las *dimensiones* presentadas en la Tabla 2 son cuatro: i) *Estrategia*. Se preocupa por la forma en la cual se evalúa una ventaja competitiva a partir de las condiciones del entorno y de la organización; ii) *Condiciones ambientales*. Características propias de la organización que definen la manera en la cual se realiza y se remunera el trabajo; iii) *Cultura organizacional*. Describe los mecanismos que regulan el comportamiento y desarrollan compromiso con las tareas que se ejecutan dentro de la organización; y iv) *Gestión del conocimiento*. Se refiere a la manera en la cual se adquiere, administra, genera, protege y reproduce el conocimiento.

Tabla 2: Subconjunto de factores del submodelo organizacional

<i>Dimensión: Estrategia</i>		
Aspecto Organizacional	Factor	Métricas
Competitividad	Ventaja competitiva sostenible	Ingresos totales (VIT) Cuota de Mercado en función de ingresos (CDM) Índice de posicionamiento (IDP)
<i>Dimensión: Condiciones Ambientales</i>		
Aspecto Organizacional	Factor	Métricas
Procesos	Productividad	Margen de utilidad operacional (MUO) Variación en Tarifa de Venta (VTV) Tarifa real por unidad (TRU)
<i>Dimensión: Cultura Organizacional</i>		
Aspecto Organizacional	Factor	Métricas
Ambiente organizacional	Ambiente laboral	Índice de satisfacción de cliente interno (ISI)
<i>Dimensión : Gestión Del Conocimiento</i>		
Aspecto Organizacional	Factor	Métricas
<i>Know How</i>	Competencia laboral	Tasa de Formación Continua (TFC) Efectividad de la formación continua (EFC) Coeficiente de Curva de Aprendizaje (CCA)

La Tabla 3 presenta, nuevamente a manera de ejemplo ilustrativo, un conjunto de *dimensiones*, *aspectos* y *factores técnicos*, acompañados de sus correspondientes *métricas*. Como en el caso del submodelo organizacional, donde las dimensiones presentadas se obtuvieron de buenas prácticas y experiencia reportada en literatura, para el caso del submodelo técnico, los datos presentados son resultado del estudio de los autores sobre referentes (modelos y procesos) en el campo de las fábricas de software. Esta propuesta considera los objetos de interés de las buenas prácticas del desarrollo de software contemplados en *CMMI for Dev v1.3*, TSP y PSP.

#### *Submodelo estratégico*

El submodelo estratégico mantiene la información de los *objetivos de medición*, los cuales resultan de relacionar objetivos estratégicos con *factores organizacionales y técnicos*. Los *objetivos de medición* se obtienen por medio de la ejecución del proceso propuesto en la siguiente sección. A manera de ejemplo, la Tabla 4 presenta dos *objetivos de medición* que surgen de un objetivo estratégico tomado del documento

de *necesidades estratégica* definidas por el Ministerio de Tecnologías de la Información, y las Comunicaciones (MINTIC, 2013) para el año 2013: "*Desarrollo y especialización de productos / servicios*".

Tabla 3: Subconjunto de factores del submodelo técnico.

<i>Dimensión: Ingeniería Del Software</i>		
Aspecto Técnico	Factor	Métricas
Aseguramiento de la calidad	Revisión de pares	Relación tiempo de diseño vs codificación (RDTCT) Relación tiempo de revisión de diseño vs tiempo de diseño (RDRDT)
<i>Dimensión: Gestión De Proyectos</i>		
Aspecto Técnico	Factor	Métricas
Estimación	Tiempo	Desviación del cronograma (SV) Índice de desempeño del cronograma (SPI)
<i>Dimensión: Desarrollo Del Software</i>		
Aspecto Técnico	Factor	Métricas
Control de calidad	Defectos	Densidad de defectos (DD) Tasa de remoción de defectos (DRR) Defectos remanentes en producto (DRP)

En síntesis, a lo largo de esta sección se presentaron ejemplos de dimensiones, aspectos y factores organizacionales (ver Tabla 2) y técnicos (ver Tabla 3) abstraídos por los autores en un ejercicio de revisión de la literatura consultada. Sin embargo, se recalca que cada organización es susceptible de poblar el modelo con resultados de su experiencia interna y análisis de entorno. Los ejemplos de objetivos de medición presentados (ver Tabla 4), se obtuvieron como resultado de la ejecución del proceso propuesto en la siguiente sección de este documento; sin embargo, para iguales objetivos estratégicos, dimensiones, aspectos, y factores organizacionales y técnicos, diferentes organizaciones pueden obtener diferentes objetivos de medición de acuerdo con sus prioridades y análisis de entorno. Para ser usado como referencia en el trabajo particular de una fábrica de software, un conjunto complementario de dimensiones, aspectos y factores (organizacionales y técnicos) se encuentra disponible en (Cerón y Arboleda, 2015); dicho trabajo presenta una versión extendida y detallada de este documento como resultado de una tesis de Maestría en el área de Gestión de TI.

Tabla 4: Ejemplo de objetivos de medición.

<i>Objetivo estratégico: Desarrollo y especialización de productos/servicios</i>			
<i>Factor Organizacional</i>	<i>Métrica Organizacional</i>	<i>Factor Técnico</i>	<i>Métrica Técnica</i>
Estandarización de procesos	Grado de adherencia al proceso (GAP)	Criterios de verificación	Densidad de los Defectos (DD)
Estandarización de procesos	Grado de adherencia al proceso (GAP)	Revisión de pares	Tasa de Remoción de Defectos (DRR)

#### *Proceso de relacionamiento estratégico de factores organizacionales y técnicos*

El proceso propuesto define el conjunto de actividades requeridas para establecer relaciones entre los submodelos *estratégico*, *organizacional* y *técnico*. Los objetivos de medición presentados en la Tabla 4 son resultado de la aplicación de este proceso. Las entradas del proceso corresponden con la información de los submodelos organizacional y técnico. Así, los aspectos, factores y métricas obtenidos del estudio de las buenas prácticas reportadas en las áreas de administración y fábricas de software se constituyen, de manera general, en los insumos para establecer las relaciones con objetivos estratégicos de una organización. Sin embargo, de manera particular, cada organización puede tener una base de conocimiento de aspectos, factores y métricas obtenidos de su experiencia y análisis de entorno. El proceso se presenta en la Figura 3; dicho proceso inicia tras la definición de objetivos estratégicos en una organización. A través de tres subprocesos se construye una relación entre objetivos estratégicos y *factores organizacionales* y *técnicos* almacenados en la *base de conocimiento*. Para ello, se realizan actividades de análisis causa-efecto en dos diferentes etapas.

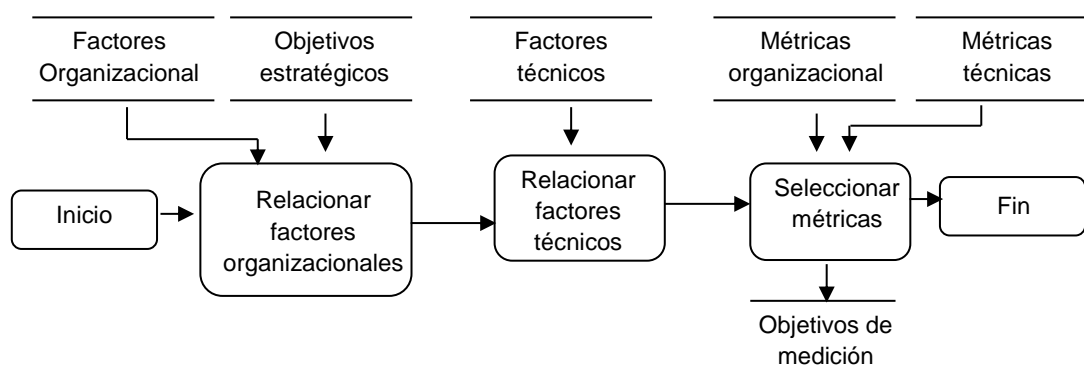


Fig. 3: Flujo principal del proceso

En el primer subproceso se busca (1) identificar cuáles son aquellos *factores organizacionales* que apoyan la gestión y cumplimiento de la estrategia, y (2) realizar un análisis causal para comprender su dinámica. La entrada de este subproceso son los objetivos estratégicos y los factores organizacionales, y como resultado se obtiene la relación entre dichos objetivos y factores. Las relaciones se obtienen por medio de un estudio de causalidad, con el fin de establecer cómo un aumento o disminución en un factor afecta a los demás y a los objetivos estratégicos. A manera de ejemplo, el objetivo estratégico presentado en la Tabla 4, *Desarrollo y especialización de productos/servicios*, puede lograrse a través de un adecuado conocimiento de las necesidades del mercado para el desarrollo de nuevas características físicas y funcionales que cumplan con las expectativas de los clientes, así como también implementando buenas prácticas en los procesos que aumenten las posibilidades de un producto/servicio satisfactorio. Con esto se puede identificar dos factores organizacionales: (1) *Estandarización de procesos* y (2) *Investigación y desarrollo*. En esta actividad se establecen las relaciones mostradas en la Figura 4, en donde se grafica cómo la *innovación* conduce a la generación de resultados financieros positivos mediante un aumento en las ventas y la ganancia de *nuevos clientes* a través del *desarrollo y mejora de productos y servicios*.

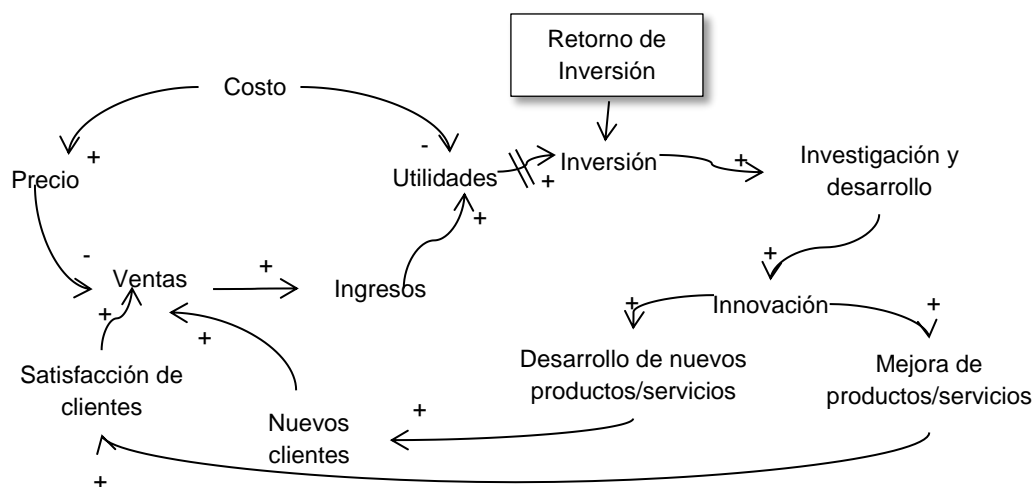


Fig. 4: Balanceo de relación causal asociada con la innovación

El segundo subproceso consiste en la incorporación de *factores técnicos* a la relación identificada previamente entre los *factores organizacionales* y los *objetivos estratégicos*. El relacionamiento de objetivos estratégicos y factores organizacionales y técnicos también se realiza por medio de un estudio de causalidad. Al igual que en el subproceso anterior, este ejercicio permite visualizar la dinámica del sistema, en donde ahora los *factores técnicos* impactan la relación entre el *factor organizacional* y el objetivo estratégico. A manera de ejemplo, retomando el estudio del objetivo estratégico *Desarrollo y Especialización de Productos/Servicios* y su relación con el factor organizacional *Estandarización de Procesos*, se exploran relaciones causales con un conjunto de *factores técnicos* que aumentan la confiabilidad del producto final. La Figura 5 presenta un subconjunto de los factores técnicos estudiados con el fin de incrementar dicha confiabilidad. Como resultado, a manera ilustrativa, se selecciona el factor técnico: *criterios de verificación*.

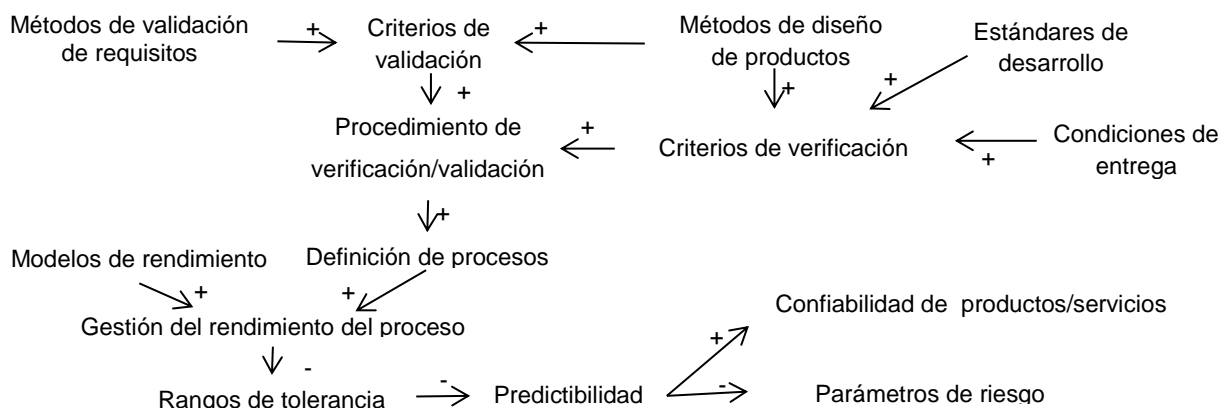


Fig. 5: Balanceo de relación causal asociada con la confiabilidad de los productos y servicios

El tercer subproceso corresponde con la selección de métricas que serán usadas como parte de los *objetivos de medición*. Si bien existe un conjunto de métricas asociadas con factores organizacionales y técnicos, un subconjunto de ellas debe ser seleccionado con el fin de realizar mediciones periódicas y sistemáticas. La Tabla 4 previamente presentó un ejemplo de un objetivo de medición, relacionando las métricas escogidas, descubierto mediante la aplicación del proceso descrito.

## DISCUSIÓN

Como parte de la metodología empleada para el desarrollo de este trabajo, en el ciclo de evaluación se realizó la validación de los resultados cualitativos obtenidos, mediante juicio de expertos, involucrando a cuatro fábricas de software estudiadas en el ciclo de investigación conceptual. El proceso de validación tuvo como principal interés conocer la utilidad y aplicabilidad del modelo y el proceso resultados de este trabajo; para eso se recolectaron datos a través de entrevistas personales y validación grupal planteando preguntas cerradas y abiertas, las últimas orientadas a identificar ventajas y desventajas de la propuesta.

Las preguntas cerradas permitieron identificar que tres fábricas de software consideran estar de acuerdo en la usabilidad y utilidad del modelo para realizar el relacionamiento de los objetivos estratégicos y los factores organizacionales y técnicos por su contribución al entendimiento del efecto de la operación en los resultados del negocio, y una de las fábricas mantiene una posición neutral, argumentando que el relacionamiento puede indicarse de manera implícita sin requerir documentación. Las cuatro fábricas de software consideran que los datos resultantes del caso de estudio de los objetivos estratégicos definidos por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia, y sus relaciones con factores administrativos y técnicos comunes a fábricas de software, se ajustan a la realidad de su organización.

Entre las ventajas identificadas como parte del modelo y el proceso propuesto se encuentra (1) el uso de un esquema unificado de integración y relacionamiento, (2) la visibilidad que se da a los procesos de software en el logro de los objetivos estratégicos, (3) la administración coherente de factores organizacionales y técnicos mediante la relación causal, (4) la posibilidad de reutilizar resultados de las relaciones obtenidas como base de conocimiento, (5) la capacidad de priorizar la definición de indicadores para aquellos factores que afecten a varios objetivos de la estrategia, (6) el soporte que brinda al equipo gerencial para mantener la operación alineada y enfocada con la visión del negocio y (7) el equilibrio en la definición de métricas efectivas para la identificación del avance en el cumplimiento de los objetivos. Entre las oportunidades de mejora destacadas se encuentran, (1) dado que no siempre se puede hacer relación directa de causa y efecto en el proceso propuesto, éste debe incluir alternativas para el relacionamiento de factores y objetivos estratégicos, (2) no se considera el grado en el que cada relación establecida aporta a la estrategia, ni se cuenta con una metodología para la determinación de la ponderación, (3) no se provee una estrategia que permita dimensionar el costo-beneficio de hacer seguimiento a una relación establecida, (4) la curva de aprendizaje para establecer relaciones entre factores organizacionales y técnicos, y objetivos estratégicos, requiere esfuerzo importante.

A diferencia de modelos previos, como el Tablero de Control Integral, la propuesta corresponde a un modelo exclusivamente orientado a fábricas de software, que propone el uso de análisis causal y de estándares ampliamente reconocidos y aplicados en la industria, para simplificar la identificación de las relaciones entre objetivos estratégicos, factores técnicos y factores organizacionales, resultando en un aporte significativo y complementario a ellos. Por lo demás, la propuesta no constituye un modelo de planeación estratégica, por tanto, no reemplaza el uso de los modelos previos. La Tabla 5 muestra una comparación entre el modelo propuesto y el Tablero de Control Integral.



Tabla 5: Comparación entre el Tablero de Control Integral y el modelo propuesto

Característica	Tablero	Modelo
Contempla la misión y visión de la empresa	x	
Se basa en el análisis de la organización, el entorno y el mercado	x	
Contempla prácticas propias de la industria del software		x
Apoya la definición de objetivos estratégicos	x	
Establece la definición de relaciones causa-efecto entre objetivos estratégicos	x	
Identifica los factores clave para el logro de objetivos estratégicos		x
Clasifica los factores clave de éxito	x	x
Establece relaciones causa-efecto entre factores clave de éxito		x
Proporciona guía en la identificación de relaciones causa-efecto		x
Traduce la estrategia organizacional en indicadores	x	x
Proporciona un conjunto de indicadores predefinidos para cada factor de éxito		x
Facilita la definición de metas por cada indicador	x	x
Facilita la elaboración de planes de acción para el logro de los objetivos	x	
Facilita el seguimiento a los objetivos del negocio y la formulación de acciones correctivas	x	
Facilita la comunicación de la estrategia a todos los niveles de la organización	x	

## CONCLUSIONES

La propuesta presentada en este documento proporciona una herramienta, complementaria a aquellas que sirven como soporte para desarrollo y despliegue de planeación estratégica (p.ej. Tablero de Control Integral, Goal Question Metric o Practical Software Measurement), destinada para el apoyo de ejecutivos de fábricas de software que buscan establecer relaciones entre los objetivos de alto nivel y la operación de los procesos de desarrollo de software. A partir de lo mostrado en este artículo, se pueden obtener las siguientes conclusiones: 1) La propuesta permite alinear las métricas de operación con los objetivos estratégicos de fábricas de software, estableciendo los resultados sobre un modelo definido, y siguiendo un proceso que involucra el estudio de relaciones causa-efecto, 2) con la utilización del modelo, las fábricas de software ganan visibilidad de la importancia de los procesos de software en el logro de los objetivos estratégicos y 3) la *instancia* del modelo propuesto, resultado de la ejecución del proceso presentado, y del estudio y alineación con prácticas tradicionales de gestión organizacional e ingeniería de software, representa una base extensible para dar inicio a la aplicación del modelo en entornos organizacionales reales.

## REFERENCIAS

- Alshaher, F. y Abdul, A., *The McKinsey 7S Model framework for e-learning system readiness assessment*, doi:10.4018/jeis.2011100103, International Journal of Enterprise Information Systems, (en línea), 7(4), 23-63 (2013)
- Álvarez, C.; Rodríguez, V.; Ortega, F. y Villanueva, J., *Scorecard and KPIs for monitoring software factories effectiveness in the financial sector*, doi:10.12821/ijispm010302, International Journal of Information Systems and Project Management, (en línea), 1(3), 29-43 (2013)
- Basili, V.R. y Rombach, H.D., *The Goal Question Metric Paradigm*, in Encyclopedia of Software Engineering, 2ª edición, 528-532. John Wiley & Sons, New York, Estados Unidos (1994)
- Bryan, L., *Enduring ideas: The 7-S Framework*, McKinsey Quarterly, ISSN: 0047-5394 (en línea), 44(1), 112, 2008. <https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/enduring-ideas-the-7-s-framework>. Acceso: 9 de enero (2018)
- Cerón, K. y Arboleda, H., *Modelo de Relacionamento Estratégico entre Factores Organizacionales y Técnicos en Fábricas de Software*, Tesis de Magister, Facultad de Ingeniería, Universidad Icesi, Cali, Colombia (2015)
- CMMI Product Team, *CMMI for Development, Version 1.3*. Software Engineering Institute, Pennsylvania, Estados Unidos (2010)
- Davenport, T. H., *Thinking for a Living: how to get better performances and results from knowledge workers*. Harvard Business Press, Boston, Estados Unidos (2005)
- Dawson, P., *In at the deep end: Conducting processual research on organisational change*, doi:10.1016/S0956-5221(97)00025-0, Scandinavian Journal of Management, (en línea), 13(4), 389-405 (1997)
- Drucker, P., *Management Challenges for the 21st Century*. HarperCollins Publishers, Nueva York, Estados Unidos (1999)

- Gopalakrishnan Nair, T.R.; Suma, V. y Kumar Tiwari, P., *Significance of depth of inspection and inspection performance metrics for consistent defect management in software industry*, doi:10.1049/iet-sen.2011.0148, IET Software, (en línea), 6(6), 524-535 (2012)
- Hanafizadeh, P. y Ravasan, A.Z., *A MckInsey 7S Model-Based Framework for ERP Readiness Assessment*, doi: 10.4018/jeis.2011100103, International Journal of Enterprise Information Systems, (en línea), 7(4), 23-63 (2011)
- Humphrey, W.S.; Chick, T.A.; Nichols, W.R. y Pomeroy – Hoff, M., *Team Software Process (TSP) Body of Knowledge (BOK)*. Software Engineering Institute, Pennsylvania, Estados Unidos (2010)
- Kaplan, R.S. y Norton, D.P., *The Office of Strategy Management*, Harvard Business Review, ISSN: 0017-8012 (en línea), 83(10), 72-80, 2005. <https://hbr.org/2005/10/the-office-of-strategy-management>. Acceso: 9 de enero (2018)
- Locke, E. A., *Motivation through conscious goal setting*, doi: 10.1016/S0962-1849(96)80005-9, Applied & Preventive Psychology, (en línea), 5(2), pp. 117–124 (1996)
- Lopera, D., *Análisis estratégico de la industria colombiana de software a partir de la simulación de escenarios de competencia utilizando Dinámica de Sistemas*, Tesis de Magister, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Colombia (2012)
- Lounsbury, J.W. y Moffitt, V., *An Investigation of Personality Traits in Relation to Job and Career Satisfaction of Information Technology Professionals*, Journal of Information Technology, ISSN: 1466-4437 (en línea), 22(2), pp. 174–183, 2007. <https://link.springer.com/article/10.1057/palgrave.jit.2000094>. Acceso: 9 de enero (2018)
- McGarry, J.; Card, D. y Jones, C., *Practical Software and Systems Measurement, PSM Overview*, Department of Defense, US Army (2002)
- McNiff, J. y Whitehead, J., *Action Research: Principles and Practice*, 2da edición. Routledge, Londres, Inglaterra (2013)
- Metelsky, B.A., *Organization Change: A Comprehensive Reader*, doi: 10.1002/hrdq.20027, Human Resource Development Quarterly, (en línea), 20, 539–544 (2009)
- Ministerio de las Tecnologías de Información y Comunicaciones, *Visión Estratégica del Sector Plan de Mercadeo y Ventas de Software y Servicios* (en la web: [http://www.fiti.gov.co/Images/Recursos/11\\_Plan\\_Estrategico\\_de\\_MyVentas\\_SW\\_Col.pdf](http://www.fiti.gov.co/Images/Recursos/11_Plan_Estrategico_de_MyVentas_SW_Col.pdf), acceso: 5 de noviembre de 2014), Colombia (2013)
- Mitre Hernández, H. A., *Alineación de la Gestión Estratégica con la Medición de Productos y Procesos para Organizaciones de Ingeniería del Software*, Tesis de Doctorado, Dpto. Informática, Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, España (2010)
- Palomino, K., *Estudio del comportamiento de la industria del software en Colombia ante escenarios de capacidades de innovación y ventajas comparativas por medio de dinámica de sistemas*, Tesis de Magister, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Colombia (2011).
- Pérez, C.Á.; Montequín, V.R.; González-Fanjul, C.A. y Álvarez, L.F., *Modelo De Cuadro De Mando Para Factorías Software del Sector Financiero*, XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos Valencia, 2313–2323, Valencia, España, Julio (2012)
- Pomeroy-Huff, M.; Cannon, R.; Chick, T.A.; Mullaney, J. y Nichols, W., *The Personal Software Process (PSP) Body of Knowledge, Versión 2.0*. Software Engineering Institute, Pennsylvania, Estados Unidos (2009)