

Definición de un Modelo de Ecuaciones Estructurales para el estudio del éxito de un proyecto software cibernéticamente organizado*

Julio César Puche Regaliza¹, José Manuel Pérez Ríos¹, Pablo Sánchez Mayoral¹

¹ Dpto. de Organización de Empresas y Comercialización e Investigación de Mercados, Área de Organización de Empresas. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática. Universidad de Valladolid. Campus Miguel Delibes s/n, 47011. Valladolid. puche@uva.es, rios@uva.es, mayoral@uva.es.

Resumen

A pesar de los avances existentes en diferentes campos relacionados con los proyectos software, éstos siguen sufriendo un índice de fracasos excesivamente alto. Sus gestores tienen dificultades para terminarlos dentro del plazo exigido, con costes no superiores a los estimados inicialmente y con la calidad que asegure la satisfacción de los usuarios. Para intentar disminuir tal índice, proponemos una aportación en uno de dichos campos. Proponemos un enfoque organizacional en el cual estén implicados todos los elementos relacionados con un proyecto software. Más concretamente y en el ámbito de la Cibernética Organizacional, aplicamos el Modelo de Sistemas Viables para asegurar la viabilidad, es decir, la capacidad de existencia independiente, autorregulación, aprendizaje y adaptación del proyecto software. Para validar esta propuesta, comenzamos definiendo un Modelo de Ecuaciones Estructurales que recoge las relaciones causales existentes entre las diferentes variables presentes en la gestión de un proyecto software organizado en base al Modelo de Sistemas Viables. En futuros trabajos, este Modelo de Ecuaciones Estructurales nos permitirá confirmar empíricamente si, efectivamente, los proyectos software que se organizan “cibernéticamente” tienen una menor probabilidad de fracaso en los términos indicados de cumplimiento de coste, plazo y calidad.

Palabras clave: Cibernética Organizacional, Modelo de Sistemas Viables, Modelos de Ecuaciones Estructurales, Proyecto Software.

1. Introducción

Como señala Pressman (2002): “El software de computadora se ha convertido en el *alma mater*. Es la máquina que conduce a la toma de decisiones comerciales. Sirve de base para la investigación científica moderna y de resolución de problemas de ingeniería. Es el factor clave que diferencia los productos y servicios modernos. Está inmerso en sistemas de todo tipo: de transportes, médicos, de telecomunicaciones, militares, procesos industriales, entretenimientos, productos de oficina..., la lista es casi interminable. El software es casi ineludible en un mundo moderno. A medida que nos adentremos en el siglo XXI, será el que nos conduzca a nuevos avances en todo, desde la educación elemental a la ingeniería genética”. Por tanto, y como el mismo autor indica, las inversiones en software no han cesado de aumentar. Se ha estimado que el gasto en Estados Unidos para el desarrollo y

* Trabajo realizado con financiación del Ministerio de Educación y Ciencia (Plan Nacional de investigación científica, desarrollo e innovación tecnológica). REF.: SEJ2006-06972/SOCI.

mantenimiento del software fue de 70 billones de dólares en 1985 y 225 billones en 1995, alcanzando en ese año, los 450 en todo el mundo. Las cifras son similares en los primeros años del siglo XXI. Son gastos suficientemente elevados como para prestar una atención especial a los proyectos que los generan.

A pesar de esta creciente importancia e inversión cada vez mayor, la percepción común que se tiene de la industria del software no es precisamente de una alta calidad de sus productos y servicios, ni de eficiencia en sus procesos. Y es que, a pesar de la existencia de numerosas contribuciones a la gestión de proyectos software, en las que se aportan ideas o se intentan dar solución a los problemas que surgen en la realización de los mismos (fundamentalmente centrándose en el producto, el proceso de desarrollo y el personal), la gestión de un proyecto software sigue afectada fundamentalmente por tres graves problemas: costes muy por encima de lo presupuestado, entrega fuera de plazo y falta de calidad del producto. El índice de fracasos en la gestión de estos proyectos es más elevado de lo deseado. Una de las referencias más citadas sobre el estado de los proyectos software es el denominado “*Report Chaos*” del *Standish Group*, en el que se clasifican los proyectos en tres tipos: (1) *successful*: el proyecto se completa a tiempo y dentro del presupuesto, con todas las características y funciones, (2) *challenged*: el proyecto se completa y es operacional, pero más allá del presupuesto, más allá del tiempo estimado y con pocas de las características y funciones que fueron inicialmente especificadas y (3) *failed*: el proyecto es cancelado antes de completarse.

Señala dicho informe que el 31,1% de los proyectos son *failed* y que el 52,7% de los proyectos cuestan el 189% más que sus estimaciones originales. Por tanto, a pesar de todas las mejoras propuestas, el número de fracasos en la gestión de proyectos software no desciende suficientemente. Parece clara, entonces, la necesidad de aportaciones que permitan construir software de manera que se asegure su calidad, fiabilidad, sencillez y robustez, a un coste y plazo de entrega razonables.

En el trabajo que presentamos proponemos un enfoque sistémico de gestión diferente a los tradicionales. Dentro del ámbito de la Cibernética, utilizaremos la Cibernética Organizacional con el objeto de lograr unos resultados técnicos, de costes y plazos que incrementen la satisfacción del cliente. Una de las aportaciones más conocidas a la Cibernética Organizacional es el Modelo de los Sistemas Viables, el cual facilita el tratamiento de la complejidad a la que se enfrenta una organización, un proyecto software en este caso.

Pero antes de proceder a la aplicación de este enfoque consideramos conveniente validar previa y empíricamente los efectos positivos que dicha aplicación debiera producir en los resultados de los proyectos software. Para ello, como primer paso y objetivo de este trabajo, pretendemos definir un Modelo de Ecuaciones Estructurales que recoja las relaciones causales existentes entre las diferentes variables presentes en la gestión de un proyecto software organizado conforme al Modelo teórico de los Sistemas Viables.

Mostraremos inicialmente algunos conceptos básicos sobre Cibernética, Cibernética Organizacional y Modelo de Sistemas Viables. En segundo lugar, presentamos los conceptos teóricos de los Modelos de Ecuaciones Estructurales, centrándonos especialmente en la fase de especificación del modelo, a la cual este trabajo está dedicado. Posteriormente, aplicamos estos conceptos en la definición de un Modelo de Ecuaciones Estructurales en base al Modelo de Sistemas Viables para el estudio del éxito de un proyecto software. Terminamos el trabajo con unas conclusiones y referencias al futuro desarrollo de la investigación.

2. Modelo de Sistemas Viables (VSM)

Después del éxito que tuvieron durante la II Guerra Mundial los grupos de trabajo interdisciplinarios (que eventualmente se denominaron grupos de Investigación Operativa) en la resolución de problemas que trascendían a la disciplina particular de cada uno de ellos, al terminar ésta, se extendió el uso de tales grupos para la resolución de problemas no militares.

Uno de ellos fue creado por Norbert Wiener en Méjico. Este grupo reconoció la unidad esencial de un conjunto de problemas relacionados con la comunicación y el control, tanto en la máquina como en los organismos vivos. Su trabajo, así como el de científicos como Warren McCulloch, Walter Pitts, Ross Ashby, Grey Walter y otros, dio lugar a una nueva visión sobre la interacción de los sistemas complejos y las respuestas humanas a ellos. Fue Wiener el que dio el nombre de Cibernética a la nueva ciencia, a la que definió “como ciencia de la comunicación y el control en el animal y en la máquina”. En los años de la posguerra tiene lugar la publicación de numerosos artículos y libros sobre la materia, y empieza a conformarse una comunidad internacional interesada en ella. Entre esas aportaciones destacamos el libro de Wiener “*Cybernetics or the Control and Communication in the Animal and the Machine*” (1948), cuyas ideas fueron puestas en práctica por Stafford Beer, que ya formaba parte de dicha comunidad.

Stafford Beer, en su obra “*Cybernetics and Management*” (1959), da el primer paso en la Cibernética Organizacional, es decir en la aplicación de los principios de la ciencia Cibernética al estudio de las organizaciones. En él realiza una revisión histórica sobre el origen de la Cibernética como ciencia, y reivindica el concepto de sistema como alternativa al enfoque reduccionista dominante en la cultura occidental (el todo puede ser comprendido completamente si se entienden sus partes y la naturaleza de su suma). La descripción de las situaciones complejas como cajas negras y la noción de que los sistemas con una finalidad son definidos por el producto saliente de la caja negra (y no por deseos o intenciones) dieron lugar a la conocida afirmación de Beer de que “el propósito de un sistema es lo que hace”. El libro constituye una defensa del “holismo” en el método científico (el todo es más que la suma de sus partes). En este libro Beer argumenta, por primera vez, la posibilidad de diseñar científicamente una organización para que constituya un sistema dotado de capacidad de aprendizaje, de adaptación y de evolución (Pérez Ríos, 2001).

En 1985 y bajo el título “*Diagnosing the System for Organizations*”, Beer publica un libro en el que expone los fundamentos conceptuales del Modelo de Sistemas Viables, que pudieran servir de guía para su aplicación. El Modelo de Sistemas Viables es uno de los principales componentes de la Cibernética Organizacional y una de las aportaciones más conocidas y utilizadas de Beer en el ámbito de la Teoría de la Organización. Integrado con otros componentes de la Cibernética Organizacional, establece las condiciones necesarias y suficientes para que un sistema sea “viable”, es decir capaz de mantener una existencia independiente. Ello implica que dicho sistema estará dotado de las capacidades de regulación, aprendizaje, adaptación y evolución necesarias para garantizar su “supervivencia” ante los cambios que puedan producirse en su entorno a lo largo del tiempo (incluso aunque éstos no hayan sido previstos cuando el sistema fue diseñado).

Uno de los postulados fundamentales del Modelo de Sistemas Viables afirma que un sistema (p. ej. una organización) es viable sí y sólo sí dispone de las cinco funciones caracterizadas por Beer como Sistemas Uno al Cinco, y que de forma aproximada podemos asociar con “implementación”, “coordinación”, “integración”, “inteligencia” y “política”. Vemos brevemente en qué consisten (Figura 1):

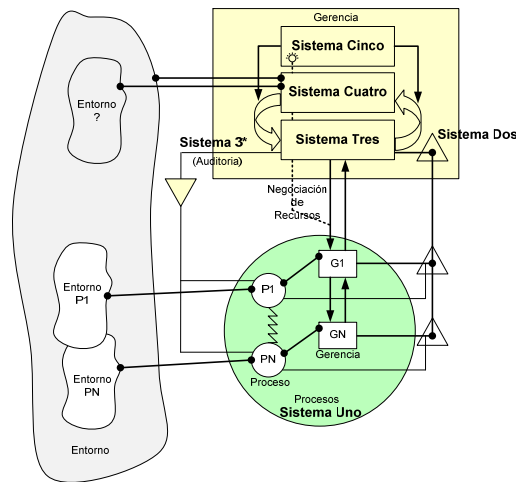


Figura 1. Esquema del Modelo de Sistemas Viables.

El Sistema Uno está constituido por los procesos productivos (operaciones) que hacen posible que la organización genere sus productos o servicios. El resto de los Sistemas, del Dos al Cinco, tienen como misión servir al Sistema Uno. Así, el Sistema Dos se ocupa de las actividades de coordinación, siendo su principal función amortiguar las oscilaciones que se producen como consecuencia del funcionamiento de las operaciones contenidas en el Sistema Uno y sus interacciones. El Sistema Tres se ocupa del ámbito interno del sistema, en tiempo real. Su misión es intervenir en la negociación de recursos con las operaciones primarias (Sistema Uno), transmitirles instrucciones, auditar su funcionamiento (Sistema Tres*) y eventualmente intervenir en él en aquellos casos en los que la coordinación ha sido incapaz de resolver el conflicto entre las operaciones. Se puede decir que la principal función del Sistema Tres es ocuparse del “aquí y ahora” de la organización. Su misión es vigilar el funcionamiento de la organización en el corto plazo. El Sistema Cuatro representa la “inteligencia” del sistema viable. Ha de vigilar la evolución del entorno de la organización. Su principal misión es ocuparse del “exterior y futuro”, con la finalidad de mantener a la organización constantemente preparada para el cambio. El Sistema Cuatro idealmente estará formado por la “sala de operaciones”, donde son explorados de forma continua diferentes escenarios futuros para ayudar a la toma de decisiones que incrementen la probabilidad de lograr el futuro deseado. Finalmente, el Sistema Cinco, que podríamos identificar con la “política” de la organización, se ocupa de los aspectos ideológicos, normativos y define la misión y el estilo de la organización. Debe asegurar que ésta última se adapte al entorno manteniendo, al mismo tiempo, un grado adecuado de estabilidad interna.

Otro aspecto esencial del Modelo de Sistemas Viables es la consideración del carácter “recursivo” de los sistemas viables. Todo sistema viable contiene sistemas viables y, a su vez, forma parte de sistemas que son también viables. La consecuencia directa de esta recursividad es que cualquier sistema viable, sea cual sea el lugar que ocupe, ha de contener los Cinco Sistemas que caracterizan la “viabilidad”. Es decir, la viabilidad del sistema requiere que las cinco funciones existan, de manera recursiva, en todos los niveles de la organización. Toda unidad (Sistema Uno) replica, en términos estructurales, el total en el que está contenida (Pérez Ríos y Sánchez Mayoral, 2001).

3. Modelos de Ecuaciones Estructurales (SEM)

Una de las finalidades de las investigaciones empíricas es el descubrimiento de relaciones causales entre las variables objeto de estudio. Muchas de estas variables relacionadas tienden

a variar su valor conjuntamente, indicando una causalidad que en ocasiones es ficticia. “La condición suficiente y necesaria del principio de causalidad podría ser expresada en estos términos: una variable A es causa de B si siempre que se da A acontece B, y nunca acontece B si previamente no se ha dado A” (Bisquerra, 1989).

El concepto de análisis causal en las ciencias sociales hace referencia al conjunto de estrategias y técnicas de elaboración de modelos causales que expliquen fenómenos, con objeto de contrastarlos empíricamente. Sus orígenes se encuentran en el “*path-analysis*”, cuyo objeto es el estudio de los efectos de unas variables consideradas como causas sobre otras tomadas como efectos. La variable que es efecto se denomina variable dependiente, endógena o explicada y las que originan o causan a la anterior, son las variables independientes, exógenas o explicativas. El “*path-analysis*” es una técnica similar a la regresión pero con poder explicativo, que estudia los efectos directos e indirectos en el conjunto de las variables observables, asumiendo la existencia de relaciones lineales entre ellas, la incorrelación de los errores de regresión y la ausencia de errores de medición de las variables. Se pueden obtener las diferentes correlaciones entre las variables analizando el conjunto de los efectos causales que las relacionan mediante la utilización de los “coeficientes *path*”, los cuales explican el impacto de una variable sobre otra. (Lévy Mangin *et al*, 1999).

Tanto las técnicas de regresión como el “*path-analysis*” son categorías de lo que se han denominado de forma global Modelos de Ecuaciones Estructurales, los cuales se han convertido en uno de los desarrollos recientes más importantes del análisis multivariante y su uso se ha extendido entre las ciencias sociales. En particular, esta difusión se ha observado en los campos de la economía y la dirección de empresas. La característica común de estas técnicas es el reconocimiento metodológico de que la teoría científica implica tanto variables empíricas como abstractas, siendo su propósito ayudar a vincular datos y teoría (Fornell, 1982).

Estas técnicas multivariantes, planteadas para trabajar con datos experimentales que examinan el efecto de una variable explicativa sobre la explicada y en qué medida la variación observada de ésta es debida a los cambios producidos en aquella, combinan aspectos tanto de las teorías que consideran la relación entre indicadores (variables empíricas) y constructos (variables abstractas), como de las que se interesan en las relaciones de los constructos entre sí. De esta interdisciplinariedad en la construcción de dichas técnicas se deriva la generalidad de los modelos que resultan y de sus aplicaciones (Batista y Coenders, 2000). La aparición de estos constructos, medidos de forma indirecta a través de indicadores, permite el estudio de conceptos experimentalmente no controlables, no físicos y abstractos, característicos de las ciencias sociales y del comportamiento.

La base para la creación de estos modelos es el conocimiento de la teoría, de forma que los modelos intentan representar de forma sencilla la realidad subyacente en los constructos, especificando las relaciones entre ellos. El punto de partida de todos estos modelos es que reproducen exactamente la estructura de varianzas y covarianzas de las variables objeto de estudio y, aunque no corroboran ni contradicen la existencia de causalidad, ayudan a la toma de decisiones rechazando hipótesis causales cuando dicha estructura se contradice con los datos.

Podemos distinguir una serie de etapas básicas en la metodología seguida para la construcción de un Modelo de Ecuaciones Estructurales: especificación del modelo, identificación del modelo, estimación de los parámetros del modelo y evaluación del ajuste del modelo. En este trabajo, vamos a prestar especial atención a la primera de estas etapas.

En la fase de especificación del modelo se aplican los conocimientos teóricos del fenómeno estudiado al planteamiento de las ecuaciones matemáticas relativas a los efectos causales de los constructos (o variables latentes) y a las expresiones que los relacionan con los indicadores (o variables observables). Además, se formulan enunciados sobre el conjunto de parámetros, decidiendo entre los que serán libres para ser estimados, o fijos, a los que se les asignará un valor dado (normalmente cero). Asimismo, en esta etapa se especifican los supuestos estadísticos sobre las fuentes de variación y, en concreto, sobre la forma de distribución conjunta, que en la mayoría de las técnicas empleadas se considera normalidad multivariante. Por último, se precisa el comportamiento de las variables no incluidas en el modelo, cuyo efecto se recoge en los términos del error de medida o de perturbación.

La exactitud del modelo viene determinada por el grado de conocimiento teórico que se posea sobre el tema de estudio. Si este conocimiento no es suficientemente extenso, es conveniente realizar diversos análisis exploratorios de los datos hasta obtener un modelo adecuado, antes de efectuar el análisis confirmatorio de dichos datos.

Se puede representar el modelo de distintas formas complementarias entre sí (diagrama, matricial o sistema de ecuaciones simultáneas). De manera genérica, los elementos que lo componen son los siguientes:

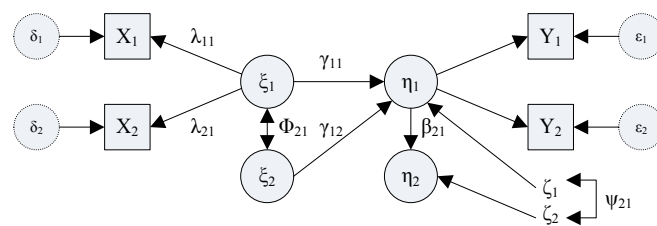


Figura 2. Esquema del Modelo de Ecuaciones Estructurales.

- Variables latentes: endógenas η , exógenas ξ .
- Variables observables: endógenas Y , exógenas X .
- Errores de medida: variables observables endógenas ε , variables observables exógenas δ .
- Término de perturbación ζ : incluye los efectos de las variables omitidas, los errores de medida y la aleatoriedad del proceso especificado. La variación en el término de perturbación se simboliza por ψ y la covariación entre los términos de perturbación i -ésimo y j -ésimo se denota por ψ_{ij} .
- Coeficiente de regresión λ : relaciona las variables latentes con las variables observables. Coeficientes de regresión γ , β , Φ : relacionan las variables latentes entre sí, y las variables observables entre sí.
- El modelo está compuesto por dos sub-modelos, que pueden ser expresados según la formulación LISREL como (Díez Medrano, 1992):
- Modelo estructural: $ETA = BE * ETA + GA * KSI + ZE$

Matriz de variables latentes endógenas (ETA). Matriz de variables latentes exógenas (KSI).

Matriz de coeficientes de regresión entre variables endógenas (BE). Matriz de coeficientes de regresión entre variables exógenas y variables endógenas (GA).

Matriz de coeficientes residuales (ZE).

- Modelo de medición: $X = LX * KSI + D$; $Y = LY * ETA + E$

Matriz de variables observables exógenas (X) y endógenas (Y).

Matriz de variables latentes exógenas (KSI) y endógenas (ETA).

Matriz de coeficientes de regresión entre variables latentes exógenas y sus variables observables (LX). Matriz de coeficientes de regresión entre variables latentes endógenas y sus variables observables (LY).

Errores de medición para las variables observables exógenas (D), y para las variables observables endógenas (E).

4. Definición de un Modelo de Ecuaciones Estructurales en base al Modelo de Sistemas Viables para el estudio del éxito de un proyecto software

El Modelo de Ecuaciones Estructurales aquí representado mide el éxito de un proyecto software, proporcionando un nivel global de dicho éxito y explicando las relaciones de causalidad de los componentes del modelo. El fundamento teórico de su elaboración radica en el paradigma del Modelo de Sistemas Viables, mediante el cual una organización alcanza la viabilidad (y como consecuencia el éxito de un proyecto software) si se diseña en base a las pautas marcadas por este último modelo.

4.1. Definición de las variables del modelo y sus relaciones causales

El primer paso para elaborar el modelo ha sido la conceptualización de las variables latentes y sus relaciones:

- Sistema Uno: presencia y calidad de los componentes definidos en el Modelo de Sistemas Viables para representar el Sistema Uno. El Sistema Uno produce un efecto directo sobre el éxito del proyecto software.
- Sistema Dos: presencia y calidad de los componentes definidos en el Modelo de Sistemas Viables para representar el Sistema Dos. El Sistema Dos produce un efecto directo sobre el éxito del proyecto software.
- Sistema Tres: presencia y calidad de los componentes definidos en el Modelo de Sistemas Viables para representar el Sistema Tres. Se incluye también el Sistema Tres*. El Sistema Tres produce un efecto directo sobre el éxito del proyecto software.
- Sistema Cuatro: presencia y calidad de los componentes definidos en el Modelo de Sistemas Viables para representar el Sistema Cuatro. El Sistema Cuatro produce un efecto directo sobre el éxito del proyecto software.

- Sistema Cinco: presencia y calidad de los componentes definidos en el Modelo de Sistemas Viables para representar el Sistema Cinco. El Sistema Cinco produce un efecto directo sobre el éxito del proyecto software.
- Éxito (viable): es la variable resultante que evalúa el éxito del proyecto software.

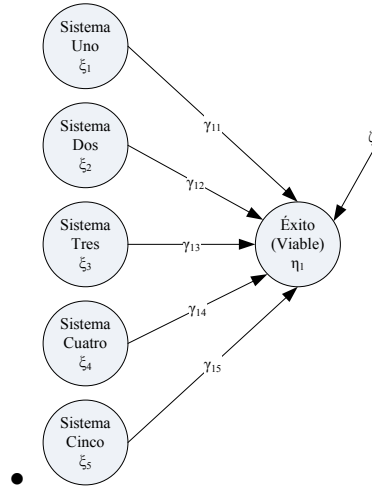


Figura 3. Modelo de Ecuaciones Estructurales en base al Modelo de Sistemas Viables para el estudio del éxito de un proyecto software.

4.2. Composición de las variables latentes

Los seis componentes del modelo son por tanto variables latentes, medidas cada una de ellas por una serie de variables observables que pueden verse en Puche Regaliza et al. (2007). La obtención de datos empíricos para estas variables observables se realizará mediante la utilización de un cuestionario realizado a diferentes empresas del sector TIC, de forma que cada una de las diferentes variables observables estará relacionada con cada uno de los ítems o preguntas efectuadas, mientras que cada respuesta estará relacionada con el valor de cada variable observable.

4.3. Formulación del modelo: modelo de medición + modelo estructural

Para poder obtener una medida de los constructos o variables latentes del modelo es necesario plantear las expresiones que los relacionan y las que relacionan cada una de estas variables latentes con sus indicadores o variables observables, es decir, elaborar el modelo estructural y el modelo de medición que subyacen en el modelo del éxito de un proyecto software.

- Modelo estructural: especifica las ecuaciones causales lineales entre las variables latentes del modelo. ($\eta = \beta \cdot \eta + \tau \cdot \xi + \nu$), donde:
 - η : variable latente endógena.
 - ξ : variables latentes exógenas.
 - β : matriz de coeficientes de la variable latente endógena.
 - τ : matriz de coeficientes de las variables latentes exógenas.

- v : término de perturbación aleatoria.
- Modelo de medición: especifica las ecuaciones causales lineales que vinculan las variables latentes a las variables observables X e Y. ($X = \Lambda_X \cdot \xi + \delta$; $Y = \Lambda_Y \cdot \eta + \varepsilon$), donde:
- ξ : variables latentes exógenas, η : variable latente endógena.
- Λ_X : matriz de coeficientes de las variables observables de las variables latentes exógenas.
- Λ_Y : matriz de coeficientes de las variables observables de la variable latente endógena.
- δ y ε son los errores de medida.
- Las ecuaciones estructurales (modelo estructural + modelo de medición) propuestas para el modelo serían las siguientes:

$$\acute{E}xito(Viable) = \gamma_{11} \cdot Sistema\ Uno + \gamma_{12} \cdot Sistema\ Dos + \gamma_{13} \cdot Sistema\ Tres + \gamma_{14} \cdot Sistema\ Cuatro + \gamma_{15} \cdot Sistema\ Cinco + \zeta_1$$

$$X_{1..14} = \lambda_{1..141}^X \cdot Sistema\ Uno + \delta_{1..14}$$

$$X_{15..17} = \lambda_{15..172}^X \cdot Sistema\ Dos + \delta_{15..17}$$

- $X_{18..32} = \lambda_{18..323}^X \cdot Sistema\ Tres + \delta_{18..32}$

$$X_{33..42} = \lambda_{33..424}^X \cdot Sistema\ Cuatro + \delta_{33..42}$$

$$X_{43..47} = \lambda_{43..475}^X \cdot Sistema\ Cinco + \delta_{43..47}$$

$$Y_{1..5} = \lambda_{1..51}^Y \cdot \acute{E}xito(Viable) + \varepsilon_{1..5}$$

- Donde los valores n.m indican el conjunto de variables observables vinculadas a cada variable latente y que, como antes indicamos, pueden ser consultadas en Puche Regaliza et al. (2007).

5. Conclusiones

- La gestión de proyectos software, a pesar de las diferentes aportaciones y mejoras en diferentes campos, sigue afectado por múltiples problemas como el exceso de costes respecto a los inicialmente presupuestados, el incumplimiento de los plazos de entrega previstos o la carencia de la calidad que asegura la satisfacción de los usuarios.
- Para intentar disminuir estos problemas proponemos un enfoque organizacional que, basado en la Cibernética Organizacional y aplicando en particular el VSM, permita diseñar proyectos software viables, es decir, que estén dotados de las capacidades de regulación, aprendizaje, adaptación y evolución necesarias para garantizar su “supervivencia” ante los cambios que puedan producirse en su entorno (aunque éstos no hayan sido previstos al inicio de los proyectos).

- Con el objetivo de validar esta aportación, definimos en este trabajo un Modelo de Ecuaciones Estructurales que nos permita identificar las relaciones causales existentes entre las diferentes variables presentes en la gestión de un proyecto software organizado en base al Modelo de Sistemas Viabiles.
- En futuros trabajos, este Modelo de Ecuaciones Estructurales nos permitirá confirmar con datos que se obtendrán empíricamente, si, efectivamente, los proyectos software que se organizan “cibernéticamente” tienen una menor probabilidad de fracaso en los términos indicados de cumplimiento de coste, plazo y calidad. Para ello, deberemos completar el proceso de modelización ya iniciado (identificación del modelo, estimación de sus parámetros y evaluación de su ajuste). Una consecuencia de esta confirmación, en el caso de que así resulte, será la disponibilidad de una referencia detallada para el diagnóstico o el diseño de la gestión de un proyecto software.

Referencias

- Batista, J.M.; Coenders, G. (2000). *Modelos de Ecuaciones Estructurales*. La Muralla. Madrid.
- Beer, S. (1959). *Cybernetics and Management*. English Universities Press. London.
- Beer, S. (1985). *Diagnosing the System for Organizations*. John Wiley & Sons. London.
- Bisquerra, R. (1989). *Introducción conceptual al análisis multivariante*. Vol. II, PPU. Barcelona.
- Díez Medrano, J. (1992). *Métodos de análisis causal. Cuadernos Metodológicos*. CIS. Madrid.
- Fornell, C. (1982). *A Second Generation of Multivariate Analysis*. Praeger. New York.
- Lévy Mangin, J.P.; Manera, J.; Martín, M.; Mateos Aparicio, G.; Rubio, L. (1999). *Modelización con Ecuaciones Estructurales y Variables Latentes*. Editorial Erica. Madrid.
- Pérez Ríos, J.M. (2001). *Laudatio de Stafford Beer*. Investidura de Stafford Beer como “Doctor Honoris Causa” por la Universidad de Valladolid. Universidad de Valladolid. Valladolid.
- Pérez Ríos, J.M.; Sánchez Mayoral, P. (2001). Gestión del conocimiento: un enfoque cibernético. *IV Congreso de Ingeniería de Organización: CIO-2001*. Sevilla.
- Pressman, R.S. (2002). *Ingeniería del software. Un enfoque práctico*. 5th ed. McGraw Hill. Madrid.
- Puche Regaliza, J.C.; Pérez Ríos, J.M.; Sánchez Mayoral, P. (2007). Identificación de variables significativas para la validación del Modelo de Sistemas Viabiles en un Proyecto Software. *Book of abstracts of the International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management - XI Congreso de Ingeniería de Organización*. Madrid.
- Wiener, N. (1948). *Cybernetics or the Control and Communication in the Animal and the Machine*. MIT Press. Cambridge.