

UNA APROXIMACIÓN AL ANÁLISIS DE LA COMPETITIVIDAD APLICANDO LA TÉCNICA DEL MODELO DE ECUACIONES ESTRUCTURALES

Dr. Guillermo Torres Sanabria

Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco. Coacalco, Edo. Méx. México.

chapultepec19@hotmail.com

guillermots@tecnologicodecoacalco.edu.mx

Área de participación: Ciencias Administrativas.

Resumen

Actualmente las empresas pequeñas y medianas distribuidoras de base tecnológica tratan de hacer todo lo necesario para sobrevivir, tornándose cada vez más difícil competir en un mercado globalizado donde los diferenciadores tradicionales no son ya tan atractivos o eficaces de cara a las nuevas circunstancias. Se establece como hipótesis que la competitividad de las Pequeñas y Medianas empresas (PYMES) distribuidoras de base tecnológica está en función del desarrollo de competencias de gestión, la diferenciación en el servicio y la madurez de la organización. Aplicando la Técnica del Modelo de Ecuaciones Estructurales (SEM)¹ se pretende examinar las relaciones de dependencia.

Palabras clave: Competitividad. Empresa. Análisis multivariable. Ecuaciones estructurales.

Introducción

El modelo de ecuaciones estructurales es una técnica que permite separar las relaciones para cada conjunto de variables dependientes (Hair et al., 1999). En su acepción más simple, el modelo de ecuaciones estructurales proporciona la técnica de estimación más adecuada y eficiente para series de estimaciones simultáneas para regresiones múltiples. Su aplicación, en este estudio, pretende examinar simultáneamente una serie de relaciones de dependencia, es decir, examinar las relaciones de dependencia cuando una variable dependiente se convierte en independiente en ulteriores relaciones de dependencia (Blunch, 2008). Este conjunto de relaciones, cada una con variables dependientes e independientes, es la base del modelo de ecuaciones estructurales. La formulación básica en forma de ecuación es:

$$\begin{aligned} Y_1 &= X_{11} + X_{12} + X_{13} + \dots + X_{1n} \\ Y_2 &= X_{21} + X_{22} + X_{23} + \dots + X_{2n} \\ Y_m &= X_{m1} + X_{m2} + X_{m3} + \dots + X_{mn} \\ & \text{(Métrica)} \quad \quad \text{(Métrica, no métrica)} \end{aligned}$$

Las razones de su utilización en este estudio son dos:

- 1) Proporciona un método directo de tratar con múltiples relaciones simultáneamente, a la vez que se da eficacia estadística, y
- 2) Su capacidad para evaluar las relaciones exhaustivamente y proporcionar una transición desde el análisis exploratorio al confirmatorio.

Las relaciones consideradas se plantan como:

¹ SEM. Modelamiento de Ecuaciones Estructurales.



- Competitividad = f (competencias, diferenciación, madurez de la organización)
- Desarrollo de competencias = f (competencias de personas, procesos de valor)
- Diferenciación en el servicio = f (posicionamiento competitivo)
- Madurez de la organización = f (alineación productiva, estrategia cooperativa)

Materiales y métodos

Aplicación metodológica: Hipótesis de trabajo puesta en un modelo de ecuaciones simultáneas:

Competitividad =	$X_1 + X_2 + X_3$	$X_1 =$ Desarrollo de competencias $X_2 =$ Diferenciación en el servicio $X_3 =$ Madurez de la organización
Desarrollo de competencias	$X_1 = X_{11} + X_{12}$	$X_{11} =$ Competencias de personas $X_{12} =$ Procesos de valor
Diferenciación en el servicio	$X_2 = X_{21}$	$X_{21} =$ Posicionamiento competitivo
Madurez de la organización	$X_3 = X_{31} + X_{32}$	$X_{31} =$ Alineación productiva $X_{32} =$ Estrategia cooperativa

Para representar las relaciones de interdependencia, se crean los **diagramas de secuencias** mostrados en las figuras 1 a la 5. En estos diagramas las flechas directas señalan el impacto de las variables independientes sobre las dependientes y las flechas curvadas señalan la correlación entre variables, igual que la multicolinealidad en la regresión múltiple. El diagrama de secuencias es el fundamento del **análisis de relaciones**, es decir, el procedimiento de estimación empírica de la fortaleza de cada relación (secuencia) representada en el diagrama de secuencias.

Este análisis utiliza una matriz de correlación o covarianza como entrada, la cual, fue calculada mediante el tratamiento de la información, utilizando el paquete estadístico SPSS. La correlación simple o bivalente entre cualesquiera dos variables puede ser representada como la suma de las secuencias combinadas que conectan estos puntos. Una secuencia combinada es una secuencia de flechas que sigue tres normas:

- Después de ir hacia delante con una flecha, no puede volver hacia atrás; pero la secuencia puede volver cuantas veces sea necesario antes de seguir hacia delante.
- La secuencia no puede ir por la misma variable más de una vez.
- La secuencia puede incluir sólo una flecha curvada (par de variables correlacionadas).

La utilización de estos modelos considera la necesidad de una justificación teórica para la especificación de las relaciones de dependencia. Esta **teoría** puede definirse como un conjunto sistemático de relaciones que ofrecen una explicación exhaustiva y consistente del fenómeno observado. Por lo tanto, se considera que puede estar basada en la experiencia y práctica obtenida por la observación del comportamiento del mundo real (Arbuckle, 1994).

En este sentido, el uso de la técnica, de acuerdo con los objetivos de esta investigación, considera una estrategia de **modelación equivalente** o **modelos rivales**.

La estrategia de modelación equivalente considera que el investigador especifica un modelo aislado y SEM² se utiliza para identificar y contrastar modelos conjuntos que representen las verdaderas y distintas relaciones hipotéticas estructurales. Así, cuando se comparan estos modelos, el investigador

² SEM. Structural Equation Modeling.

se acerca mucho al contraste de “teorías” alternativas, que es un contraste mucho más fuerte que una ligera modificación de una única teoría. (Bollen, 1989).

En esta investigación se formula un primer modelo que muestra la teoría considerada para las relaciones de “Competitividad” y se desarrollan modelos alternos con el mismo número de parámetros. Lo anterior, con el fin de observar el nivel de ajuste de cada uno de ellos y así encontrar un modelo “alternativo” que muestre una segunda perspectiva de la teoría subyacente.

Estos modelos se muestran en la figuras 1 a la 5.

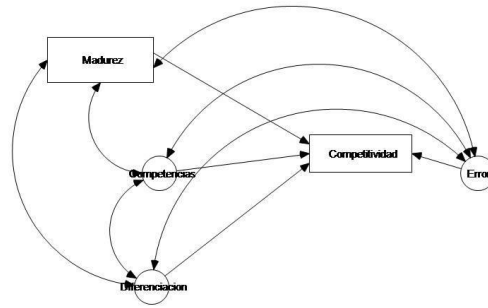


Figura 1. Diagrama de Secuencias: Competitividad 1.

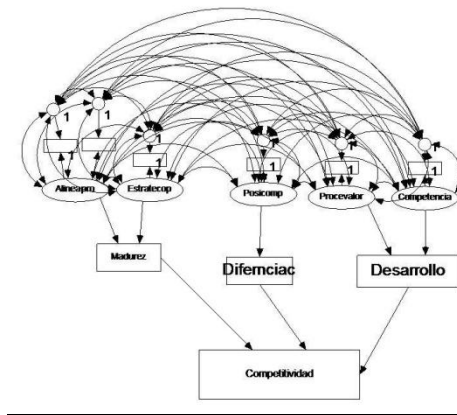


Figura 2. Diagrama de Secuencias: Competitividad 2.

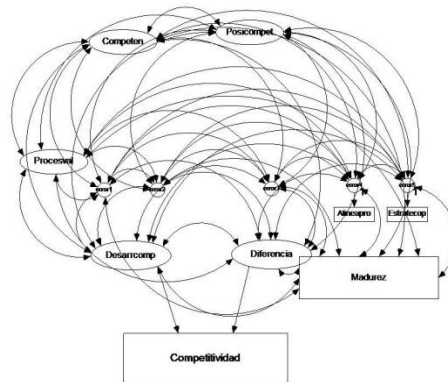


Figura 3. Diagrama de Secuencias: Competitividad 3.

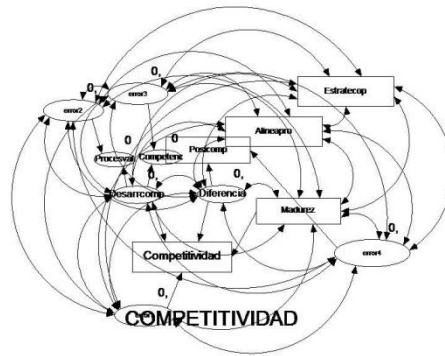


Figura 4. Diagrama de Secuencias: Competitividad 4.

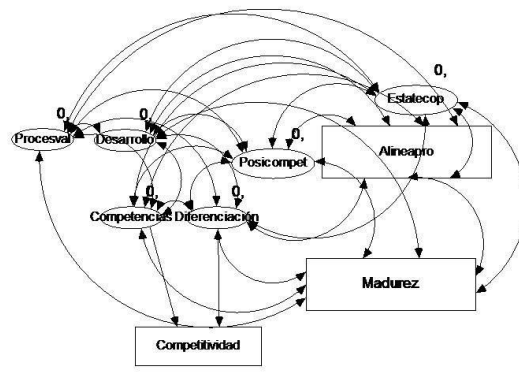


Figura 5. Diagrama de Secuencias: Competitividad 5.

De los modelos rivales planteados en esta investigación, se encuentra que los modelos equivalentes son “Competitividad 1” y “Competitividad 5”, de los cuales, se comentarán los resultados y evaluación correspondiente.

Evaluación e Interpretación de los modelos.

El procedimiento de estimación utilizado para los modelos fue el método de **Estimación máximo verosímil (MLE)**, el procedimiento de estimación más habitual. Se ha demostrado que ofrece resultados válidos con muestras de tan sólo 50 observaciones, por lo que, consideradas con las 55 de este estudio, determina su correcta aplicación.

El proceso de estimación elegido es el de **estimación directa**. En este proceso se estima el parámetro y, a continuación, el intervalo de confianza y error estándar de cada parámetro muestral.

Durante el proceso de estimación se establece la identificación del modelo estructural y, aunque no existe una regla aislada para esto, es posible utilizar en su lugar normas de condición de orden y rango para hacerlo. Las condiciones de orden consideran que un modelo debe tener grados de libertad mayor o iguales a 0.

Un modelo con exactamente 0 grados de libertad se considera **Identificado**; aún cuando muestra un ajuste perfecto, la solución no tiene interés puesto que no se puede generalizar.

Un modelo con grados de libertad positivos se considera **sobre identificado** y es el objetivo de todos los modelos de ecuaciones estructurales. Tiene más información en la matriz de datos que el número

de parámetros a estimar.

Un modelo con grados de libertad negativos se considera **infra estimado** y no cumple las condiciones de orden. Esto significa que se intenta estimar más parámetros de lo que permite la información disponible.

La condición de orden es una condición de identificación necesaria, pero no suficiente. El modelo también debe cumplir la condición de rango.

Evaluación de los criterios de calidad de ajuste.

La calidad del ajuste del modelo mide la correspondencia entre la matriz de entrada real u observada (covarianza o correlación) con la que se predice mediante el modelo propuesto.

Las medidas de calidad del ajuste son de tres tipos:

- Medidas absolutas del ajuste,
- Medidas del ajuste incremental, o
- Medidas de ajuste de parsimonia.

A continuación se muestra el resumen del análisis efectuado con el software AMOS (Analysis of Moment Structures) versión 7, mediante la interface AMOS Graphics, para el modelo de ecuaciones estructurales “Competitividad 1” y, enseguida, el de “Competitividad 5” planteados en esta investigación.

Modelo de relaciones: Competitividad 1.

The model is recursive.

Sample size = 55

El modelo es recursivo: Un modelo recursivo es aquel en el que ninguna variable tiene un efecto sobre sí. Es decir, en el diagrama del modelo, no es posible iniciar en una variable y seguir hacia delante la ruta de flechas (relaciones) y regresar a la misma variable.

Observed, endogenous variables: Competitividad

Observed, exogenous variables: Madurez

Unobserved, exogenous variables: Competencias de personas Diferenciación

Computation of degrees of freedom (Default model)

Number of distinct sample moments: 3

Number of distinct parameters to be estimated: 14

Degrees of freedom: -11

Los grados de libertad negativos consideran que el modelo es **infra estimado** y no cumple las condiciones de orden. Esto significa que se intenta estimar más parámetros de lo que permite la información disponible.

La variable que tiene ponderación en la media y la varianza es “Madurez”. Sin embargo, no intercepta (correlaciona) con la variable “Competitividad”.

Este resultado señala que la teoría considerada en el modelo, relaciona únicamente a la variable “Madurez”.

Modelo de relaciones: Competitividad 5.

The model is recursive.

Sample size = 55

El modelo es recursivo.

Observed, endogenous variables: Competitividad

Observed, exogenous variables: Alineación productiva Madurez de la organización

Unobserved, exogenous variables: Competencias de personas Diferenciación Procesos de valor
Desarrollo de competencias Estrategia cooperativa Posicionamiento competitivo

Computation of degrees of freedom (Default model)

Number of distinct sample moments: 9

Number of distinct parameters to be estimated: 41

Degrees of freedom: -32

Los grados de libertad negativos consideran que el modelo es **infra estimado** y no cumple las condiciones de orden. Esto significa que se intenta estimar más parámetros de lo que permite la información disponible.

Las variables que tienen ponderaciones en la media y la varianza son “Alineación productiva” y “Madurez”, y son las que interceptan (correlacionan) con la variable “Competitividad”.

Este resultado señala que la teoría considerada en el modelo relaciona únicamente a estas dos variables con la “Competitividad”.

Resultados y discusión

Comparación de resultados de los modelos.

El enfoque final para la evaluación del modelo, se basa en la comparación del modelo propuesto con el modelo rival, el cual, actúa como explicación alterna del modelo propuesto. De esta forma se puede determinar si el modelo propuesto es aceptable mediante el nivel de ajuste. (Weeks y Bentler, 1979).

El modelo propuesto “Competitividad 1”, considera una variable observada exógena (“Madurez”) y dos variables no observadas exógenas (“Competencias” y “Diferenciación”) como predictivas de la “Competitividad”.

El modelo rival o alterno “Competitividad 5”, considera dos variables observadas exógenas (“Alineación productiva” y “Madurez”) y seis variables no observadas exógenas (“Competencias de las personas”, “Diferenciación en el servicio”, “Procesos de valor”, “Desarrollo de competencias”, “Estrategia corporativa” y “Posición competitiva”) como predictivas de la “Competitividad”.

Como forma de comparación, se analizan las medidas de calidad de ajuste para cada modelo y se comparan para determinar cuál de ellas es más parsimoniosa.

Tabla 1. Comparación de medidas de bondad de ajuste para el modelo estimado y el modelo rival.

Medidas de bondad del ajuste	Modelo estimado	Modelo rival
Medidas de ajuste absoluto		
Parámetro de no centralidad (NCP)	139.106	280.819
Índice de bondad del ajuste (GFI)	.519	-
Residuo cuadrático medio (RMSR)	241.686	-
Error de aproximación cuadrático medio (RMSEA)		
Índice de validación cruzada esperado (ECVI)	1.605	1.317

	2.669	5.478
Medidas del ajuste incremental		
Índice de ajuste incremental (NFI)	.000	.000
Medidas de ajuste de parsimonia		
Índice de ajuste normado de parsimonia (PNFI)	.000	.000
Criterio de información de Akaike (AIC)	144.106	295.819

Medidas de ajuste absoluto.

Tabla 2. Parámetro de no centralidad (NCP) Modelo: Competitividad 1.

Model	NCP	LO 90	HI 90
Saturated model	.000	.000	.000
Independence model	139.106	103.870	181.750

Tabla 3. Parámetro de no centralidad (NCP) Modelo: Competitividad 5.

Model	NCP	LO 90	HI 90
Saturated model	.000	.000	.000
Independence model	280.819	229.199	339.850

1. Parámetro de no centralidad (NCP).

- Las columnas LO90 y HI90 (tabla 2) contienen los límites inferior y superior en un intervalo de confianza del 90%, para el modelo estimado LO90 = 103.870 y HI90 = 181.75, NCP = 139.106. Lo que indica que el parámetro de no centralidad está sesgado al límite inferior.
- Las columnas LO90 y HI90 (tabla 3) contienen los límites inferior y superior en un intervalo de confianza del 90 %, para el modelo alterno LO90 = 229.199 y HI90 = 339.850, NCP = 280.819. Lo que indica que el parámetro de no centralidad está ubicado aproximadamente al centro del límite inferior y el límite superior. Por lo tanto, bajo esta condición, el modelo alterno es mejor.

2. Índice de bondad del ajuste (GFI).

- Para el modelo estimado, el valor es de .519 que representa un ajuste medio.
- Para el modelo estimado, el valor es 0 que indica un mal ajuste.

3. Residuo cuadrático medio (RMSR).

- En el modelo estimado, los residuos representan la diferencia del valor real y el valor estimado; el tener un valor residual tiene mayor dispersión en la distribución de los valores considerados.
- El modelo alterno no dispone de valores residuales por lo que representa un mejor comportamiento en la distribución de los datos considerados en él y esto valida su mejor ajuste.

4. Error de aproximación cuadrático medio (RMSEA).

- Para el modelo estimado el RMSEA es 1.605, es decir, la probabilidad de obtener un error de aproximación cuadrático medio tan grande como 1.605 es 0 (columna PCLOSE en la tabla de la medida RMSEA).
- Para el modelo rival o alterno el RMSEA es 1.317, es decir, la probabilidad de obtener un

error de aproximación cuadrático medio tan grande como 1.317 es 0 (columna PCLOSE en la tabla de la medida RMSEA).

c. Para ambos modelos el valor RMSEA es representativo de un buen ajuste, sin embargo, se prefiere el modelo con un valor menor.

5. **Índice de validación cruzada esperada (ECVI).**

a. Para el modelo estimado, el valor de ECVI es de 2.669.

b. Para el modelo rival o alternativo, el valor de ECVI es de 5.478.

Medidas del ajuste incremental.

Esta clase de medidas compara el modelo propuesto con algún modelo de referencia, a menudo referido como el modelo nulo. El modelo nulo debería ser un modelo realista que se espera que el resto de los modelos sobrepasen.

1. **Índice de ajuste incremental (NFI).** Este índice es una de las medidas más populares. Es una medida que va de 0 (ningún ajuste) a 1,0 (ajuste perfecto). El NFI es una comparación relativa del modelo propuesto al modelo nulo. No existe un valor absoluto que indique un nivel de ajuste aceptable, pero un valor recomendado normalmente es 0,90 o superior.

a. Para el modelo propuesto y el modelo nulo el valor es 0, lo cual indica que no existe comparación entre ambos modelos.

Medidas de ajuste de parsimonia.

Las medidas de ajuste de parsimonia relacionan la calidad del ajuste del modelo al número de coeficientes estimados exigidos para conseguir este nivel de ajuste. Sus objetivos básicos son diagnosticar si el ajuste del modelo se ha conseguido debido a un sobre ajuste de los datos por tener demasiados coeficientes.

1. **Índice de ajuste normado de parsimonia (PNFI).**

a. Para el modelo propuesto, el valor de PNFI es de 0, para el modelo alternativo este valor es idéntico. Esto indica que los modelos no relacionan los mismos constructos considerados en la teoría que los sustenta.

2. **Criterio de información de Akaike (AIC).** El AIC es una medida comparativa entre modelos con diferente número de constructos. Los valores cercanos a 0 indican un mejor ajuste y una mayor parsimonia (Akaike, 1987).

a. Para el modelo propuesto, el valor AIC es de 144.106.

b. Para el modelo alternativo, el valor de AIC es de 295.819.

c. Estos valores indican que ambos modelos no tienen ajuste.

Los resultados de los tres tipos de medidas muestran que el modelo estimado ("Competitividad 5") y el modelo rival ("Competitividad 1") cuentan con resultados mixtos; a veces favoreciendo al modelo estimado o al modelo rival. Por tanto, aunque el ajuste del modelo propuesto no excede las pautas recomendadas en muchos casos, lo aceptamos con reservas hasta que se puedan añadir constructos adicionales, medidas refinadas o relaciones causales re-especificadas. La selección del modelo rival debe hacerse, tanto sobre bases teóricas, como empíricas, al igual que se hizo en la formulación del modelo teórico original, que era la base del modelo estimado.

Conclusiones

En este estudio se aplica la Técnica del Modelo de Ecuaciones Estructurales (SEM)³ pretendiendo examinar relaciones de dependencia.

Se parte inicialmente de un modelo que considera las relaciones de dependencia básicas planteadas, es decir, "Competitividad" = "Madurez de la organización" + "Diferenciación en el servicio" +

³ SEM. Modelamiento de Ecuaciones Estructurales.

“Desarrollo de competencias”, para, posteriormente, integrar modelos adicionales que consideran el resto de las relaciones de dependencia.

En la evaluación, estos modelos mostraron que, al ir integrando las relaciones consideradas, el modelo tiene una aceptación mayor debido a su calidad de ajuste. La aceptación del modelo implica que los constructos y sus relaciones consideradas son “equivalentes”.

Un rechazo del modelo, tendría el significado de que las relaciones teóricas y empíricas consideradas entre los constructos planteados en el estudio, tienen relaciones diferentes o adicionales a las consideradas en el mismo, las cuales, sería deseable analizar y estudiar.

Referencias

- Akaike, H. (1987). Factor analysis and AIC. *Psychometrika*, 52, pp. 317–332
- Arbuckle, James L., (1994). Computer announcement amos: Analysis of moment structures. *Psychometrika*, Volume 59, Número 1 / marzo de 1994, Springer New York, Temple University, USA, pp.135-137 ISSN 0033-3123
- Blunch, Niels J. (2008). *Introduction to structural equation modeling: Using SPSS and AMOS*. Sage Publications Ltd (March 13, 2008). U.S.A. ISBN-10: 1412945577
- Bollen, K. A. (1989). A new incremental fit index for general structural equation models. *Sociological Methods and Research*, 17, pp. 303–316.
- Hair, Anderson, Tatham, Black (1999), *Análisis multivariante*, Prentice Hall Iberia, 5ª Edición, Madrid, pp. 14, 611-699. ISBN: 978-84-8322-035-1
- Weeks, David G.; Bentler, Peter M. (1979). *Multivariate Behavioral Research*, 1532-7906, Volume 14, Issue 2, 1979, pp. 169–186. ISSN: 0027-3171

Acerca del autor

El Dr. Guillermo Torres Sanabria estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial en la Universidad Autónoma Metropolitana, México. Se graduó como Maestro en Mercadotecnia en la Universidad Anáhuac, México y posteriormente obtuvo el grado de Doctor en Administración en la Universidad La Salle, México. Actualmente es profesor de tiempo completo de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco localizado en el Municipio de Coacalco de Berriozábal, Estado de México, México.