

# Modelo de ecuaciones estructurales para el estudio de la percepción de los estudiantes de pregrado de ingeniería industrial con el Proyecto Educativo del Programa-PEP

Jennifer Natalia Buitrago-Rodríguez, Laura María Tovar-Sánchez & Henry Lamos-Díaz

*Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. jennifer.buitrago@correo.uis.edu.co, laura.tovar@correo.uis.edu.co, hlamos@uis.edu.co*

**Resumen**— Los Modelos de Ecuaciones Estructurales (SEM) es una técnica multivariable que se aplica en investigaciones de diversas disciplinas debido a su facilidad de explicar relaciones causales entre variables cualitativas y cuantitativas para contrastar modelos teóricos. El ámbito educativo no se encuentra exento de la aplicación de los SEM. En el presente trabajo se construye y valida un modelo conceptual para medir el grado de satisfacción de los estudiantes de pregrado de Ingeniería Industrial con aspectos referentes del Proyecto Educativo del Programa-PEP mediante el enfoque de Ecuaciones Estructurales. Mediante este trabajo se logró construir un instrumento fiable y válido que sirve como herramienta para el mejoramiento continuo e insumo para los procesos de autoevaluación en la educación superior. En este sentido, se resaltan los factores que afectan la satisfacción global del alumno.

**Palabras Clave**— modelo de ecuaciones estructurales; variables observadas; variables latentes; análisis multivariante; educación superior; satisfacción.

Recibido para revisar Enero 16 de 2018, aceptado Mayo 10 de 2018, versión final Mayo 28 de 2018

## Structural equation modeling for the study of perception of undergraduate students in industrial engineering with the Educational Project of the Program-PEP

**Abstract**— The Structural Equation model (SEM) is a multivariable technique applied to research in a diverse kind of disciplines due to its ability to explain causal relationships between qualitative and quantitative variables. By this way, theoretical models can be contrasted to each other. The academic field is not exempted of SEM applications. In this project a conceptual model is constructed and validates to measure the degree of satisfaction of undergraduate students in industrial engineering at UIS towards the Educational Project of the Program-EPP through the Structural Equations. Through this work, a reliable and valid instrument that serves as a tool for continuous improvement and input for the self-evaluation processes in post-secondary education is developed.

**Keywords**— structural equation modeling; multivariate analysis; observed variables; latent variables; higher education; satisfaction.

## 1. Introducción

El acelerado cambio que se vive en la era actual, obliga a las Instituciones de Educación Superior (IES) a reinventarse con el fin de responder ante los nuevos retos sociales, tecnológicos, económicos y científicos de la sociedad contemporánea. Hoy más que nunca, la búsqueda de la excelencia académica se da

mediante el aseguramiento de la calidad de todas las partes involucradas en el sistema educativo que intenta garantizar una educación pertinente, beneficiosa para la sociedad e integral para el estudiante.

Pérez y Alfaro [1] consideran que los estudiantes son los destinatarios de la educación, son ellos los que mejor pueden valorarla y, aunque tienen una visión parcial, su opinión

proporciona un referente que debe tenerse en cuenta. Descubrir la percepción que tienen sobre el servicio de educación, permitirá a las instituciones identificar fortalezas y debilidades que faciliten la toma de decisiones en aras de mejorar y asegurar la calidad en sus programas académicos.

En este sentido, la evaluación de la calidad es imprescindible para obtener información que permita conocer la realidad, el avance y los resultados de los procesos internos que se lleva a cabo en las universidades. De allí, radica la importancia de encontrar formas fiables de medición que posibilite a los miembros del sistema educativo tomar conciencia de los aspectos por mejorar en las instituciones; además de facilitar su comparación con el entorno regional, nacional e internacional.

A nivel global, se han realizado diversas investigaciones acerca de la calidad percibida de los servicios de educación superior. Duque y Diosa [2] señalan que, en países como Malasia, España, México, India, Turquía, entre otros, se han realizado dichas investigaciones basándose en los modelos SERVQUAL (SQ) y SERVPERF propuesto por Parasuraman, Zeithaml & Berry [3] y Cronin & Taylor [4] respectivamente. Sin embargo, autores como Buttle [5] han sido críticos de la escala SQ debido a problemas de redundancia e interpretación por parte de los encuestados. Como resultado de lo anterior, se han creado nuevos modelos como HEDPERF (Higher Education PERFORMANCE-only) propuesto por Firdaus [6], SERVQUALing creado por Mejías [7], HiEdQual (Higher Education Quality) desarrollado por Annamdevula & Shekhar [8], e-SERVQUAL propuesto por Martínez -Argüelles, Blanco y Castán [9], entre otros.

**Como citar este artículo:** Buitrago-Rodríguez, J.N., Tovar-Sánchez, L.M. and Lamos-Díaz, H., Modelo de ecuaciones estructurales para el estudio de la percepción de los estudiantes de pregrado de Ingeniería Industrial con el Proyecto Educativo del Programa-PEP. Educación en Ingeniería, 13(26), pp. 90-100, Julio, 2018.

Vergara y Quesada afirman que cuando en una investigación se pretende analizar un cierto número de variables simultáneamente por medio de técnicas estadísticas, se utilizan los Modelos de Ecuaciones Estructurales. Los SEM han sido utilizado ampliamente para el análisis de la calidad del servicio en diversas entidades, demostrando su adaptabilidad y eficacia a la hora de determinar las variables que afectan la satisfacción del cliente [10].

Para el desarrollo del presente trabajo se emplea la metodología de los SEM para determinar la satisfacción que tienen los estudiantes de pregrado de Ingeniería Industrial de la Universidad Industrial de Santander (UIS) del campus central, matriculados en el primer periodo académico del 2017, con aspectos referentes del Proyecto Educativo del Programa. Inicialmente en la sección 2 se describe el planteamiento del problema, luego en la sección 3 se discute en forma general la evolución de la metodología SEM como herramienta para la elaboración de modelos teóricos en las ciencias sociales. Luego, en la sección 4 se explican las variables utilizadas tanto endógenas como exógenas, y seguidamente presentar la metodología que se usó para la construcción y validación del modelo conceptual, usando los 6 pasos propuestos por Kaplan & Kline [11,12] siendo estos, especificación, identificación, estimación de parámetros, evaluación del ajuste, reespecificación del modelo y la interpretación de los resultados. Finalmente, se enuncian las conclusiones y las recomendaciones del presente trabajo de investigación.

## 2. Planteamiento del problema

El Proyecto Educativo del Programa-PEP de Ingeniería Industrial de la UIS orienta sus esfuerzos al alcance de los requerimientos institucionales y de la sociedad en general. En este documento se señalan los objetivos, valores, principios, lineamientos, políticas de acción y estrategias encaminadas a dar cumplimiento del mismo. Su principal objetivo se basa en proporcionar oportunidades de aprendizaje teórico y práctico a sus estudiantes con el fin de mejorar los sistemas productivos y administrativos en una organización. El PEP surge de la unión de experiencias y opiniones de los grupos de interés como lo son estudiantes, docentes, egresados, directivos y la comunidad en general que se ve involucrada directa e indirectamente con el programa.

La Escuela de Estudios Industriales y Empresariales (EEIE) tiene el compromiso de garantizar la calidad a través de nuevos proyectos y estrategias que propicien la mejora continua de sus programas académicos. Tumino y Poitevin [13] afirman que la evaluación de la calidad en la educación superior está orientada a medir la percepción de los estudiantes, aunque esto resulte complejo debido a la subjetividad y al juicio que cada individuo percibe sobre los diferentes servicios brindados por la institución.

Mayo & Jarvis [14] definen la percepción como el proceso mediante el cual un individuo recibe, selecciona, organiza e interpreta información para crearse una imagen significativa del mundo. Este proceso inicia en la selección cuando el sujeto percibe de acuerdo a sus intereses, luego organiza la información, la analiza y clasifica según el tipo de estímulos

percibidos y por último interpreta de acuerdo a sus experiencias. Cada una de las personas percibe cosas distintas a pesar de que los estímulos sensoriales a los que se exponen sean los mismos.

Evaluar la percepción que tiene el alumno de los resultados y experiencias asociadas con su educación, permite conocer el grado de satisfacción ya que esta se define como la percepción que tienen los estudiantes del grado en el que se le han cumplido sus requisitos [15]. En la Tabla 1 se presentan algunos lineamientos del PEP y en la Tabla 2 se describen las características del factor procesos académicos del Consejo Nacional de Acreditación (CNA), los cuales inciden en la satisfacción global del estudiante.

Tabla 1  
Lineamientos del PEP

|                  | Lineamientos del PEP                                                                                                                                                      |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fundamentalidad: | Hace referencia a los contenidos fundamentales que formaran parte del plan de estudios y los contenidos útiles que serán temática de las estrategias de apoyo curricular. |
| Secuencialidad   | Se basa en abordar el conocimiento de lo general a lo particular en todas las asignaturas.                                                                                |
| Coherencia       | Con respecto a las competencias y el propósito del programa.                                                                                                              |
| Vigencia         | Los contenidos deben responder a fundamentos universales y a las condiciones actuales que exigen nuevas formas de desarrollo de conocimiento.                             |
| Teórico práctico | Simultaneidad temporal del desarrollo teórico y práctico como complementos en la construcción del conocimiento.                                                           |

Fuente: Adaptado de [16].

Tabla 2  
Factor procesos académicos CNA

|                                        | Factor: Procesos académicos CNA                                                                                                                                              |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Integralidad                           | El currículo contribuye a la formación integral del estudiante, en coherencia con la misión institucional y los objetivos del programa.                                      |
| Interdisciplinariedad                  | Interacción de estudiantes y profesores de distintos programas y de otras áreas del conocimiento.                                                                            |
| Trabajo de estudiantes                 | Los trabajos realizados a lo largo del plan de estudios favorecen el logro de los objetivos del programa y el desarrollo de competencias.                                    |
| Estrategias de enseñanza y aprendizaje | Los métodos pedagógicos empleados son coherentes con los saberes, las necesidades y objetivos del programa.                                                                  |
| Recursos informáticos                  | El programa cuenta con plataformas informáticas, equipos computacionales y de telecomunicaciones suficientes, actualizados y adecuados para el desarrollo de los contenidos. |
| Recursos bibliográficos                | El programa posee recursos bibliográficos adecuados y suficientes en cantidad y calidad, actualizados y accesibles a los estudiantes.                                        |
| Recursos de apoyo docente              | El programa tiene recursos de apoyo docente suficientes, actualizados y adecuados para la implementación del currículo.                                                      |
| Sistema de evaluación a estudiantes    | El sistema de evaluación a estudiantes se basa en políticas y reglas claras, universales y transparentes.                                                                    |

Fuente: Adaptado de [17].

### 3. Modelo de ecuaciones estructurales

Los Modelos de Ecuaciones Estructurales aparecen por primera vez en 1921 con el aporte de Sewall Wright en el campo de la genética y el medio ambiente. Durante los siguientes años los investigadores aportaron conocimiento para el origen de dichos modelos, sin embargo, hasta el año 1970 este término se popularizó gracias al estadístico Goldberger, quien propuso la generalidad del modelo y la aplicabilidad en otras disciplinas como las ciencias sociales [18].

El principal aporte que realiza los SEM es que permite a los investigadores evaluar modelos teóricos, convirtiéndose en una de las herramientas más potentes para el estudio de relaciones causales sobre datos no experimentales cuando estas relaciones son de tipo lineal [19].

El tratamiento que se le ha dado a los SEM con el fin de simplificar los métodos y técnicas multivariadas ha sido a través de programas computacionales especializados como por ejemplo, LISREL, AMOS, EQS y el lenguaje de programación R que permiten un análisis más detallado y riguroso del modelo teórico a contrastar. Este último fue empleado para el desarrollo del presente trabajo con el fin de identificar los parámetros del modelo y los índices de bondad de ajuste.

### 4. Metodología

La metodología utilizada para el desarrollo de este trabajo fue tomada de [11,12], quienes proponen 6 pasos para desarrollar un modelo de ecuaciones estructurales. Estos pasos son:

#### 4.1. Especificación del modelo

Se establece formalmente un modelo que propone las relaciones hipotéticas entre las variables latentes medibles por medio de las variables observadas basándose en los conocimientos teóricos. Es importante poseer fuentes confiables del tema que respalden las hipótesis planteadas por el investigador con el fin de obtener un buen modelamiento con ecuaciones estructurales.

Luego que se desarrolla la especificación del modelo teórico que se plasma en un diagrama de red, que permite visualizar gráficamente las relaciones entre las variables que son postuladas por el modelo teórico [20]. Para comprender los diagramas de trayectoria es necesario conocer las siguientes convenciones:

- Variables observadas o indicadores: Son aquellas que pueden ser observadas o medidas de manera directa [21]. Su representación es a través de cuadrados o rectángulos. En general se les asignan las letras X y Y.
- Las variables latentes o factores: Son aquellas que se infieren a partir de las variables observadas y no pueden medirse directamente [22]. Se representan mediante círculos o elipses y en general, se determinan con las letras griegas  $\xi$  para representar las variables latentes exógenas quienes tienen efecto sobre otras variables, pero no reciben efecto por parte de ninguna de ellas; y con la letra  $\eta$  para denotar a las variables latentes endógenas las cuales reciben efectos

de otras variables y siempre van acompañadas por el término error.

- Las relaciones entre variables se simbolizan con flechas, el origen de la flecha indica la causa y la punta señala el efecto. Las flechas unidireccionales representan la hipótesis de un efecto directo de una variable sobre otra.
- Las variables pueden tener relaciones recíprocas, la cual se representa con dos flechas.
- La covarianza entre variables se representa con curvas bidireccionales con una flecha en cada extremo.
- La ausencia de flecha entre dos variables indica que no están directamente relacionadas.

Para clarificar las convenciones mencionadas anteriormente se elabora la Fig. 1

Luego se procede a la formulación matemática del modelo que se basa en las ecuaciones del componente estructural y de medida

#### 4.1.1. Modelo de medida

El principal objetivo de este modelo es comprobar la idoneidad de las variables observadas seleccionadas en la medición de las variables latentes. Se debe construir un modelo de medida tanto para las variables endógenas como para las variables exógenas, en los cuales se debe contemplar los errores de medición para cada uno de estas. Las ecuaciones matemáticas que representan el modelo de medida de las variables endógenas ec. (1) y exógenas ec. (2) son:

$$y = \Lambda_y \eta + \varepsilon \quad (1)$$

$$x = \Lambda_x \xi + \delta \quad (2)$$

#### 4.1.2. Modelo estructural

Representa las relaciones causales entre las variables latentes mediante diagrama de trayectoria y análisis de regresión. Estos modelos se formalizan matemáticamente con ec. (3):

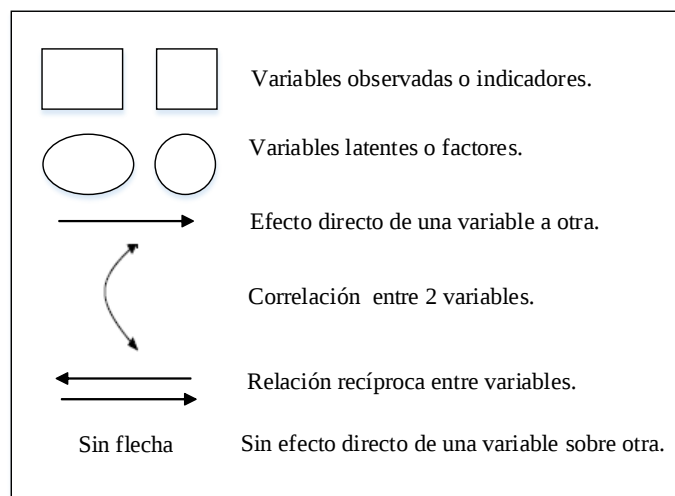


Figura 1. Convenciones  
Fuente: Los autores.

$$\eta = \beta\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad (3)$$

#### 4.2. Identificación del modelo

Este paso consiste en garantizar que se puedan estimar los parámetros del modelo. La identificación se hace mediante la regla de los grados de libertad la cual se obtiene a través de la diferencia entre el número de varianzas y covarianzas, y el de parámetros a estimar. Cuando ( $gl < 0$ ) el modelo está subidentificado, es decir, tiene infinitas soluciones impidiendo la estimación del mismo. Cuando ( $gl = 0$ ) el modelo está identificado lo que implica que el modelo tiene una única solución y no es generalizable, y cuando ( $gl > 0$ ) el modelo está sobreidentificado lo que significa que es suficientemente generalizable cumpliendo así con el objetivo de los SEM.

#### 4.3. Estimación de parámetros

Luego de asegurar la identificación del modelo, se procede a estimar los parámetros del mismo donde se desea minimizar la diferencia entre la matriz de varianza-covarianza muestral y la matriz de varianza-covarianza predicha. Para ello se debe seleccionar el método de estimación que mejor se ajuste a los datos, entre estos se encuentran:

##### 4.3.1. Máxima verosimilitud (ML)

Es el comúnmente utilizado para la estimación de parámetros en los modelos de ecuaciones estructurales ya que proporciona resultados consistentes y no sesgados. Para emplearlo se requiere cumplir los supuestos de normalidad, especificación correcta del modelo y tamaño de muestra grande, al menos 200 casos [23], ya que a medida que el tamaño de la muestra aumenta la distribución de las estimaciones tiende a una distribución normal.

##### 4.3.2. Mínimos cuadrados generalizados (GLS)

Este método guarda relación con el de máxima verosimilitud ya que se debe cumplir los mismos criterios y se puede emplear bajo las mismas condiciones para proporcionar resultados insesgados, óptimos y consistentes. Sin embargo, cuando el modelo aumenta de tamaño resulta complejo e inapropiado utilizarlo.

##### 4.3.3. Estimación por mínimos cuadrados no ponderados (ULS)

Es un método de estimación de parámetros que no requiere ningún tipo de distribución teórica de las variables observadas y produce resultados asintóticamente válidos para tamaño de muestra grandes. Long [24] y Ullman [25] señalan que este método tiene dos limitaciones que hacen que no sea muy utilizado. La primera de ellas es que no existen contrastes estadísticos asociados a este tipo de estimación y la segunda, es que los estimadores dependen de la escala de medida de las variables observadas.

#### 4.4. Evaluación del ajuste

La evaluación o bondad de ajuste hace referencia a la exactitud de los supuestos del modelo especificado para

determinar si el modelo es correcto y sirve como aproximación al fenómeno real. Las medidas de ajuste global del modelo pueden ser de tres tipos:

- Medidas absolutas del ajuste: Evalúan el grado en que el modelo estructural y de medida predice la matriz de datos inicial. El más empleado es el chi-cuadrado el cual es la única medida estadística. Según Ruiz, Pardo y San Martín [26] el modelo tiene un ajuste aceptable si los valores de Chi-cuadrado/ $gl$  es menor que 3. El Error de Aproximación Cuadrático Medio (RMSEA), representa el ajuste anticipado con el valor total de la población y no con el de la muestra [27]. El RMSEA incorpora una medida que penaliza la falta de parsimonia en el modelo, es sensible al número de parámetros a estimar y es relativamente insensible al tamaño de la muestra [20]. Si  $RMSEA < 0,05$  se tiene un buen ajuste del modelo [28].
- Medidas del ajuste incremental: Comparan el modelo propuesto con otros modelos especificados por el investigador. El índice normado de ajuste (NFI), compara el modelo propuesto y el modelo nulo considerando valores aceptables cercanos a 1. El índice No normalizado de ajuste (NNFI), o índice Tucker Lewis, supera las limitaciones del NFI al considerar los grados de libertad del modelo teórico, siempre y cuando su relación sea débil con el tamaño muestral. El rango de este va entre 0 y 1, siendo recomendables los valores mayores o iguales a 0,9 [27]. En cuanto al CFI compara la diferencia entre la estructura de covarianza del modelo de medición contra una situación hipotética donde no existe relación entre las variables observadas [29]. Valores próximos a 1 indican un ajuste perfecto entre el modelo teórico y los datos recogidos. Así mismo, el Índice de Ajuste Incremental (IFI) compara el ajuste de dos o más modelos donde valores superiores a 0,9 indican un ajuste aceptable [30].
- Medidas del ajuste de parsimonia: Ajustan los índices para ofrecer una comparación entre modelos con diferentes números de coeficientes estimados. El Criterio de información de Akaike (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 [31].

#### 4.5. Reespecificación del modelo

Ullman [25] señala que existen básicamente dos motivos para especificar un modelo ya sea para mejorar su ajuste o contrastar alguna hipótesis teórica. Esto consiste en añadir o eliminar parámetros al modelo original, sin embargo, para hacer las modificaciones se debe tener soporte teórico que justifique los cambios y luego realizar las estimaciones con otros conjuntos de datos para obtener un modelo que finalmente sea válido.

Para esto, se emplean los residuos estandarizados o también llamados normalizados, los cuales permiten detectar problemas en el ajuste global del modelo. Para que un residuo sea significativo al nivel de 0,05, este debe tomar un valor mayor que  $\pm 2,58$  [32]. Lo cual significará que existe un error de predicción entre 2 variables observadas siendo necesario la

adicción o eliminación de relaciones con el fin de mejorar el ajuste global del mismo.

Además, se deben examinar los índices de modificación para realizar la reespecificación del modelo. El valor obtenido hace referencia a la reducción del chi-cuadrado que se obtendría si el coeficiente fuera estimado al contemplarse en el modelo una nueva relación entre dos variables. Un valor de 3,84 o superior sugiere que se obtiene una reducción estadísticamente significativa [33].

#### 4.6. Interpretación de resultados

Luego de realizar la estimación de parámetros, bondad de ajuste y la reespecificación del modelo si es necesario, se determina qué parámetros estimados han resultado ser significativos y relevantes para el mismo. Finalmente se procede a la interpretación de los parámetros y al contraste de las hipótesis planteadas a lo largo de la investigación.

### 5. Desarrollo del estudio

#### 5.1. Diagrama de red

Para la construcción del modelo teórico se tuvieron en cuenta los lineamientos para la acreditación de programas de pregrado propuesto por el CNA [17], en donde se establece el factor procesos académicos como el indicado para ser evaluado por los estudiantes de pregrado de Ingeniería Industrial debido a que éstos pueden emitir fácilmente un juicio acerca de las características que

componen a este factor. Además, los lineamientos establecidos por la EEIE con el PEP en su última reforma del año 2006 [16] son indispensables para el estudio de la percepción de los estudiantes con el mismo. De igual manera, la revisión de la literatura permite considerar nuevos factores adoptados a partir de modelos de evaluación de la calidad en la educación superior que contribuyen al objeto de estudio de la investigación.

En la Fig. 2, se muestra el modelo teórico mediante un diagrama de red, la satisfacción de los estudiantes con el actual PEP de la EEIE es considerada como una variable latente endógena y se entiende por esta, como la percepción que tiene el alumno de los resultados y experiencias asociadas con su educación. Cuando una persona expresa estar satisfecha o no con respecto a algo, está emitiendo un juicio de valor a partir de un proceso de evaluación [34].

#### 5.2. Técnica de muestreo y población objetivo

Para la recopilación de los datos se emplea la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia a juicio debido a la dificultad de contactar a los estudiantes. Se seleccionaron estudiantes de todos los niveles del programa de Ingeniería Industrial con mayor participación los de últimos niveles, debido a que autores como Duque y Chaparro [35] afirman que los alumnos que llevan mayor tiempo de permanencia dentro de la universidad poseen elementos de juicios sólidos para expresar una opinión más certera sobre el objeto de investigación.

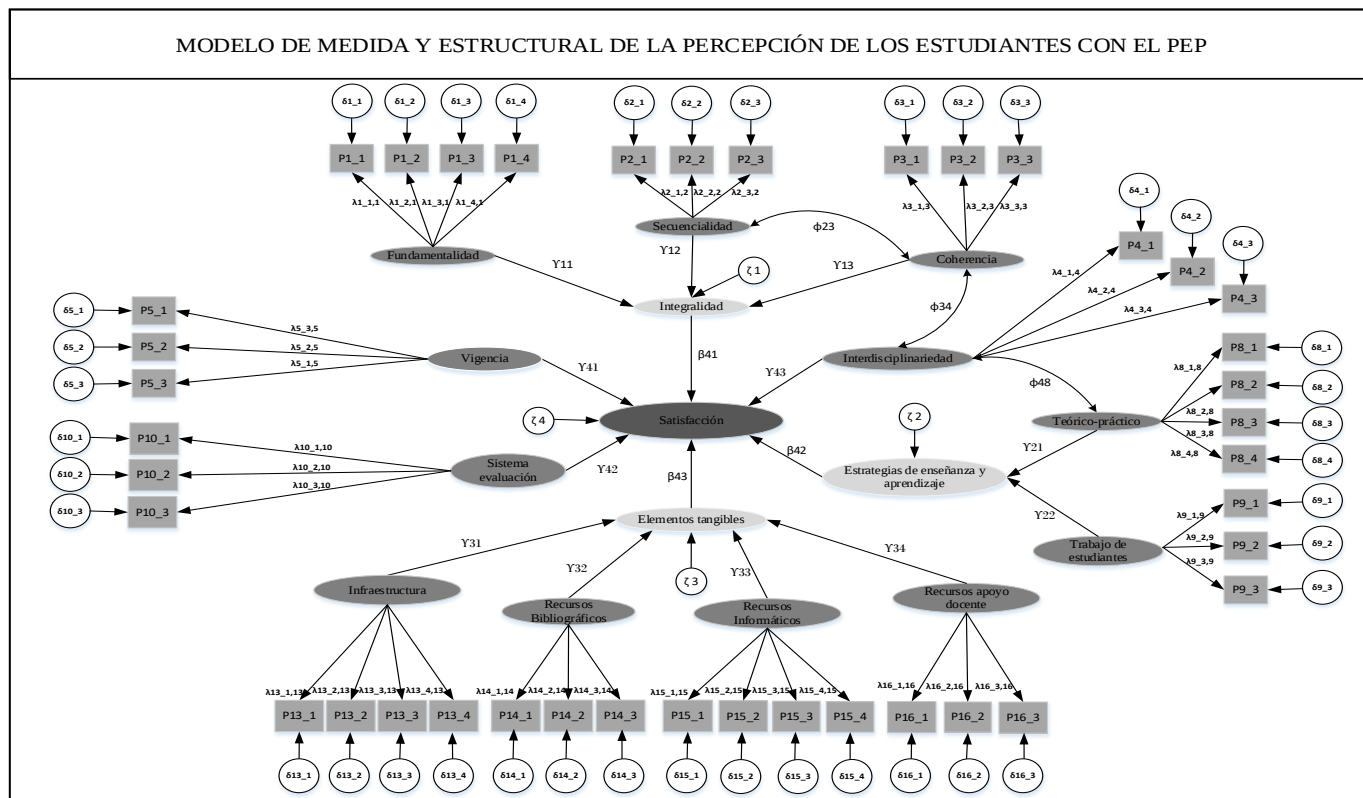


Figura 2. Modelo de medida y estructural de la percepción de los estudiantes con el PEP.

Fuente: Los autores

Tabla 3  
Aspectos a evaluar por cada factor

| <b>Factor</b>                             | <b>Aspectos a evaluar</b>                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fundamentalidad                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenidos de las asignaturas.</li> <li>• Créditos académicos del programa.</li> <li>• Aprendizaje de idioma extranjero (inglés).</li> <li>• Desarrollo de competencias de la profesión.</li> </ul> |
| Secuencialidad                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Requisitos para cursar las asignaturas.</li> <li>• La secuencia en los contenidos de las asignaturas.</li> <li>• Conocimientos adquiridos durante el programa académico.</li> </ul>                 |
| Coherencia                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento del perfil profesional y ocupacional.</li> <li>• Propósito del programa.</li> <li>• Formación integral del estudiante.</li> </ul>                                                      |
| Interdisciplinariedad                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integración de las asignaturas con otras áreas del conocimiento.</li> <li>• Ciclo básico de ingenierías.</li> </ul>                                                                                 |
| Vigencia                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Actualización del currículo.</li> <li>• Espacios para la participación de estudiantes en los cambios de los contenidos de las asignaturas.</li> </ul>                                               |
| Formalización                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Convenios con el sector público y privado.</li> <li>• Documentación de los programas en las asignaturas.</li> </ul>                                                                                 |
| Movilidad                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intercambios académicos con otras instituciones.</li> <li>• Homologación de las asignaturas.</li> </ul>                                                                                             |
| Teórico-Práctico                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplimiento de los contenidos previstos en las asignaturas.</li> <li>• Mecanismos de seguimiento y acompañamiento al estudiante.</li> <li>• Estrategias de enseñanza y aprendizaje.</li> </ul>     |
| Trabajo de los estudiantes                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Motivación a participar en los semilleros de investigación.</li> <li>• Trabajo independiente de los estudiantes.</li> </ul>                                                                         |
| Sistema de evaluación de estudiantes      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilidad del sistema de evaluación académico.</li> <li>• Criterios de evaluación académica.</li> </ul>                                                                                              |
| Evaluación y autorregulación del programa | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación de los estudiantes en los procesos de autoevaluación.</li> </ul>                                                                                                                      |
| Pertinencia                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyectos de extensión social.</li> <li>• Espacios para la resolución de problemas de la sociedad.</li> </ul>                                                                                       |
| Infraestructura                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estado de las instalaciones físicas.</li> <li>• Cantidad y disponibilidad de muebles y enseres.</li> <li>• Aseo de las instalaciones físicas.</li> <li>• Servicios complementarios.</li> </ul>      |
| Recursos bibliográficos                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de recursos bibliográficos.</li> <li>• Actualización de recursos bibliográficos.</li> </ul>                                                                                                |
| Recursos informáticos                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidad y estado de los equipos.</li> <li>• Acceso a recursos informáticos.</li> <li>• Accesibilidad a redes de internet.</li> <li>• Página web de la escuela.</li> </ul>                    |
| Recursos de apoyo docente                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de plataformas interactivas.</li> <li>• Utilización de recursos de apoyo docente.</li> </ul>                                                                                                    |

Fuente: Los autores.

La muestra constó de 278 alumnos quienes representan más del 20% de la población de estudiantes de pregrado de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

### 5.3. Diseño del instrumento

En primera instancia se efectúa el diseño del instrumento para conocer el grado de satisfacción de los estudiantes, se emplea una escala tipo Likert de siete categorías donde uno es muy insatisfecho y siete muy satisfecho, además se incluye la opción no sabe para aquellos estudiantes que desconocen los ítems evaluados.

A continuación, en la Tabla 3 se presentan los aspectos a evaluar por cada factor:

### 5.4. Validación del instrumento

Con el objetivo de evaluar la fiabilidad y validez del instrumento empleado, donde la validez hace referencia al grado en que realmente el instrumento está midiendo el atributo objeto de estudio [36]. Para esto se realizó la validación de expertos por el método de agregados individuales, donde se conoció la opinión de cada uno de ellos respecto a las preguntas del instrumento.

Por su parte, la fiabilidad según Babbie [37] se refiere a que un objeto de estudio medido repetidamente con el mismo instrumento siempre dará los mismos resultados. Para ello se emplea el alfa de Cronbach que mide la consistencia interna de una escala, es decir, evalúa la magnitud en que los ítems de un instrumento están correlacionados [38]. Para la presente investigación se obtuvo un valor de 0,945 indicando que la fiabilidad del instrumento es excelente [39].

## 6. Resultados

### 6.1. Especificación del modelo

En primer lugar, se parte del modelo teórico donde se establecieron las relaciones causales entre las variables observables y variables latentes. Dichas relaciones se representan de manera gráfica a través del diagrama de red Fig. 2 con el fin de facilitar la comprensión del modelo. Luego, se realiza la formalización matemática del modelo de medida y estructural siguiendo la notación de Jöreskog & Sörbom [40].

**Modelo de medida:** La relación entre las variables observadas y las latentes exógenas se pueden expresar de la siguiente manera:

**Modelo estructural:** Una vez definido el modelo de medida se procede a realizar el modelo estructural donde se consideran las relaciones causales entre las variables latentes:

### 6.2. Identificación del modelo

Siguiendo las recomendaciones hechas por Hatcher [41] y Ullman [25] se adoptan los siguientes supuestos o restricciones para garantizar que se puedan estimar los parámetros del modelo:

- Se fija el coeficiente de regresión (carga factorial) de una de las variables observadas que cargan sobre cada factor a 1, como por ejemplo la carga de la variable p1\_1 y el primer factor denominado fundamentalidad, p2\_1 y el segundo factor denominado secuencialidad, p3\_1 y el tercer factor denominado coherencia, y así sucesivamente con la primera variable observada de cada factor.

Tabla 4

Ecuaciones del componente de medida

| Formalización matemática                      |                                                      |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| $p1\_1 = \lambda_{1,1,1}\xi_1 + \delta_{1,1}$ | $p9\_1 = \lambda_{9,1,9}\xi_9 + \delta_{9,1}$        |
| $p1\_2 = \lambda_{1,2,1}\xi_1 + \delta_{1,2}$ | $p9\_2 = \lambda_{9,2,9}\xi_9 + \delta_{9,2}$        |
| $p1\_3 = \lambda_{1,3,1}\xi_1 + \delta_{1,3}$ | $p9\_3 = \lambda_{9,3,9}\xi_9 + \delta_{9,3}$        |
| $p1\_4 = \lambda_{1,4,1}\xi_1 + \delta_{1,4}$ | $p10\_1 = \lambda_{10,1,10}\xi_{10} + \delta_{10,1}$ |
| $p2\_1 = \lambda_{2,1,2}\xi_2 + \delta_{2,1}$ | $p10\_2 = \lambda_{10,2,10}\xi_{10} + \delta_{10,2}$ |
| $p2\_2 = \lambda_{2,2,2}\xi_2 + \delta_{2,2}$ | $p10\_3 = \lambda_{10,3,10}\xi_{10} + \delta_{10,3}$ |
| $p2\_3 = \lambda_{2,3,2}\xi_2 + \delta_{2,3}$ | $p13\_1 = \lambda_{13,1,13}\xi_{13} + \delta_{13,1}$ |
| $p3\_1 = \lambda_{3,1,3}\xi_3 + \delta_{3,1}$ | $p13\_2 = \lambda_{13,2,13}\xi_{13} + \delta_{13,2}$ |
| $p3\_2 = \lambda_{3,2,3}\xi_3 + \delta_{3,2}$ | $p13\_3 = \lambda_{13,3,13}\xi_{13} + \delta_{13,3}$ |
| $p3\_3 = \lambda_{3,3,3}\xi_3 + \delta_{3,3}$ | $p14\_1 = \lambda_{14,1,14}\xi_{14} + \delta_{14,1}$ |
| $p4\_1 = \lambda_{4,1,4}\xi_4 + \delta_{4,1}$ | $p14\_2 = \lambda_{14,2,14}\xi_{14} + \delta_{14,2}$ |
| $p4\_2 = \lambda_{4,2,4}\xi_4 + \delta_{4,2}$ | $p14\_3 = \lambda_{14,3,14}\xi_{14} + \delta_{14,3}$ |
| $p4\_3 = \lambda_{4,3,4}\xi_4 + \delta_{4,3}$ | $p15\_1 = \lambda_{15,1,15}\xi_{15} + \delta_{15,1}$ |
| $p5\_1 = \lambda_{5,1,5}\xi_5 + \delta_{5,1}$ | $p15\_2 = \lambda_{15,2,15}\xi_{15} + \delta_{15,2}$ |
| $p5\_2 = \lambda_{5,2,5}\xi_5 + \delta_{5,2}$ | $p15\_3 = \lambda_{15,3,15}\xi_{15} + \delta_{15,3}$ |
| $p5\_3 = \lambda_{5,3,5}\xi_5 + \delta_{5,3}$ | $p15\_4 = \lambda_{15,4,15}\xi_{15} + \delta_{15,4}$ |
| $p8\_1 = \lambda_{8,1,8}\xi_8 + \delta_{8,1}$ | $p16\_1 = \lambda_{16,1,16}\xi_{16} + \delta_{16,1}$ |
| $p8\_2 = \lambda_{8,2,8}\xi_8 + \delta_{8,2}$ | $p16\_2 = \lambda_{16,2,16}\xi_{16} + \delta_{16,2}$ |
| $p8\_3 = \lambda_{8,3,8}\xi_8 + \delta_{8,3}$ | $p16\_3 = \lambda_{16,3,16}\xi_{16} + \delta_{16,3}$ |
| $p8\_4 = \lambda_{8,4,8}\xi_8 + \delta_{8,4}$ |                                                      |

Fuente: Los autores.

Tabla 5

Ecuaciones del componente estructural

| Formalización matemática                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\eta_1 = \gamma_{11}\xi_1 + \gamma_{12}\xi_2 + \gamma_{13}\xi_3 + \zeta_1$                                                             |
| $\eta_2 = \gamma_{21}\xi_8 + \gamma_{22}\xi_9 + \zeta_2$                                                                                |
| $\eta_3 = \gamma_{31}\xi_{13} + \gamma_{32}\xi_{14} + \gamma_{33}\xi_{15} + \gamma_{34}\xi_{16} + \zeta_3$                              |
| $\eta_4 = \gamma_{41}\xi_5 + \gamma_{42}\xi_{10} + \gamma_{43}\xi_4 + \beta_{41}\eta_1 + \beta_{42}\eta_2 + \beta_{43}\eta_3 + \zeta_4$ |

Fuente: Los autores.

Donde,

Tabla 6

Notación de las variables latentes endógenas

| Notación | Factor                                 |
|----------|----------------------------------------|
| $\eta_1$ | Integralidad                           |
| $\eta_2$ | Estrategias de enseñanza y aprendizaje |
| $\eta_3$ | Elementos tangibles                    |
| $\eta_4$ | Satisfacción                           |

Fuente: Los autores.

- Los errores asociados con cada indicador  $\delta$  no están correlacionados entre sí, cada indicador carga sólo sobre un factor y los factores pueden covariar entre ellos.
- El coeficiente de regresión de la variable observada sobre el término error se fijan arbitrariamente a 1.

Por lo tanto, el modelo está sobreidentificado a través de la regla de los grados de libertad, lo que no ocurriría si no se introdujeran los supuestos o restricciones mencionadas anteriormente ya que el número de parámetros a estimar sería mayor a el número de datos (varianzas-covarianzas muestrales), y este debe ser siempre superior. El modelo propuesto presenta 40 variables observadas, es decir se cuenta con  $40(40+1)/2 = 820$  varianzas-covarianzas muestrales y los parámetros a estimar son:

- 40 coeficientes de regresión entre las variables observadas y los factores independientes (28 en realidad, porque 12 se han fijado a 1, como ya se mencionó).
- 12 coeficientes de regresión entre los factores independientes y los dependientes (9 en realidad, porque 3 se han fijado a 1).
- 3 coeficientes de regresión entre factores dependientes (2 en realidad porque 1 se ha fijado a 1).
- 40 varianzas de los términos de error de las variables observadas.
- 4 varianzas de los términos de error de los factores dependientes.
- 3 covarianzas entre los factores independientes.
- 12 varianzas de los factores independientes.

Es decir, en total se deben estimar 98 parámetros, con lo que se obtienen 722 grados de libertad, cumpliendo el objetivo de los SEM ya que el modelo está sobreidentificado.

### 6.3. Estimación de parámetros

Después de identificar el modelo, se procede a realizar la estimación de los parámetros del mismo a partir de la matriz de varianzas-covarianzas muestral. Para ello, se selecciona el método de estimación por Máxima Verosimilitud (ML) debido a que es el método más empleado en el ajuste de SEM y los resultados son consistentes y no sesgados cuando se viola el supuesto de normalidad multivariante de los datos [42].

Al analizar la solución estandarizada en el modelo estructural se evidencia que la variable endógena estrategias de enseñanza y aprendizaje es la que mejor ajuste de datos presenta respecto a sus variables independientes, trabajo de estudiantes y teórico práctico, con valores de 0,954 y 0,948 respectivamente. A manera de resumen se muestran los resultados del modelo de medida y estructural estandarizados del presente trabajo de investigación en la Tabla 7:

### 6.4. Bondad de ajuste del modelo estimado

Una vez obtenidas las estimaciones de los parámetros que se definieron en el modelo, es necesario evaluar la bondad de ajuste del mismo antes de interpretar los resultados. Para analizar los indicadores de bondad de ajuste se procede a comprar el modelo teórico con el modelo independiente Tabla 10, en aras de determinar hasta qué punto el modelo asumido se ajusta a los datos muestrales.

Las medidas absolutas del ajuste analizadas son el estadístico chi-cuadrado y el Error de Aproximación Cuadrático Medio (RMSEA). El estadístico chi-cuadrado refleja si el modelo se ajusta a los datos, por lo cual se esperaría un valor  $p > 0,05$  que contraste la hipótesis nula de que todos los errores del modelo son nulos. Sin embargo, el  $p$  valor obtenido en el modelo teórico es 0,000 lo cual era de esperarse debido a que este estadístico es sensible a tamaños muestrales superiores a 200 observaciones [23]. Por tal motivo al aumentar el N, es probable que el  $p$ -valor sea significativo lo que conlleve a rechazar un modelo que sí presenta un buen ajuste de los datos [30]. En relación con lo anterior se deben considerar otros índices para determinar la bondad de ajuste del modelo [26, 43].

Tabla 7

Resultados estandarizados de los SEM

| Matriz      | Parámetro            | Estimación estandarizada |
|-------------|----------------------|--------------------------|
| $\Lambda_x$ | $\lambda_{1\_1,1}$   | 0.304                    |
|             | $\lambda_{1\_2,1}$   | 0.785                    |
|             | $\lambda_{1\_3,1}$   | 0.765                    |
|             | $\lambda_{1\_4,1}$   | 0.264                    |
|             | $\lambda_{2\_1,2}$   | 0.441                    |
|             | $\lambda_{2\_2,2}$   | 0.793                    |
|             | $\lambda_{2\_3,2}$   | 0.651                    |
|             | $\lambda_{3\_1,3}$   | 0.662                    |
|             | $\lambda_{3\_2,3}$   | 0.528                    |
|             | $\lambda_{3\_3,3}$   | 0.768                    |
|             | $\lambda_{4\_1,4}$   | 0.690                    |
|             | $\lambda_{4\_2,4}$   | 0.425                    |
|             | $\lambda_{4\_3,4}$   | 0.691                    |
|             | $\lambda_{5\_1,5}$   | 0.626                    |
|             | $\lambda_{5\_2,5}$   | 0.475                    |
|             | $\lambda_{5\_3,5}$   | 0.419                    |
|             | $\lambda_{8\_1,8}$   | 0.657                    |
|             | $\lambda_{8\_2,8}$   | 0.663                    |
|             | $\lambda_{8\_3,8}$   | 0.579                    |
|             | $\lambda_{8\_4,8}$   | 0.590                    |
|             | $\lambda_{9\_1,9}$   | 0.403                    |
|             | $\lambda_{9\_2,9}$   | 0.686                    |
|             | $\lambda_{9\_3,9}$   | 0.605                    |
|             | $\lambda_{10\_1,10}$ | 0.665                    |
|             | $\lambda_{10\_2,10}$ | 0.776                    |
|             | $\lambda_{10\_3,10}$ | 0.553                    |
|             | $\lambda_{13\_1,13}$ | 0.666                    |
|             | $\lambda_{13\_2,13}$ | 0.663                    |
|             | $\lambda_{13\_3,13}$ | 0.815                    |
|             | $\lambda_{13\_4,13}$ | 0.759                    |
|             | $\lambda_{14\_1,14}$ | 0.845                    |
|             | $\lambda_{14\_2,14}$ | 0.886                    |
|             | $\lambda_{14\_3,14}$ | 0.661                    |
|             | $\lambda_{15\_1,15}$ | 0.644                    |
|             | $\lambda_{15\_2,15}$ | 0.715                    |
|             | $\lambda_{15\_3,15}$ | 0.562                    |
|             | $\lambda_{15\_4,15}$ | 0.557                    |
|             | $\lambda_{16\_1,16}$ | 0.840                    |
|             | $\lambda_{16\_2,16}$ | 0.851                    |
|             | $\lambda_{16\_3,16}$ | 0.671                    |
| $\beta$     | $\beta_{41}$         | 0,928                    |
|             | $\beta_{42}$         | 0,978                    |
|             | $\beta_{43}$         | 0,755                    |
| T           | $\gamma_{11}$        | 0,766                    |
|             | $\gamma_{12}$        | 0,967                    |
|             | $\gamma_{13}$        | 0,944                    |
|             | $\gamma_{21}$        | 0,954                    |
|             | $\gamma_{22}$        | 0,948                    |
|             | $\gamma_{31}$        | 0,672                    |
|             | $\gamma_{32}$        | 0,641                    |
|             | $\gamma_{33}$        | 0,947                    |
|             | $\gamma_{34}$        | 0,785                    |
|             | $\gamma_{41}$        | 0,877                    |
| $\Phi$      | $\phi_{23}$          | -0,773                   |
|             | $\phi_{34}$          | 0,434                    |
|             | $\phi_{48}$          | -0,393                   |
|             | $\delta_{1\_1}$      | 0.061                    |
|             | $\delta_{1\_2}$      | 0.037                    |
|             | $\delta_{1\_3}$      | 0.037                    |
|             | $\delta_{1\_4}$      | 0.063                    |
|             | $\delta_{2\_1}$      | 0.054                    |
|             | $\delta_{2\_2}$      | 0.034                    |
|             | $\delta_{2\_3}$      | 0.041                    |

|                |                  |       |
|----------------|------------------|-------|
| $\Theta\delta$ | $\delta_{3\_1}$  | 0.041 |
|                | $\delta_{3\_2}$  | 0.049 |
|                | $\delta_{3\_3}$  | 0.035 |
|                | $\delta_{4\_1}$  | 0.040 |
|                | $\delta_{4\_2}$  | 0.055 |
|                | $\delta_{4\_3}$  | 0.040 |
|                | $\delta_{5\_1}$  | 0.054 |
|                | $\delta_{5\_2}$  | 0.058 |
|                | $\delta_{5\_3}$  | 0.060 |
|                | $\delta_{8\_1}$  | 0.041 |
|                | $\delta_{8\_2}$  | 0.040 |
|                | $\delta_{8\_3}$  | 0.046 |
|                | $\delta_{8\_4}$  | 0.045 |
|                | $\delta_{9\_1}$  | 0.057 |
|                | $\delta_{9\_2}$  | 0.043 |
|                | $\delta_{9\_3}$  | 0.047 |
|                | $\delta_{10\_1}$ | 0.043 |
|                | $\delta_{10\_2}$ | 0.038 |
|                | $\delta_{10\_3}$ | 0.050 |
|                | $\delta_{13\_1}$ | 0.040 |
|                | $\delta_{13\_2}$ | 0.040 |
|                | $\delta_{13\_3}$ | 0.030 |
|                | $\delta_{13\_4}$ | 0.033 |
|                | $\delta_{14\_1}$ | 0.027 |
|                | $\delta_{14\_2}$ | 0.025 |
|                | $\delta_{14\_3}$ | 0.039 |
|                | $\delta_{15\_1}$ | 0.043 |
|                | $\delta_{15\_2}$ | 0.038 |
|                | $\delta_{15\_3}$ | 0.048 |
|                | $\delta_{15\_4}$ | 0.048 |
|                | $\delta_{16\_1}$ | 0.026 |
|                | $\delta_{16\_2}$ | 0.026 |
|                | $\delta_{16\_3}$ | 0.038 |

Fuente: Adaptado de Software R

Tabla 10.

Chi cuadrado

| Modelo teórico |     | Modelo independiente |     |
|----------------|-----|----------------------|-----|
| Chi-cuadrado   | gl  | Chi-cuadrado         | gl  |
| 1185,612       | 722 | 4965,855             | 780 |

Fuente: Adaptado de software R

Es por esto que se emplea el indicador RMSEA desarrollado por Steiger [44], el cual no es sensible al tamaño muestral e indica si el ajuste del modelo es bueno al realizar la estimación con la población en lugar de la muestra. Valores inferiores a 0,05 indican buen ajuste [28], como sucede con el modelo teórico al obtener un RMSEA=0,048.

Por su parte, las medidas de ajuste incremental empleadas son el NFI, NNFI, IFI y CFI. El índice NFI mide la reducción proporcional del estadístico chi-cuadrado cuando se pasa del modelo independiente al modelo teórico [45], es decir, indica si el modelo teórico es mejor que el modelo independiente, lo cual es aceptable en el presente trabajo ya que el NFI=0,7612 alcanza valores cercanos a 1. Por otro lado, el NNFI permite comparar el ajuste del modelo considerando los grados de libertad del modelo independiente con el modelo teórico, el valor obtenido es de 0,880 lo que indica un buen ajuste ya que el valor es próximo a 0,9. En cuanto al CFI el valor es de 0,889 lo que indica un ajuste razonable debido a que su valor es cercano a 1. Así mismo, el Índice de Ajuste Incremental (IFI) compara el ajuste de dos o más modelos. Para este caso en particular, sólo se compara el modelo independiente con el modelo teórico, siendo este último el de mejor ajuste ya que el IFI=0,903 indicando un ajuste aceptable del mismo [30].

Tabla 11.

## Medidas de bondad de ajuste

| Medida de bondad de ajuste                     | Abreviatura    | Niveles de ajuste aceptable     | Aceptabilidad obtenida |
|------------------------------------------------|----------------|---------------------------------|------------------------|
| <b>Medidas de ajuste absoluto</b>              |                |                                 |                        |
| Chi-cuadrado                                   | $\chi^2$       |                                 | 1185,612               |
| Chi-cuadrado (p-valor)                         | p-valor        | significancia > 0,05            | 0,000                  |
| Razón Chi-cuadrado / grados de libertad        | $\chi^2/_{gl}$ | menor que 3                     | 1,642                  |
| Error de aproximación cuadrático medio         | RMSEA          | < 0,05                          | 0,048                  |
| <b>Medidas de ajuste incremental</b>           |                |                                 |                        |
| Índice normado de ajuste                       | NFI            | valor cercano a 1               | 0,7612                 |
| Índice No normalizado de ajuste ó Tucker Lewis | NNFI/ TLI      | >0,9                            | 0,880                  |
| Índice de bondad de ajuste comparativo         | CFI            | valor cercano a 1               | 0,889                  |
| Índice de Ajuste Incremental                   | IFI            | >0,9                            | 0,903                  |
| <b>Medidas de ajuste de parsimonia</b>         |                |                                 |                        |
| Criterio de información de Akaike              | AIC            | valor pequeño indica parsimonia | -258,388               |

Fuente: Adaptado de software R

Finalmente, la medida de ajuste parsimonia empleada es el Criterio de Información de Akaike (AIC), el cual ajusta el valor de chi-cuadrado al número de grados de libertad del modelo. El valor AIC obtenido para el modelo teórico fue menor al independiente, indicando que el modelo es ajustado en relación a su complejidad.

A continuación, se visualiza un resumen de los índices de bondad de ajuste en la Tabla 11:

### 6.5. Reespecificación del modelo

En esta fase se procede a verificar si al añadir nuevas relaciones o eliminar las ya existentes el modelo teórico logra mejorar su ajuste. Estas decisiones deben ser coherentes, es decir, no deben realizarse reespecificaciones que no puedan sustentarse a nivel teórico [46]. Para llevar a cabo la reespecificación del modelo se analizan los residuos estandarizados y los índices de modificación.

El software R permite calcular los residuos estandarizados del modelo teórico, de estos resultados, son tomados como significativos valores  $\pm 2,58$  donde, sólo 8 logran serlo de un total de 820, lo que equivale al 0,9756% siendo este valor bastante inferior al 5% (41 residuos) el cual es el mínimo requerido para llevar a cabo la reespecificación [32]. Por lo anterior, se decide no realizar modificaciones ya que los resultados obtenidos no logran ser sustancialmente significativos respecto al modelo teórico.

En cuanto a los índices de modificación, valores mayores o iguales a 3,84 indican la ganancia de ajuste del modelo en la reducción del chi-cuadrado cuando se estima un coeficiente que no fue planteado en el modelo teórico [33]. En la Tabla 12 se visualizan las relaciones significativas del estudio, obtenidos de la estimación del modelo.

Tabla 12.

## Índices de modificación

| Relación                           | Mi    |
|------------------------------------|-------|
| Sistemaevaluación ~ Informáticos   | 6.569 |
| Secuencialidad ~ Teóricopráctico   | 5.438 |
| Sistemaevaluación ~ Apoyodocente   | 4.494 |
| Fundamentalidad ~ Teóricopráctico  | 4.284 |
| Secuencialidad ~ Infraestructura   | 4.037 |
| Sistemaevaluación ~ Bibliográficos | 3.922 |

Fuente: Adaptado de software R

Ahora bien, se analiza si estas relaciones deben ser o no incluidas en el modelo original, ya que no basta con el valor del índice para decidir, debido a que es importante que exista un fundamento teórico que respalde dichas relaciones. En este caso, no se consideran apropiadas las relaciones entre los factores indicadas en la *tabla 12*. Dado que son de pobre validez teórica y por tal motivo, se considera que el modelo teórico original sigue siendo la mejor aproximación del fenómeno real en estudio.

### 6.6. Interpretación de resultados

Luego de presentar los resultados de las etapas anteriores, se puede evidenciar que el modelo teórico es significativamente mejor que el modelo independiente, ya que el RMSEA, los índices de medida de ajuste incremental y de parsimonia alcanzan o superan los valores de ajuste aceptados, a pesar de que se rechaza la hipótesis del estadístico chi-cuadrado.

Las covarianzas propuestas entre los factores secuencialidad ~ coherencia e interdisciplinariedad ~ teórico-práctico arrojan valores negativos lo que indica que a medida que aumenta la satisfacción en un factor disminuye respecto al otro; contrario a la covarianza entre coherencia ~ interdisciplinariedad en donde la satisfacción aumenta simultáneamente. Por otro lado, existe una alta relación lineal entre las variables latentes exógenas y endógenas ya que las cargas factoriales toman valores entre 0,641 y 0,967 lo cual corrobora las relaciones hipotéticas planteadas en el modelo teórico.

## 7. Conclusiones

La aplicación del instrumento de medición permite en el futuro tener una herramienta para la evaluación del proceso de autoevaluación, dado que se comprobó que el instrumento es fiable y valido; pues al presentar una buena consistencia interna de la escala este permite medir la percepción del estudiante con aspectos referentes al PEP.

El modelo de Ecuaciones Estructurales permitió conocer la percepción de los estudiantes a través de 15 variables latentes medidas por 40 variables observadas. De igual forma, se corrobora que las relaciones hipotéticas planteadas en el modelo teórico influyen significativamente en la satisfacción global de los alumnos, la cual es causada principalmente por las estrategias de enseñanza y aprendizaje, la interdisciplinariedad y la integralidad del currículo, ya que los coeficientes estandarizados alcanzan valores de 0,978; 0,949 y 0,928 respectivamente. Siendo este resultado, similar al obtenido en

la investigación realizada por Alzate y Mejía, quienes concluyeron en su trabajo de investigación que para aumentar el nivel de satisfacción de los estudiantes, la Universidad de San Buenaventura de Medellín debe centrar sus esfuerzos en mejorar los procesos de formación a través de su currículo [47].

En menor medida, pero con un valor representativo, los factores vigencia, sistemas de evaluación y elementos tangibles explican la satisfacción global con una carga de 0,877; 0,787 y 0,755 respectivamente. Este último resultado se asemeja al obtenido en la investigación realizada por Alvarado, Luyando, Cuevas y Picazzo, quienes identificaron que el factor componentes físicos explica la dimensión educativa, ya que los estudiantes aprecian que las universidades posean instalaciones y equipos adecuados y modernos que faciliten las actividades académicas [48].

Por su parte, la metodología planteada puede ser replicable para otros programas académicos de pregrado que busquen la certificación de alta calidad, debido a que los factores de otras escalas y las características del factor procesos académicos del CNA pueden ser aplicables para estos.

Finalmente, la importancia de este trabajo radica en que fue posible identificar los factores que desde la perspectiva de los estudiantes inciden en su satisfacción, siendo esto un referente que debe ser tenido en cuenta ya que al conocer su realidad se pueden tomar decisiones por parte de los directivos del sistema educativo encaminadas al proceso de mejora continua de los programas académicos.

## 8. Recomendaciones

A partir del presente trabajo de investigación se despierta el interés de estudiar y comparar la percepción de otros involucrados del sistema educativo como docentes y egresados. Además, se pueden contemplar otros factores del CNA, en aras de conocer la influencia de estos en la satisfacción global.

## Referencias

- [1] Pérez, A. y Alfaro, I., La evaluación de la docencia en la Universidad de Valencia, España. Ponencia Congreso Pedagogía 97. La Habana. Cuba. 1997.
- [2] Duque, E. y Diosa, Y., Evolución conceptual de los modelos de medición de la percepción de calidad del servicio: una mirada desde la educación superior. ELSEVIER. 2014. DOI: 10.1016/j.neucir.2013.12.001
- [3] Parasuraman, A., Zeithaml, V. and Berry, L., SERVQUAL: a multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. *Journal of Retailing* (64), pp.12-40, 1988.
- [4] Cronin, J. and Taylor, A., Measuring service quality: a reexamination and extension. *Journal of Marketing* [online]. (56), p.55-68, 1992. Available at: <http://www.jstor.org/discover/10.2307/1252296?uid=2134&uid=2&uid=70&uid=4&sid=21104101562097>
- [5] Buttle, F., SERVQUAL: review, critique, research agenda. *European Journal of Marketing* (30), pp.8-25, 1996.
- [6] Firdaus, A., HEDPERF versus SERVPERF: the quest for ideal measuring instrument of service quality in higher education sector. *Quality Assurance in Education* (13), pp. 305-328, 2005. DOI: 10.1108/09684880510626584.
- [7] Mejías, A., Modelo para medir la calidad del servicio en los estudios universitarios de postgrado. *Revista Universidad Ciencia y Tecnología* 4(34), pp.81-85, 2005.
- [8] Annamdevula, S. and Shekhar, R., Development of HiEdQUAL for measuring service quality in Indian higher education sector. *International Journal of Innovation, Management and Technology* (3), pp.412-416, 2012.
- [9] Martínez, M., Blanco, M. y Castán, J., Las dimensiones de la calidad del servicio percibida en entornos virtuales de formación superior. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento* 10(1), pp.89-106, 2013.
- [10] Vergara, J. y Quesada, V., Análisis de la calidad en el servicio y satisfacción de los estudiantes de Ciencias Económicas de la Universidad de Cartagena mediante un modelo de ecuaciones estructurales. *Revista electrónica de Investigación Educativa* (13), pp.108-122, 2011.
- [11] Kaplan, D., *Structural equation modeling: foundations and extensions*. Newbury Park: Sage, 2000.
- [12] Kline, R., *Principles and practice of structural equation modeling* (2). New York: The Guilford Press, 2004.
- [13] Tumino, C. y Poitevinaso, R., Evaluación de la calidad de servicio universitario desde la percepción de estudiantes y docentes. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, (12), pp. 63-84, 2013.
- [14] Mayo, J. and Jarvis, The psychology of leisure travel. Boston: CBI. Boston, USA, 1981.
- [15] Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. *Reforma curricular para el programa de Ingeniería Industrial*, Bucaramanga, 2006.
- [16] Consejo Nacional de Acreditación. *Lineamientos para la acreditación de programas de pregrado*. Ministerio de Educación Nacional. [en línea]. 2013. Disponible en: [http://www.cna.gov.co/1741/articles-186359\\_pregrado\\_2013.pdf](http://www.cna.gov.co/1741/articles-186359_pregrado_2013.pdf)
- [17] Batista, J. y Coenders, G., *Modelos de ecuaciones estructurales*. Madrid: La Muralla. 2000.
- [18] Kerlinger, F. y Lee, H., *Investigación del comportamiento*. México: McGraw Hill. 2002.
- [19] Brown, T., *Confirmatory factor analysis for applied research*. New York: Guilford Press. 2006.
- [20] Bentler, P., *EQS structural equations program manual*. Encino: Multivariate Software, 1995.
- [21] Wittingslow, G. and Markham, S., Customer-Driven modeling of satisfaction behaviour. *Australasian Journal of Market Research* (7), pp. 29-38, 1999.
- [22] Boomsma, A., *The robustness of maximum likelihood estimation in structural equation models*. Cambridge: Cambridge University Press. 1987.
- [23] Long, J., *Confirmatory factor analysis a preface to LISREL*. Newbury Park: Sage Publications. 1983.
- [24] Ullman, J., *Structural equation modeling*. En: Tabachnick, B. and Fidell, L., Eds., *Using multivariate statistics*, New York: HarperCollins, 1996, pp.709-780.
- [25] Ruiz, M., Pardo, A. y Martín, R., Modelo de ecuaciones estructurales. *Papeles del Psicólogo*, (31), pp. 34-45, 2010.
- [26] Levy, J. y Varela, J., *Modelación con estructuras de covarianzas en ciencias sociales*. Madrid: Netbiblo, 2006.
- [27] Browne, N. and Cudeck, R., *Alternative ways of assessing model fit*. Sage Publications, Newbury Park, CA., 1993, pp.136-162.
- [28] González, M. y Backhoff, E., Validación de un cuestionario de contexto para evaluar sistemas educativos con modelos de ecuaciones estructurales, *E-Journal of Educational Research, Assessment and Evaluation*, 16(2), pp. 1-17, 2010.
- [29] Hu, L. and Bentler, P., Cutoff criteria for fit indices in covariance structure analysis: conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6, pp.1-55, 1999.
- [30] Hu, L. and Bentler, P., Cutoff criteria for fit indices in covariance structure analysis: conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6, pp.1-55, 1999.
- [31] Akaike, H., *Factor analysis and AIC*. *Psychometrika*, pp. 317-332, 1987.
- [32] Gonzalez, F., *Estudio de la calidad de servicio y patrones de comportamiento transaccional de los clientes de una institución financiera mediante modelo de ecuaciones estructurales*. Tesis de pregrado, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile, 2008.

- [33] Hair, J., Anderson, R., Tatham, R. y Black, W., *Análisis multivariante* (5). Nueva York: Prentice Hall, 1999.
  - [34] Gento, S. y Vivas, M., EL SEUE: un instrumento para conocer la satisfacción de los estudiantes universitarios con su educación. *Acción pedagógica* 12(2), pp.16-27, 2003.
  - [35] Duque, E. y Chaparro, C., Medición de la percepción de la calidad del servicio de educación por parte de los estudiantes de la UPTC Duitama. *Criterio Libre*, [en línea]. (10), pp.159-192, 2012. Disponible en: <http://criteriolibre.unilibre.edu.co/index.php/clibre/article/view/94>
  - [36] Hogan, T., *Pruebas psicológicas: una introducción práctica*. Manual Moderno. [en línea]. 2004. México. Disponible en: <https://www.casadellibro.com/libro-pruebas-psicologicas-una-introduccion-practica/9789707290877/959292>.
  - [37] Babbie, E., *The practice of social research*. USA, Wadsworth. [online]. 2010. Available at: [https://books.google.com.co/books?id=k-aza3qSULoC&printsec=frontcover&source=gbg\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?id=k-aza3qSULoC&printsec=frontcover&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).
  - [38] Cortina, J., What is coefficient alpha?. An examination of theory and applications. *Journal of Applied psychology*, 78(1), pp.98-104, 1993.
  - [39] George, D. and Mallery, P., *SPSS for windows step by step: a simple guide and reference*. Boston: Allyn & Bacon, 2003.
  - [40] Joreskog, K., *Analyzing psychological data by structural analysis of covariance matrices*. New York: Academic Press, 1974.
  - [41] Hatcher, L., *A step-by-step approach to using the SAS system for factor analysis and structural equation modelling*. Cary, NC: Sas Institute Inc. 1994.
  - [42] García, M.Á., *Análisis causal con ecuaciones estructurales de la satisfacción ciudadana con los servicios municipales*. Tesis de Maestría. [en línea]. 2011. Recuperado de [http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/proyectosfinmaster/proyecto\\_610.pdf](http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/proyectosfinmaster/proyecto_610.pdf)
  - [43] López, V., *Modelo de ecuaciones estructurales para la evaluación de la calidad de una vacuna bobina*. Tesis de Magister. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina, 2012.
  - [44] Steiger, J., Structural model evaluation and modification: an interval estimation approach. *Multivariate Behavioral Research*, 25(2), pp.173-180, 1990.
  - [45] Bentler, P. and Bonett, D., Significance test and goodness of fit in the analysis of covariance structures. *Psychological Bulletin*, pp.588-606. 1980.
  - [46] Medrano, L. y Navarro, R., Aproximación conceptual y práctica a los modelos de ecuaciones estructurales. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 11(1), pp.1-21, 2016.
  - [47] Alzate, N. y Mejía, J., *Percepción de los estudiantes de Licenciatura en Educación Física de la Universidad de San Buenaventura acerca de su proceso de formación y el bienestar institucional*, Tesis de pregrado, Universidad de San Buenaventura, Medellín, Colombia, 2017.
  - [48] Alvarado, E., Luyando, J., Cuevas, E. y Picazzo, P., Percepción de los estudiantes sobre la calidad de las universidades privadas en Monterrey. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 6(17), pp. 58-76, 2015. DOI: 10.1016/j.rides.2015.10.003
- H. Lamos-Díaz**, graduado en PhD. en Matemática Física en 1997 de Universidad Estatal de Moscú (LOMONOSOV), Rusia, MSc en Informática en 1990 de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, MSc, en Matemáticas en 1982 de la Universidad de la Amistad, Moscú, Rusia, y Matemático en 1981 de la Universidad de la Amistad, Misco, Rusia. Es docente investigador del Grupo de Investigación en Optimización y Organización de Sistemas Productivos y Logísticos-OPALO. UIS-UNAB pertenecen a la Asociación Colombiana de Investigación de Operaciones ASOCIO, es profesor titular de la Universidad Industrial de Santander, adscrito a la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander, Colombia.  
ORCID:0000-0003-1778-9768
- J. Buitrago-Rodríguez**, recibe el título de Ing. Industrial en 2017 de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. En el 2017 conforme al criterio del Consejo Académico, obtuvo la distinción de Proyecto de Grado Laureado con su proyecto de grado para optar al título de Ingeniera Industrial, denominado Modelo de ecuaciones estructurales para el estudio de la percepción de los estudiantes de pregrado de ingeniería industrial con el proyecto educativo de programa PEP.  
ORCID: 0000-0002-3885-2087
- L. Tovar-Sanchez**, recibe el título de Ing. Industrial en 2017 de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. En el 2017 conforme al criterio del Consejo Académico, obtuvo la distinción de Proyecto de Grado Laureado con su proyecto de grado para optar al título de Ingeniera Industrial, denominado Modelo de ecuaciones estructurales para el estudio de la percepción de los estudiantes de pregrado de ingeniería industrial con el proyecto educativo de programa PEP.  
ORCID: 0000-0001-7189-6180