

EST. 2021
EMC
EDITORIAL MAR CARIBE

ECUACIONES ESTRUCTURALES Y ANÁLISIS DE AGRUPAMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD EN EDUCACIÓN SUPERIOR

ISBN: 978-9915-698-26-7



ESCRITO POR:
José Ricardo Rasilla Rovegno
Omar Tupac Amaru Castillo Paredes
Jorge Amador Lopez Herrera
Víctor Manuel Asenjo Castro
Jose Farfán García
Teodoro Moore Flores
Santiago Rodolfo Aguilar Loyaga

Ecuaciones estructurales y análisis de agrupamiento para la evaluación de la calidad en educación superior

Rasilla Rovegno, José Ricardo; Castillo Paredes, Omar Tupac Amaru; Lopez Herrera, Jorge Amador; Asenjo Castro, Víctor Manuel; Farfán García, Jose; Moore Flores, Teodoro; Aguilar Loyaga, Santiago Rodolfo

© Rasilla Rovegno, José Ricardo; Castillo Paredes, Omar Tupac Amaru; Lopez Herrera, Jorge Amador; Asenjo Castro, Víctor Manuel; Farfán García, Jose; Moore Flores, Teodoro; Aguilar Loyaga, Santiago Rodolfo, 2025

Primera edición (1ra. ed.): Agosto, 2025

Editado por:

Editorial Mar Caribe ®

www.editorialmarcaribe.es

Av. Gral. Flores 547, 70000 Col. del Sacramento, Departamento de Colonia, Uruguay.

Diseño de carátula e ilustraciones: *Isbelia Salazar Morote*

Libro electrónico disponible en:

<https://editorialmarcaribe.es/ark:/10951/ISBN.9789915698267>

Formato: Electrónico

ISBN: 978-9915-698-26-7

ARK: [ark:/10951/ISBN.9789915698267](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:org:ark:10951-ISBN.9789915698267)

Editorial Mar Caribe (OASPA): Como miembro de la Open Access Scholarly Publishing Association, apoyamos el acceso abierto de acuerdo con el código de conducta, la transparencia y las mejores prácticas de OASPA para la publicación de libros académicos y de investigación. Estamos comprometidos con los más altos estándares editoriales en ética y deontología, bajo la premisa de «Ciencia Abierta en América Latina y el Caribe»

OASPA

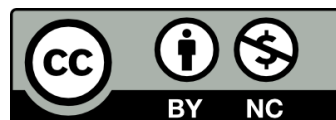
Editorial Mar Caribe, firmante N° 795 de 12.08.2024 de la [Declaración de Berlín](#)

"... Nos sentimos obligados a abordar los retos de Internet como medio funcional emergente para la distribución del conocimiento. Obviamente, estos avances pueden modificar significativamente la naturaleza de la publicación científica, así como el sistema actual de garantía de calidad..." (Max Planck Society, ed. 2003., pp. 152-153).



[CC BY-NC 4.0](#)

Los autores pueden autorizar al público en general a reutilizar sus obras únicamente con fines no lucrativos; los lectores pueden utilizar una obra para generar otra, siempre que se dé crédito a la investigación, y conceden al editor el derecho a publicar primero su ensayo bajo los términos de la licencia CC BY-NC 4.0.



Editorial Mar Caribe se adhiere a la "Recomendación relativa a la preservación del patrimonio documental, comprendido el patrimonio digital, y el acceso al mismo" de la UNESCO y a la Norma Internacional de referencia para un sistema abierto de información archivística ([OAIS-ISO 14721](#)). Este libro está preservado digitalmente por ARAMEO.NET

ARAMEO.NET

Editorial Mar Caribe

**Ecuaciones estructurales y análisis de agrupamiento
para la evaluación de la calidad en educación
superior**

2025

Índice

Introducción	8
Capítulo 1	11
Fundamentos de las Ecuaciones Estructurales para la Evaluación de la Calidad.....	11
1.1 La Necesidad de un Análisis Estructural en la Calidad Educativa	12
1.1.1 Componentes Básicos de un Modelo de EE.....	13
1.1.2 Los Modelos de Medida: Validación de Constructos de Calidad.....	13
1.2 Los Modelos Estructurales: Estimación de Relaciones Causales.	14
1.2.1 La Ecuación Estructural.....	15
1.2.2 Tipos de Relaciones	15
1.2.3 Evaluación del Ajuste del Modelo (Model Fit).....	15
Tabla 1	16
<i>Niveles de significancia del Modelo Fit</i>	<i>16</i>
1.3 Modelado de la Estructura Causal en la Gestión de la Educación Superior: El Rol del MEE	17
1.3.1 La Gestión Educativa como Sistema de Relaciones Causales	17
1.3.2 Componentes Clave del Modelo Causal en GES.....	18
Tabla 2	18
<i>Componentes del modelo causal en gestión de la educación superior</i>	<i>18</i>
1.4 Modelado de Impacto para la Toma de Decisiones Estratégicas.	19
1.4.1 Normativa Legal Vigente para la Gestión de Alta Dirección en Educación	20
1.4.2 Normativa de Gobierno y Estructura Institucional	22
1.4.3 Normativa de Gestión Financiera y Transparencia	22
1.4.4 Normativa de Gestión Académica y Calidad.....	22

1.4.5 Normativa de Inclusión y Derechos Estudiantiles	23
1.4.6 Consecuencias del Incumplimiento Normativo	23
Capítulo 2	25
Fundamentos del Análisis de Agrupamiento y Clasificación de la Calidad	25
2.1 Concepto y Propósito del Análisis de Agrupamiento	26
2.1.1 Métodos Jerárquicos	27
2.1.2 Métodos No Jerárquicos o de Partición	28
2.1.3 Criterios de Validación del Agrupamiento	28
2.2 Capturar la Heterogeneidad: Políticas y Estrategias de Mejora Diferenciadas y Justas en Educación Superior	30
Tabla 3	31
<i>Tipologías de Calidad y sus Dimensiones</i>	31
2.2.1 Establecimiento de Criterios de Referencia Justos (<i>Benchmarking</i>)	32
Tabla 4	33
<i>Políticas de Intervención y Desarrollo</i>	33
2.2.2 Hacia una Evaluación de la Calidad Justa y Equitativa	34
2.3 Marco Regulatorio para la Gerencia de la Educación Superior en Perú	34
Tabla 5	35
<i>Disposiciones Clave para la Gerencia</i>	35
2.4 Entidades Reguladoras y Supervisoras	36
2.4.1 Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU)	36
2.4.2 Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa (SINEACE)	37
Capítulo 3	39

Aplicación Práctica del Análisis de Agrupamiento para la Segmentación de la Calidad Educativa	39
3.1 El Proceso de Segmentación de la Calidad: De los Datos a las Tipologías	40
3.1.1 Elección del Algoritmo y Determinación de K	41
3.1.2 Caracterización e Interpretación de los Clústeres.....	41
Tabla 6	42
<i>Ejemplo de Perfiles de Calidad en IES</i>	<i>42</i>
3.1.3 La Utilidad Estratégica: Focalización de Políticas de Mejora	43
Tabla 7	43
<i>Focalización y Diseño de Políticas Educativas</i>	<i>43</i>
3.2 Análisis de Agrupamiento para la Identificación de Tipologías de Calidad	44
3.3 Estrategias de la OECD para la Gestión de la Calidad en la Educación Superior de América Latina	47
3.3.1 Estrategias Clave para la Gestión de la Calidad en América Latina	48
3.3.2 Diversificación de Fuentes de Financiamiento y Eficiencia Interna.....	49
Capítulo 4	51
Integración Analítica: Uso de Puntuaciones Factoriales de EE en el Análisis de Agrupamiento	51
Tabla 8	52
<i>Ventajas de Usar Puntuaciones Factoriales en el Agrupamiento.....</i>	<i>52</i>
4.1 Profundizando el Entendimiento de la Calidad	53
4.1.1 Análisis de Agrupamiento (Conglomerados) para la Gestión del Conocimiento en la Educación Superior	54
Tabla 9	55

<i>Agrupación de los académicos y del personal según sus perfiles de contribución al conocimiento</i>	55
4.1.2 Gestión de la Producción y Transferencia de Conocimiento (Conocimiento Explícito)	56
4.1.3 Gestión del Conocimiento para el Aprendizaje	56
4.1.4 Integración Estratégica para la Toma de Decisiones.....	57
4.2 Métodos Estadísticos de Árbol Aplicados a la Gestión Educativa	57
4.2.1 Fundamentos de los Árboles de Decisión (CART)	58
4.2.2 Aplicaciones de los Árboles en la Gestión Educativa	59
4.2.3 Métodos Avanzados Basados en Árboles	59
4.2.4 Consideraciones Gerenciales para la Implementación	60
4.3 Estrategias de la UNESCO para mejorar la calidad de la educación superior en América Latina	61
4.3.1 El Rol del Aseguramiento de la Calidad y la Transparencia.	63
Capítulo 5.....	65
Componentes del Análisis Estructural en la Educación: El Modelo de Ecuaciones Estructurales (MEE).....	65
5.1 El Modelo de Medida (Análisis Factorial Confirmatorio - CFA) .	66
Tabla 10	67
<i>Variables latentes y observadas en el contexto educativo</i>	67
Tabla 11	68
<i>Efectos directos e indirectos en el sistema educativo</i>	68
Tabla 12	69
<i>Significancia e índice de errores del modelo</i>	69
5.2 Análisis de Agrupamiento para Descubrir la Diversidad y la Heterogeneidad de la Calidad en la Educación Superior.....	70

5.3 Control de la Calidad y la Productividad en Educación Superior:	
 Estadística Inferencial	72
 5.3.1 La Importancia de la Representatividad.....	75
Conclusión	76
Bibliografía	79

Introducción

La calidad en la educación superior es un tema central y de debate constante en la agenda académica y política a nivel global. Su evaluación rigurosa y multidimensional es fundamental para la rendición de cuentas, la toma de decisiones informadas y, en última instancia, para la mejora continua de las instituciones educativas. Este libro aborda la evaluación de la calidad desde una perspectiva cuantitativa y analítica avanzada, presentando dos metodologías estadísticas robustas y complementarias: las ecuaciones estructurales (EE) y el análisis de agrupamiento (o clúster).

Tradicionalmente, la evaluación de la calidad se ha apoyado en indicadores descriptivos o en análisis bivariados que, si bien útiles, a menudo simplifican de manera excesiva la complejidad inherente al fenómeno educativo. La calidad es un constructo latente, influido por múltiples factores interrelacionados (como el currículo, los recursos, la docencia, los resultados de aprendizaje, etc.). Para modelar esta complejidad, las ecuaciones estructurales se erigen como una herramienta indispensable. Esta técnica multivariante permite testear teorías causales al examinar las relaciones entre múltiples variables observadas y constructos latentes, ofreciendo una visión profunda de cómo los distintos componentes del sistema educativo interactúan y contribuyen a la calidad percibida o medida.

Por otro lado, la calidad no es un monolito; las instituciones y los programas de educación superior presentan diversos perfiles de calidad. El análisis de agrupamiento ofrece un medio para identificar y caracterizar grupos homogéneos de instituciones o programas dentro de una población heterogénea, a partir de un conjunto de indicadores de calidad. Esta técnica de clasificación no supervisada permite a los gestores educativos y a los stakeholders identificar patrones distintivos, lo que facilita la formulación de políticas diferenciadas y de estrategias de mejora más focalizadas y efectivas.

Este libro tiene un doble propósito. Primero, servir como guía práctica y conceptual sobre cómo aplicar las ecuaciones estructurales y el análisis de agrupamiento, en particular en el contexto de la evaluación de la calidad universitaria. Segundo, demostrar la potencia sinérgica de integrar ambas metodologías: las EE para modelar la estructura interna de la calidad (la causa) y el análisis de agrupamiento para clasificar los resultados de calidad (el efecto y la diversidad).

La obra está dirigida a investigadores en educación, analistas de datos institucionales, evaluadores de la calidad y estudiantes de posgrado interesados en aplicar técnicas estadísticas avanzadas para abordar problemas complejos en la educación superior. A través de la sistematización de los autores, se guiará al lector hacia los fundamentos teóricos, los supuestos estadísticos, la aplicación práctica mediante software especializado y la interpretación crítica de los resultados, utilizando ejemplos concretos del ámbito universitario. Esperamos que este material se convierta en una herramienta valiosa para elevar el rigor metodológico y la profundidad analítica en la importante tarea de evaluar y mejorar la calidad de la educación superior.

La evaluación de la calidad en la educación superior (ES) se enfrenta a un desafío fundamental: su naturaleza inherentemente multidimensional y compleja. Los sistemas de aseguramiento de la calidad y las instituciones universitarias manejan grandes volúmenes de datos e indicadores (tasa de retención, productividad académica, resultados de aprendizaje, percepción estudiantil), pero la calidad en sí misma es un constructo latente que no puede medirse directamente con una única variable.

Existe una incapacidad para examinar y validar empíricamente las complejas relaciones estructurales (causa y efecto) entre los múltiples factores que se teorizan como determinantes de la calidad (por ejemplo, cómo la inversión en recursos afecta la calidad docente y, en consecuencia, los resultados de aprendizaje). Estos métodos tradicionales no permiten distinguir entre variables observadas y constructos latentes, lo que impide una contrastación rigurosa de los modelos teóricos de calidad.

Además, se tiende a tratar a las instituciones o programas de ES como una población homogénea, aplicando las mismas métricas o esperando los mismos promedios. Esta aproximación ignora la diversidad de perfiles de calidad (perfiles de excelencia, de enfoque en la investigación o de impacto social específico) que coexisten en el sistema, lo cual resulta esencial para una formulación diferenciada y justa de políticas y estrategias de mejora.

En consecuencia, existe una brecha significativa en la literatura especializada y en la práctica institucional respecto de la aplicación integrada y contextualizada de herramientas multivariantes avanzadas, como las Ecuaciones Estructurales (EE) para la validación de modelos causales y el Análisis de Agrupamiento (*Clúster Análisis*) para la identificación de tipologías de calidad. Esta falta de guía metodológica rigurosa limita la capacidad de los analistas e investigadores para generar evidencia robusta, sofisticada y de alto poder explicativo para la toma de decisiones.

En este sentido, el objetivo es proporcionar un marco metodológico completo y una guía práctica para la aplicación rigurosa e integrada de las Ecuaciones Estructurales (EE) y del Análisis de Agrupamiento (Clúster Análisis) como herramientas avanzadas para la evaluación, el modelado y la clasificación de la calidad en el contexto de la educación superior. Los autores buscan establecer las bases conceptuales y estadísticas de las ecuaciones estructurales, enfocándose en la validación de constructos latentes de calidad (Modelos de medida) y en la estimación de las relaciones causales entre ellos (Modelos estructurales).

Capítulo 1

Fundamentos de las Ecuaciones Estructurales para la Evaluación de la Calidad

Este capítulo establece las bases conceptuales y estadísticas de las Ecuaciones Estructurales (EE), una metodología clave para modelar la complejidad de la calidad en la educación superior. Nos centraremos en su capacidad para validar los constructos teóricos de calidad (Modelos de Medida) y para testear las hipótesis sobre las relaciones de influencia o causalidad entre ellos (Modelos Estructurales).

La utilización de ecuaciones estructurales para evaluar la calidad en la educación superior es un enfoque que se ha mostrado efectivo en diversos contextos. Un ejemplo destacado es el estudio del modelo de criterios de excelencia en educación del Malcolm Baldrige National Quality Award (MBNQA), que aplica modelos de ecuaciones estructurales confirmatorias para evaluar las relaciones causales entre distintos componentes de la educación superior. Este enfoque ha demostrado que el liderazgo es un motor clave de todos los componentes del sistema Baldrige, que incluyen la medición, el análisis y la gestión del conocimiento, la planificación estratégica, el enfoque en el personal y la gestión de procesos. Cada uno de estos componentes está significativamente vinculado a los resultados organizacionales, representados por el rendimiento organizacional y el enfoque en los estudiantes, las partes interesadas y el mercado (Badri et al., 2006).

En el contexto europeo, específicamente en la República Checa, se ha investigado cómo los sistemas de gestión de la calidad, como el estándar ISO 9001, pueden desarrollarse y evaluarse en las universidades. Este estudio resalta la importancia de implementar modelos de excelencia como respuesta a las demandas de la comunidad y el papel crucial que

estos desempeñan para garantizar y evaluar la calidad de la educación (Vykydal et al., 2020).

Además, se ha reflexionado sobre la aplicación de la gestión de la calidad total (TQM) en las instituciones de educación superior del Reino Unido, un enfoque que se originó en la industria y que ha sido adaptado al contexto educativo. La TQM ha demostrado su eficacia al mejorar el rendimiento estudiantil, los servicios y la satisfacción del cliente en aquellas instituciones que la han implementado con éxito (Kanji et al., 1999).

Por otro lado, un estudio realizado en India propone una escala de calidad transformativa (TRFQ) para las escuelas de negocios, basada en cinco dimensiones que incluyen la confianza crítica y la conciencia general. Este enfoque busca equilibrar la inclusión y el acceso con la excelencia y la calidad, y se presenta como un ideal utópico pero necesario para las instituciones educativas de países en desarrollo (Gill et al., 2021).

En conjunto, estos estudios enfatizan que el uso de ecuaciones estructurales y la incorporación de modelos de gestión de la calidad provenientes de la industria pueden ofrecer enfoques sistemáticos y cuantificables para evaluar y mejorar la calidad educativa en las instituciones de educación superior. Sin embargo, también es crucial que estos modelos se adapten para preservar los valores tradicionales de la educación, como la libertad académica, al tiempo que respondan a las necesidades y demandas contemporáneas del sector educativo.

1.1 La Necesidad de un Análisis Estructural en la Calidad Educativa

La calidad en la educación superior (ES), al igual que constructos como la satisfacción, el clima laboral o el rendimiento, es una variable latente. Esto significa que no es observable ni medible directamente mediante un único ítem, sino que se infiere a partir de un conjunto de indicadores medibles o variables observadas.

Las metodologías tradicionales (como la regresión lineal simple o el análisis de varianza) presentan limitaciones al tratar de variables latentes, ya que asumen que las variables observadas miden perfectamente el constructo, sin considerar el error de medición. Las Ecuaciones Estructurales superan esta limitación al ofrecer un marco estadístico que:

- Permite modelar el error de medición y obtener estimaciones de parámetros más precisas.
- Facilita la contrastación simultánea de múltiples relaciones entre variables.
- Permite validar modelos teóricos complejos que representan la estructura subyacente de la calidad.

1.1.1 Componentes Básicos de un Modelo de EE

Un modelo de Ecuaciones Estructurales se compone de tres tipos de elementos principales:

- **Variables Observadas (Indicadores o Ítems):** Son las variables que se miden directamente (p. ej., "puntuación en el examen", "número de publicaciones", "satisfacción con el docente").
- **Variables Latentes (Constructos):** Son variables teóricas que no se miden directamente (p. ej., "Calidad Docente", "Recursos de Aprendizaje", "Resultados de Aprendizaje").
- **Errores:** Incluyen el error de medición (asociado a la medición de las variables latentes mediante sus indicadores) y el error estructural (la varianza no explicada en las ecuaciones de regresión entre constructos).

1.1.2 Los Modelos de Medida: Validación de Constructos de Calidad

El Modelo de Medida (también conocido como Análisis Factorial Confirmatorio, o CFA) es la primera y crucial parte de cualquier análisis de EE. Su objetivo es validar empíricamente cómo las variables latentes (constructos de calidad) se miden mediante sus respectivos indicadores (Hauptman, 2020).

- **Conceptos Clave en la Medición**

- **Factor:** Es la variable latente o constructo (p. ej., "Calidad Curricular").
- **Cargas Factoriales (λ):** Son los coeficientes que indican la fuerza de la relación entre el indicador y el constructo latente. Una carga alta y significativa indica que el ítem es una buena medida del constructo.
- **Confiabilidad (Reliability):** El grado en que una medida está libre de errores de medición. En EE, se evalúa mediante la Confiabilidad Compuesta (CR), que debe ser ≥ 0.70 .
- **Validez (Validity):** El grado en que la medida representa el constructo que se supone que debe medir. Se descompone en:
 - **Validez Convergente:** Grado en que los distintos indicadores de un mismo constructo se correlacionan entre sí. Se evalúa con la varianza media extraída (AVE), que debe ser ≥ 0.50 .
 - **Validez Discriminante:** Grado en que un constructo es empíricamente distinto de los demás constructos del modelo. Se evalúa típicamente comparando la raíz cuadrada del AVE con las correlaciones entre los constructos.

El proceso de validación asegura que los constructos de calidad, como la *Calidad Docente* o los *Recursos Institucionales*, son medidas válidas y confiables antes de emplearlos para evaluar relaciones causales.

1.2 Los Modelos Estructurales: Estimación de Relaciones Causales

Una vez que el Modelo de Medida ha sido validado, el análisis pasa al Modelo Estructural. Esta fase se enfoca en evaluar las relaciones de influencia o de causalidad entre las variables latentes.

1.2.1 La Ecuación Estructural

El núcleo del modelo estructural es un conjunto de ecuaciones de regresión lineal en las que las variables dependientes son constructos latentes. Por ejemplo:

$$\text{Satisfacción Estudiantil} = \gamma_1 (\text{Calidad Docente}) + \beta_1 (\text{Recursos}) + \zeta$$

Donde:

- **γ y β (Coeficientes estructurales):** indican la dirección y la magnitud de la influencia de una variable latente sobre otra (el camino o *path*). Un coeficiente positivo y significativo respalda la hipótesis de que un constructo influye en otro.
- **ζ (Error Estructural o Residual):** Representa la varianza de la variable latente dependiente que no está explicada por las variables latentes predictoras.

1.2.2 Tipos de Relaciones

- **Efecto Directo:** La influencia directa de una variable latente predictora sobre otra variable latente dependiente (p. ej., Calidad Docente $\rightarrow$ Resultados de Aprendizaje).
- **Efecto Indirecto (Mediación):** La influencia de una variable latente sobre otra a través de una tercera variable latente (p. ej., Recursos Institucionales $\rightarrow$ Calidad Docente $\rightarrow$ Resultados de Aprendizaje). La Calidad Docente actuaría como mediadora entre los Recursos y los Resultados.

La capacidad de testear hipótesis de mediación y moderación es una de las mayores fortalezas de las EE, lo que permite un análisis causal matizado de los procesos de calidad (Hauptman, 2020).

1.2.3 Evaluación del Ajuste del Modelo (Model Fit)

Todo modelo de EE es una representación de la realidad, por lo que es necesario evaluar hasta qué punto se ajusta la estructura teórica

propuesta a los datos observados. Esto se realiza mediante diversos índices de ajuste (o *fit índices*) (véase Tabla 1):

Tabla 1

Niveles de significancia del Modelo Fit

Índice	Descripción	Criterio de Buen Ajuste	Interpretación
Chi-Cuadrado (χ^2)	Evalúa la diferencia entre la matriz de covarianza observada y la matriz implícita del modelo.	$p > 0.05$ (aunque es sensible al tamaño de la muestra)	Mide la exactitud del ajuste.
RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation)	Mide el error de aproximación por grado de libertad.	0.08 (aceptable); 0.05 (bueno)	Mide qué tan cerca está el modelo de un ajuste perfecto en la población.
CFI (Comparative Fit Index)	Mide la mejora del ajuste del modelo propuesto frente a un modelo nulo.	0.90 (aceptable); 0.95 (bueno)	Índice de ajuste incremental.
SRMR (Standardized Root Mean Square Residual)	Es la media estandarizada de las diferencias entre las covarianzas observadas y las esperadas.	0.08	Mide el promedio de los residuos de covarianza.

Un buen modelo de EE para la evaluación de la calidad es aquel que cumple los criterios de validez y confiabilidad en su Modelo de Medida y presenta un ajuste global adecuado en su Modelo Estructural, lo que valida las hipótesis teóricas planteadas (Marques et al., 2017).

Las Ecuaciones Estructurales ofrecen el marco estadístico más avanzado para analizar la complejidad de la calidad en la educación superior. Al permitir la validación rigurosa de constructos latentes mediante los Modelos de Medida y la estimación de relaciones causales intrincadas mediante los Modelos Estructurales, las EE proporcionan a los investigadores y evaluadores de la calidad una herramienta esencial para ir más allá de la mera descripción y adentrarse en la explicación y la predicción de los fenómenos educativos.

1.3 Modelado de la Estructura Causal en la Gestión de la Educación Superior: El Rol del MEE

La gestión de la educación superior (GES) implica la toma de decisiones estratégicas en un entorno complejo e interconectado. Para optimizar el rendimiento institucional y la calidad, los gestores necesitan ir más allá de la mera descripción de los datos. Necesitan comprender las relaciones causales subyacentes: cómo una inversión o un cambio en una área (por ejemplo, los recursos docentes) impacta en los resultados clave (por ejemplo, el rendimiento estudiantil). El Modelado de Ecuaciones Estructurales (MEE) se establece como la herramienta analítica fundamental para modelar y validar esta estructura causal.

1.3.1 La Gestión Educativa como Sistema de Relaciones Causales

La gestión de la educación superior opera como un sistema en el que múltiples factores se influyen mutuamente. Un enfoque descriptivo solo identifica correlaciones, mientras que un enfoque estructural modela los caminos de influencia, lo que permite una gestión basada en la evidencia de los procesos (Tight, 2020).

- Ventajas del MEE para la Gestión**

- **Manejo de Constructos Latentes:** Permite a los gestores evaluar conceptos abstractos pero vitales (como el Clima Organizacional, la Eficacia Docente o la Calidad del Liderazgo), cruciales para la gestión, pero que no pueden medirse con un único indicador.
- **Validación de Teorías de Gestión:** El MEE permite evaluar modelos teóricos complejos que postulan cómo las variables de gestión se relacionan con los resultados (p. ej., ¿el liderazgo transformacional influye directamente en el rendimiento o lo hace indirectamente a través de la satisfacción docente?).
- **Análisis de Mediación y Moderación:** Permite identificar variables clave que actúan como puentes (mediadores) o como factores que modifican la fuerza de las relaciones (moderadores). Esto es vital para dirigir las intervenciones.

1.3.2 Componentes Clave del Modelo Causal en GES

Al aplicar el MEE a la gestión educativa, el enfoque se centra en el Modelo Estructural y utiliza los constructos validados del Modelo de Medida (véase la Tabla 2).

Tabla 2

Componentes del modelo causal en gestión de la educación superior

Componente	Aplicación a la Gestión de la ES
Variables Predictoras (Exógenas)	Decisiones de Gestión: Inversión en TIC, autonomía curricular, tipo de liderazgo (p. ej., autocrático vs. distribuido), políticas de retención de talento.
Variables Intermedias (Endógenas)	Procesos clave: satisfacción docente, cultura de la investigación, clima organizacional, compromiso estudiantil. Estos son los mecanismos mediante los cuales se toman las decisiones de gestión.

Componente	Aplicación a la Gestión de la ES
Variables de Resultado (Endógenas)	Indicadores de Éxito: rendimiento estudiantil, tasa de graduación, eficiencia terminal, producción científica y percepción de la calidad.
Coefficientes Estructurales (γ, β)	La evidencia de la eficacia gerencial muestra la magnitud de la influencia de una variable de gestión sobre un resultado (p. ej., un coeficiente alto y positivo entre 'Inversión en Desarrollo Profesional Docente' y 'Eficacia Docente' valida la política).

La gestión exitosa rara vez opera a través de efectos directos. El MEE es ideal para analizar la mediación .

- **Hipótesis de Mediación:** Una política o acción de gestión (X) afecta un resultado (Y) a través de una variable intermedia (M).
- **Ejemplo Práctico:** La Autonomía Docente (X) no influye directamente en la Calidad de la Enseñanza (Y), sino que lo hace de manera indirecta a través de la Motivación Docente (M).

$\text{Autonomía Docente} \rightarrow \text{Efecto Indirecto}$
 $\text{Motivación Docente} \rightarrow \text{Efecto Directo}$
 $\text{Calidad de la Enseñanza}$

Para la gestión, identificar M (Motivación Docente) es crítico, pues constituye el punto de apalancamiento en el que las intervenciones deben concentrarse para maximizar el retorno de la política de autonomía.

1.4 Modelado de Impacto para la Toma de Decisiones Estratégicas

El MEE transforma los datos de gestión en simulaciones estratégicas al permitir a los gestores cuantificar el impacto esperado de un cambio. Dado que los coeficientes estructurales están estandarizados, indican el

cambio esperado en una variable de resultado (en desviaciones estándar) ante un cambio en una variable predictora.

- **Escenario de Gestión:** Si el coeficiente estructural estandarizado entre Liderazgo Distribuido y Compromiso Docente es $\beta = 0.50$, esto significa que una mejora de una desviación estándar en el Liderazgo Distribuido se asocia con una mejora de la media de desviación estándar en el Compromiso Docente.
- **Priorización de Recursos:** Los gestores pueden utilizar esta información para priorizar inversiones en aquellas áreas que presentan los mayores efectos totales (directos e indirectos) sobre los indicadores de calidad deseados.

Igualmente importante es identificar las relaciones que, aunque teóricamente esperadas, resultan no significativas.

- **Detección de Ineficiencia:** Si la inversión en un nuevo sistema de evaluación (X) no muestra una relación significativa con la Mejora Continua de los Programas (Y), el MEE aporta evidencia para reevaluar o discontinuar esa política, liberando recursos para otras áreas con impacto comprobado.

El modelado de ecuaciones estructurales es más que una técnica estadística; es un marco de trabajo para la gestión basada en la evidencia. Al descomponer la complejidad del sistema educativo en relaciones causales validadas, el MEE dota a los gestores de la capacidad de entender el *porqué* de los resultados, permitiéndoles tomar decisiones estratégicas, predecir el impacto de sus acciones y dirigir los recursos hacia los puntos de apalancamiento que realmente impulsan la calidad en la educación superior (Hauptman, 2020).

1.4.1 Normativa Legal Vigente para la Gestión de Alta Dirección en Educación

La gestión de alta dirección en el ámbito educativo no opera en un vacío; está intrínsecamente regulada por un complejo marco normativo que define sus límites, responsabilidades y el alcance de su autonomía.

Este proyecto aborda los principales niveles y áreas de la normativa vigente que el equipo directivo de una institución educativa superior debe dominar para garantizar la legalidad, la transparencia y la eficacia de sus decisiones. La normativa aplicable a la educación superior (ES) se estructura en varios niveles jerárquicos, desde las leyes fundamentales hasta las regulaciones internas.

- **Nivel Constitucional y Leyes Orgánicas**

- **La Constitución** establece el derecho fundamental a la educación y la libertad de cátedra. Define si la educación es un servicio público, un derecho social o ambos, sentando las bases para la autonomía universitaria. La alta dirección debe asegurarse de que todas las políticas internas respeten estos derechos fundamentales.
- **Leyes Orgánicas de Educación Superior (LOES o equivalente):** constituyen el cuerpo legal más importante. Define:
 - La naturaleza jurídica de las instituciones (públicas, privadas, con fines de lucro o sin fines de lucro).
 - La autonomía universitaria (académica, financiera y de gobierno) y sus límites.
 - La estructura de gobierno (roles del Consejo Superior, de la Rectoría y de las asambleas).
 - Los principios de aseguramiento de la calidad, de evaluación y de acreditación.

- **Nivel Regulatorio y Decretos Ejecutivos**

Este nivel incluye reglamentos específicos emitidos por el poder ejecutivo o por los ministerios de educación. Regularn aspectos detallados como la titulación, la homologación de estudios y los estándares mínimos de infraestructura y calidad.

- **Áreas Clave de la Normativa para la Alta Dirección**

La gestión de la alta dirección se centra en áreas críticas y altamente reguladas para garantizar la transparencia y la rendición de cuentas.

1.4.2 Normativa de Gobierno y Estructura Institucional

- **Estatutos y Reglamentos Internos:** son la normativa propia de la institución. La alta dirección (Rectoría y Consejo) es responsable de su cumplimiento, actualización y aplicación. Estos definen los procesos de elección de autoridades, las funciones exactas de cada cuerpo colegiado y los mecanismos de participación de la comunidad (docentes, estudiantes, personal administrativo) (Fuadi et al., 2025).
- **Régimen de Autonomía:** La dirección debe ejercer la autonomía dentro de los límites legales, especialmente en las áreas financieras (gestión de presupuestos) y académicas (diseño curricular). Cualquier extralimitación puede dar lugar a la intervención de los órganos reguladores.

1.4.3 Normativa de Gestión Financiera y Transparencia

- **Régimen Presupuestario y de Contratación Pública:** Aplica especialmente a las instituciones públicas. Regula la elaboración de los presupuestos, la ejecución de los gastos y las compras y contrataciones de bienes y servicios. El incumplimiento en esta área puede acarrear responsabilidades civiles y penales para los directivos.
- **Transparencia y Acceso a la Información:** Las leyes obligan a las instituciones, en especial las que reciben fondos públicos, a publicar información detallada sobre su presupuesto, los salarios de sus directivos, los procesos de contratación y los resultados de calidad. La alta dirección es la garante del cumplimiento de estos portales de transparencia.

1.4.4 Normativa de Gestión Académica y Calidad

- **Aseguramiento de la Calidad y Acreditación:** Regulación de las agencias de evaluación de la calidad. La alta dirección debe liderar

los procesos de autoevaluación y rendición de cuentas, asegurando que los programas y la institución cumplan con los estándares mínimos y los indicadores establecidos por ley para mantener o renovar su acreditación (Marques et al., 2017).

- **Régimen Docente y de Investigación:** Normativa que regula las condiciones laborales de los académicos (escalafón, dedicación horaria, evaluaciones de desempeño) y las políticas de propiedad intelectual y de ética en la investigación. El incumplimiento afecta directamente la productividad académica.

1.4.5 Normativa de Inclusión y Derechos Estudiantiles

- **Inclusión y No Discriminación:** Leyes que obligan a las instituciones a implementar políticas de acceso equitativo, adaptaciones curriculares y entornos libres de discriminación por motivos de género, etnia o discapacidad.
- **Reglamento Estudiantil y Debido Proceso:** La dirección debe garantizar que los procesos disciplinarios o académicos que afecten a los estudiantes se realicen bajo estricto apego al debido proceso y al derecho a la defensa.

1.4.6 Consecuencias del Incumplimiento Normativo

El conocimiento de la normativa no es una opción, sino un requisito esencial de la gobernanza universitaria. El incumplimiento puede llevar a:

- **Sanciones Institucionales:** Retiro de la acreditación de programas, limitación de la oferta académica o, en casos extremos, la clausura de la institución.
- **Responsabilidad Personal de los Directivos:** Sanciones administrativas, multas, inhabilitación para ejercer cargos públicos o incluso procesos penales por malversación o fraude.

La gestión de la alta dirección en educación se basa en la legalidad, la transparencia y la rendición de cuentas. La normativa vigente actúa como el marco que, si bien limita la discrecionalidad, también otorga la

legitimidad necesaria para la toma de decisiones estratégicas, asegurando que la autonomía universitaria se ejerza en función del interés público y de la mejora continua de la calidad educativa (Hauptman, 2020).

Capítulo 2

Fundamentos del Análisis de Agrupamiento y Clasificación de la Calidad

Este capítulo aborda la segunda metodología fundamental del libro: el análisis de agrupamiento (o clústering). Se establecerán sus bases conceptuales, se describirán sus principales algoritmos y se presentarán los criterios esenciales para validar la calidad de la clasificación, todo ello enfocado en la identificación de perfiles y tipologías de calidad en la educación superior (ES).

El análisis de agrupamiento y clasificación desempeña un papel fundamental en la gestión de la calidad en la educación superior, proporcionando métodos estadísticos para analizar datos que mejoran la comprensión y la gestión de los recursos educativos. Por ejemplo, el artículo "Mapping the quality assurance of teaching and learning in higher education" utiliza un análisis bibliométrico para mapear el desarrollo de la investigación sobre la garantía de la calidad en la educación superior e identificar grupos temáticos relacionados con la calidad de la enseñanza y el aprendizaje (Steinhardt et al., 2016).

En el ámbito tecnológico, el estudio "Using cluster analysis for data mining in educational technology research" destaca cómo el análisis de conglomerados ayuda a comprender el comportamiento de los estudiantes en entornos de aprendizaje en línea, mediante métodos como el agrupamiento jerárquico y el k-means para perfilar actividades de aprendizaje basadas en datos de servidores web (Antonenko et al., 2012).

Además, los métodos de minería de datos han demostrado ser efectivos para predecir el rendimiento académico de los estudiantes. Por ejemplo, el estudio "Student Performance Prediction Using Machine Learning Algorithms" discute el uso de algoritmos de aprendizaje automático para predecir el éxito académico y subraya la importancia de

adaptar los entornos de aprendizaje a los datos de rendimiento estudiantil (Ahmed, 2024).

La investigación "Leveraging AI and Machine Learning for National Student Survey" explora cómo los enfoques de aprendizaje automático y los métodos de agrupamiento pueden extraer información valiosa de los comentarios de los estudiantes para mejorar la calidad de la enseñanza (Nawaz et al., 2022).

En síntesis, estos estudios destacan que el análisis de agrupamiento y clasificación en la educación superior no solo mejora la gestión de la calidad al proporcionar enfoques sistemáticos y cuantitativos, sino que también adapta las prácticas de enseñanza para satisfacer mejor las necesidades y expectativas de los estudiantes.

2.1 Concepto y Propósito del Análisis de Agrupamiento

El Análisis de Agrupamiento es un conjunto de técnicas estadísticas no supervisadas cuyo objetivo es clasificar un conjunto de objetos (en este caso, instituciones, programas académicos o estudiantes) en grupos, o clústeres, de modo que:

- Los objetos dentro del mismo clúster sean lo más similares posible entre sí (alta homogeneidad interna).
- Los objetos entre clústeres diferentes sean lo más disímiles posible entre sí (alta heterogeneidad externa).

Su propósito en la evaluación de la calidad en la ES no es *explicar* las relaciones causales (como las ecuaciones estructurales), sino descubrir patrones naturales de agrupación en los datos (Marques et al., 2017). Esto permite pasar de un análisis del promedio general a la identificación de tipologías de calidad, por ejemplo, "Instituciones de Alta Investigación y Bajo Impacto Social" frente a "Instituciones de Alto Impacto Social y Media Investigación". La base de cualquier algoritmo de agrupamiento es la medida de distancia entre dos objetos. Las distancias más comunes son:

- **Distancia Euclidiana:** Es la distancia geométrica estándar "en línea recta" en un espacio multidimensional. Es la más utilizada, especialmente con variables continuas.
- **Distancia de Manhattan:** la suma de las diferencias absolutas de las coordenadas. Útil para minimizar el impacto de los valores atípicos (outliers).
- **Distancia de Mahalanobis:** Considera las correlaciones entre las variables y resulta útil cuando estas no son independientes (Du et al., 2017).

Los métodos de agrupamiento se dividen principalmente en jerárquicos y no jerárquicos (de partición):

2.1.1 Métodos Jerárquicos

Estos métodos construyen una estructura de árbol anidada (dendrograma) que ilustra la secuencia de fusiones o divisiones. Son útiles para explorar la estructura de los datos y determinar el número óptimo de clústeres.

- **Agrupamiento Jerárquico Aglomerativo (Ascendente):**
 - Comienza por cada objeto como un clúster individual.
 - En cada paso, fusiona los dos clústeres más cercanos o más similares.
 - Continúa hasta que todos los objetos estén en un único clúster.
 - **Medidas de Enlace Comunes:**
 - *Enlace Simple* (vecino más cercano): Distancia mínima entre dos objetos de distintos clústeres.
 - *Enlace Completo* (vecino más lejano): Distancia máxima.
 - *Enlace promedio: distancia* media entre todos los pares de objetos de distintos clústeres.

- **Método de Ward:** fusiona clústeres para minimizar la varianza dentro del clúster resultante, lo que tiende a generar clústeres de tamaño similar.

2.1.2 Métodos No Jerárquicos o de Partición

Estos métodos requieren que el analista especifique *a priori* el número de clústeres (K) deseado. Toman una partición inicial de los datos y luego iteran para mejorar la asignación de objetos.

- **Algoritmo K-medias (*K-means*):**
 - **Pasos:**
 1. Selecciona K puntos iniciales como centroides.
 2. Asigna cada objeto al centroide más cercano (según la distancia euclidiana).
 3. Recalcula el centroide como el promedio de todos los objetos asignados a ese clúster.
 4. Repite los pasos 2 y 3 hasta que los centroides ya no cambien significativamente o se alcance el máximo de iteraciones.
 - **Ventajas:** Es eficiente y escalable para grandes conjuntos de datos.
 - **Limitaciones:** Sensible a la selección inicial de los centroides y a la presencia de valores atípicos. Asume clústeres esféricos.
- **Algoritmo K-medias (*K-medoids* o PAM):** similar a K-medias, pero utiliza un objeto real (el medoide) como centro del clúster en lugar del promedio. Es más robusto frente a *valores atípicos*.

2.1.3 Criterios de Validación del Agrupamiento

La parte más crítica del análisis consiste en determinar el número óptimo de clústeres (K) y evaluar la calidad o la robustez de la solución de

agrupamiento. La elección de K es a menudo subjetiva, pero se basa en métodos heurísticos e índices estadísticos:

- **Método del Codo (*Elbow Method*):** Se representa gráficamente la varianza intraclúster total (o la suma de los cuadrados de los errores, WSS) en función de K. El punto en el que la disminución de la varianza se vuelve marginal (el "codo") indica el valor óptimo de K.
- **Índice de Silueta (*Silhouette Index*):** Combina la cohesión (*qué tan bien se ajusta un objeto a su propio clúster*) y la separación (*qué tan bien se distingue de los demás clústeres*). Los valores más cercanos a +1 indican un agrupamiento claro y bien definido.
- **Índice de Calinski-Harabasz (*Varianza Razón Criterion*):** Mide la relación entre la varianza interclúster y la varianza intraclúster. Un valor mayor indica clústeres más densos y mejor separados.

Una vez seleccionado K, la solución debe validarse e interpretarse:

1. **Validación Interna (Consistencia Estadística):** Uso de índices, como la Silueta, para confirmar que la estructura de datos respalda la partición seleccionada.
2. **Validación Externa (Estabilidad):** Se reejecuta el análisis con muestras aleatorias del conjunto de datos original (remuestreo o *bootstrap*) para verificar que los objetos sean consistentemente asignados a los mismos clústeres, asegurando que la solución no sea un artefacto de la muestra.
3. **Interpretación y Caracterización:** Este paso cualitativo es vital en la evaluación de la calidad. Una vez que las instituciones están agrupadas, se deben describir los centroides (los valores promedio de cada variable de calidad por clúster) para nombrar y caracterizar cada perfil. Por ejemplo:
 - *Clúster 1: "Excelencia Total"* (Altos valores en Investigación, Docencia y Recursos).

- *Clúster 2: "Docencia Focalizada"* (Alto en Docencia, Medio en Investigación).
- *Clúster 3: "Emergente"* (con valores bajos en la mayoría de los indicadores).

Esta caracterización permite a las autoridades educativas formular políticas específicas para cada tipología. El análisis de agrupamiento es una herramienta poderosa para identificar la diversidad y la heterogeneidad de la calidad en la educación superior (Ruben, 2018). Al aplicar algoritmos como K-medias o el agrupamiento jerárquico y validar la solución mediante criterios robustos, los analistas pueden ir más allá del promedio y clasificar las instituciones en perfiles significativos. Esta comprensión tipológica es el complemento perfecto del modelado causal ofrecido por las Ecuaciones Estructurales, sentando las bases para una evaluación de la calidad verdaderamente integral y diferenciada.

2.2 Capturar la Heterogeneidad: Políticas y Estrategias de Mejora Diferenciadas y Justas en Educación Superior

El reconocimiento de que la calidad en la educación superior (ES) no es uniforme es fundamental para una gestión eficaz y equitativa. Tratar a instituciones o programas heterogéneos con políticas homogéneas conduce a la ineficiencia y la injusticia. Ahora bien, se profundiza en cómo la metodología de Análisis de Agrupamiento (*Cluster Analysis*), complementaria a la modelación causal del MEE, permite capturar esta heterogeneidad para formular políticas y estrategias de mejora diferenciadas y justas (Alao & Jagboro, 2017). Históricamente, muchos sistemas de evaluación y financiamiento en ES han operado bajo la premisa de la homogeneidad impuesta, utilizando promedios nacionales o métricas universales como único estándar de comparación.

- **Ineficiencia:** Una política diseñada para mejorar la productividad investigadora de las universidades de élite resulta ineficaz si se

aplica a instituciones con un enfoque primario en la docencia regional.

- **Injusticia:** Exigir los mismos resultados de retención o las mismas tasas de publicación a una institución con recursos limitados y una alta misión de inclusión social que a una universidad privada de alto costo y selectividad perpetúa la inequidad.

La clave para una gestión justa es reconocer que la misión y el contexto de las instituciones definen distintos perfiles de calidad válidos. El Análisis de Agrupamiento proporciona el marco estadístico para identificar estos perfiles naturales, permitiendo a los gestores "ver" la diversidad en los datos. Al aplicar el agrupamiento a las Puntuaciones Factoriales de calidad (purificadas por el MEE), se identifican las Tipologías de Calidad, que son grupos de instituciones con patrones similares en sus fortalezas y debilidades (véase la Tabla 3).

Tabla 3

Tipologías de Calidad y sus Dimensiones

Tipología (Clúster)	Perfil Dominante	Implicación para Políticas
Investigación Global	Alto en investigación, recursos y prestigio internacional.	Enfoque en la consolidación de la élite, la transferencia tecnológica y el posicionamiento global.
Docencia Focalizada	Alto en calidad docente, en el éxito estudiantil y en la vinculación con la comunidad local.	Enfoque en el desarrollo profesional docente continuo y en la adaptación curricular al entorno.
Baja Eficiencia	Altos recursos, pero bajos resultados de rendimiento.	Enfoque en la gestión interna, la eficiencia administrativa y el cambio de la cultura institucional.

Tipología (Clúster)	Perfil Dominante	Implicación para Políticas
Emergente/Inclusiva	Bajos recursos, alto compromiso social, retos en retención y en resultados.	Enfoque en el aumento de la financiación <i>per cápita</i> y en programas intensivos de apoyo estudiantil.

2.2.1 Establecimiento de Criterios de Referencia Justos (*Benchmarking*)

La segmentación facilita el benchmarking intraclúster. En lugar de comparar una institución de docencia focalizada con una élite global, se compara con sus pares genuinos de la misma tipología. Esto permite:

- **Identificar las Mejores Prácticas:** Analizar qué están haciendo las IES con el mejor rendimiento en un clúster específico para alcanzar la excelencia en su misión y contexto.
- **Definir Metas Realistas:** Establecer objetivos de mejora desafiantes pero alcanzables, minimizando la frustración y maximizando el compromiso institucional.

La comprensión de las tipologías es el primer paso; el segundo es traducir ese conocimiento en acción. Las políticas deben diseñarse para abordar el déficit específico y aprovechar la fortaleza distintiva de cada clúster. Los modelos de financiación deben reflejar la diversidad de perfiles:

- **Financiamiento Basado en Perfil:** Se debe asignar mayor peso a los indicadores de investigación del clúster global de investigación y a la tasa de graduación ajustada por inclusión del clúster inclusivo.
- **Inversión Focalizada:** Las asignaciones de capital deben destinarse a los puntos de apalancamiento (variables con alto efecto causal en el MEE) que resultan deficitarios en cada clúster. Por ejemplo, si el clúster "Emergente" tiene bajos puntajes en "Recursos

Bibliográficos", el financiamiento debe dirigirse específicamente a esa área. Las estrategias de mejora deben ser específicas al diagnóstico del clúster (véase la Tabla 4):

Tabla 4

Políticas de Intervención y Desarrollo

Tipología de Calidad	Diagnóstico Clave del Clúster	Estrategia de Mejora Diferenciada
Docencia Focalizada	Baja visibilidad de la investigación.	Creación de pequeños fondos semilla internos para proyectos de investigación aplicada y la promoción de la cultura de la <i>Scholarship of Teaching and Learning</i> (Rudolph et al., 2022).
Baja Eficiencia	Desconexión entre la gestión y los resultados.	Intervención en Liderazgo: Capacitación en liderazgo distribuido y en el análisis de procesos internos para eliminar cuellos de botella administrativos que obstaculizan la eficiencia.
Emergente/Inclusiva	Retos de permanencia y de baja tasa de éxito.	Programas intensivos de tutoría y mentoría temprana, financiación para la infraestructura de bienestar estudiantil y apoyo psicopedagógico.

Al diferenciar las políticas, la gestión se vuelve más precisa y el gasto público más eficiente.

2.2.2 Hacia una Evaluación de la Calidad Justa y Equitativa

Capturar la heterogeneidad y diseñar políticas diferenciadas es un imperativo ético además de una necesidad gerencial.

- **Fomento de la Misión:** Reconocer la diversidad valida las diferentes misiones institucionales (docencia, investigación, extensión, inclusión). Una evaluación justa respeta la trayectoria y el compromiso de la IES con su entorno y la evalúa según los indicadores centrales de su perfil.
- **Promoción de la Equidad:** Al dirigir recursos específicamente a los desafíos del clúster inclusivo o emergente, las políticas diferenciadas actúan como una herramienta para reducir las brechas del sistema y promover la equidad sistémica, en lugar de exigir una igualdad artificial de resultados (Andrade et al., 2024).

El análisis de agrupamiento aporta evidencia empírica para desmontar la falacia de la homogeneidad en la evaluación de la calidad. Al traducir las tipologías estadísticas en estrategias de mejora específicas, la gestión de la educación superior puede formular políticas que no solo son más efectivas en el logro de resultados, sino también, fundamentalmente, más justas para la diversidad de instituciones que componen el sistema.

2.3 Marco Regulatorio para la Gerencia de la Educación Superior en Perú

La gerencia de la educación superior (GES) en Perú está definida y limitada por un marco normativo dinámico, cuyo eje central es la Ley Universitaria. Los autores detallan los principales cuerpos legales y organismos reguladores que la alta dirección universitaria debe conocer para operar dentro de la legalidad, garantizar la calidad y fomentar la autonomía responsable (Leckey & Neill, 2001).

- **Eje Central: La Ley Universitaria (Ley N° 30220)**

La Ley Universitaria de 2014 es la columna vertebral del sistema regulatorio peruano. Reestructuró el sector, enfatizando la calidad, la transparencia y la rendición de cuentas.

- **Autonomía y Gobernanza**

La Ley define la autonomía universitaria en tres aspectos:

- **Académica:** Capacidad para aprobar planes de estudio, investigar y titular.
- **Administrativa:** Facultad para organizarse internamente y gestionar sus recursos humanos.
- **Económica:** Capacidad para administrar sus bienes y rentas.

Sin embargo, esta autonomía está sujeta a la supervisión de la calidad y al cumplimiento de la ley. La gerencia debe asegurar que la estructura de gobierno (Asamblea Universitaria, Consejo Universitario y Rectorado) cumpla con los roles y los periodos establecidos por la Ley (Véase la Tabla 5).

Tabla 5

Disposiciones Clave para la Gerencia

Área de Gestión	Mandato de la Ley Universitaria	Implicación Gerencial
Plana Docente	Establece el régimen de dedicación (tiempo completo, tiempo parcial) y la obligatoriedad de que los docentes cuenten con grado de maestro o doctor para la docencia universitaria.	Gestión del talento, planes de capacitación y reclutamiento de personal de alto nivel académico.
Investigación	Establece el Vicerrectorado de Investigación. La investigación es una función obligatoria y	Creación de una cultura de investigación, gestión de patentes y de

Área de Gestión	Mandato de la Ley Universitaria	Implicación Gerencial
	requiere la reinversión de utilidades (en universidades privadas) o un presupuesto específico (en universidades públicas).	<i>rankings</i> de producción científica.
Transparencia	Obliga a publicar información económica, de gestión y de resultados académicos de forma periódica.	Implementación de sistemas de información robustos y de portales de transparencia.
Aseguramiento	Vincula el licenciamiento y la acreditación con la continuidad de la operación.	Liderar procesos de mejora continua basados en indicadores de calidad.

2.4 Entidades Reguladoras y Supervisoras

La gestión universitaria debe interactuar con, y responder a, al menos dos organismos reguladores centrales que aplican la normativa:

2.4.1 Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU)

SUNEDU es el organismo técnico especializado responsable del licenciamiento, de la supervisión de las condiciones básicas de calidad (CBC) y de la fiscalización del uso de los recursos, especialmente en universidades privadas que reinvierten sus utilidades.

- **Licenciamiento:** La alta dirección debe asegurar el cumplimiento de las CBC (infraestructura, presupuesto, docentes, líneas de investigación) como requisito *sine qua non* para operar. La

denegatoria del licenciamiento implica la disolución de la universidad.

- **Supervisión:** SUNEDU fiscaliza la continuidad del cumplimiento de las CBC y aplica sanciones por infracciones a la Ley Universitaria, incluyendo la gestión financiera, el uso de grados académicos y la publicidad.

2.4.2 Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa (SINEACE)

SINEACE, a través del Consejo Nacional de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior Universitaria (CONEAU), gestiona los procesos de acreditación.

- **Acreditación:** Es un proceso **voluntario** (aunque es requerido para ciertas carreras de interés público). La acreditación certifica que la universidad o el programa cumple con estándares de calidad superiores a los CBC del licenciamiento.
- **Implicación Gerencial:** La alta dirección debe incentivar y financiar los procesos de autoevaluación y acreditación, ya que estos promueven la excelencia y la diferenciación en el mercado educativo.

La relación laboral con docentes y personal administrativo se rige por el régimen laboral aplicable a la institución (público o privado), que incluye la Ley Universitaria, las leyes de carrera administrativa y la legislación laboral general. La gerencia debe asegurar:

- El correcto régimen de contratación y el escalafón docente.
- El cumplimiento de derechos y deberes laborales para evitar conflictos y demandas.

Las instituciones, especialmente las públicas, están sujetas a la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública. La gerencia debe:

- Garantizar la publicación proactiva de información financiera, de personal y de gestión en sus portales web.

- Implementar mecanismos de control interno y de cumplimiento (*compliance*) para prevenir actos de corrupción y garantizar la integridad en el uso de fondos, especialmente en adquisiciones y concursos de plazas.

El dominio de este marco regulatorio es esencial. Para la gerencia de la educación superior en Perú, la ley no es una limitación, sino el fundamento de la legitimidad que permite ejercer la autonomía con responsabilidad y garantizar la calidad educativa.

Capítulo 3

Aplicación Práctica del Análisis de Agrupamiento para la Segmentación de la Calidad Educativa

Este capítulo se centra en la aplicación práctica de las técnicas de Análisis de Agrupamiento (*Cluster Analysis*) para segmentar instituciones de educación superior (IES) o programas académicos en grupos homogéneos de calidad. El objetivo es transformar la comprensión teórica de la diversidad en tipologías de calidad accionables que faciliten la focalización de las políticas de mejora educativa.

El análisis de agrupamiento es una técnica eficaz para segmentar la calidad educativa, pues permite identificar y agrupar patrones en grandes conjuntos de datos educativos. Este enfoque se ha demostrado efectivo en diversas aplicaciones en el ámbito de la educación superior, especialmente en la evaluación de la calidad educativa y en la predicción del rendimiento académico del estudiante (Ruben, 2018).

Por ejemplo, un estudio utilizó el análisis de agrupamiento en el ámbito de las tecnologías educativas para comprender el comportamiento de los estudiantes en entornos de aprendizaje en línea. Se utilizaron tanto el método de agrupamiento jerárquico como el método no jerárquico de k-means para analizar las características del comportamiento de aprendizaje de los estudiantes al resolver problemas en dicho entorno (Antonenko et al., 2012).

Otra aplicación práctica del análisis de agrupamiento es la segmentación de estudiantes según su rendimiento académico y su estilo cognitivo en entornos de aprendizaje electrónico. Este enfoque ayuda a adaptar mejor los materiales de aprendizaje a los estilos de aprendizaje de

los estudiantes, lo que mejora la eficacia del aprendizaje (Jovanovic et al., 2012).

Un estudio centrado en el seguimiento de la trayectoria digital de estudiantes en sistemas de gestión del aprendizaje (LMS) utilizó modelos de aprendizaje no supervisado, como BIRCH, DBSCAN y GMM, para identificar clústeres de estudiantes. Esto permitió correlacionar la participación del estudiante con los resultados académicos y predecir el abandono escolar en etapas tempranas (Pecuchova y Drlik, 2024).

Estos ejemplos destacan cómo el análisis de agrupamiento puede proporcionar una visión profunda de la segmentación y de la calidad educativa, permitiendo a las instituciones educativas desarrollar intervenciones específicas adaptadas a las necesidades particulares de los estudiantes y mejorar así la retención y el éxito académico.

3.1 El Proceso de Segmentación de la Calidad: De los Datos a las Tipologías

La aplicación del Análisis de Agrupamiento sigue un flujo de trabajo sistemático, esencial para garantizar resultados robustos y significativos en el contexto de la evaluación de la calidad. El éxito de la segmentación depende de las variables empleadas. En el contexto de la calidad educativa, estas variables pueden ser:

- **Indicadores Operacionales Directos:** tasas de titulación, tasas de retención, razón profesor/estudiante y resultados de exámenes estandarizados.
- **Puntuaciones Factoriales (Resultados de EE):** Las variables latentes de calidad (p. ej., Calidad Curricular, Eficacia de la Docencia, Resultados de Aprendizaje) obtenidas en la fase de Ecuaciones Estructurales son altamente recomendables, ya que miden constructos sin errores de medición, lo que mejora la precisión del agrupamiento.
- **Preparación de los Datos:**

- **Manejo de Outliers:** Identificación y mitigación del impacto de valores atípicos, especialmente al utilizar el algoritmo de K-medias.
- **Estandarización/Normalización:** Es un paso crucial. Dado que las variables de calidad suelen medirse en escalas diferentes (p. ej., porcentajes, puntajes de 0 a 100, número de publicaciones), es imperativo estandarizarlas (por ejemplo, a puntuaciones Z) para que todas contribuyan de manera equitativa a la medida de distancia.

3.1.1 Elección del Algoritmo y Determinación de K

1. **Exploración Jerárquica:** A menudo se inicia con un método jerárquico aglomerativo (en particular, el Método de Ward), que es robusto y ayuda a visualizar la estructura natural de los datos mediante un dendrograma .
2. **Determinación de K (Número de Clústeres):** Se utilizan métodos estadísticos y heurísticos para encontrar el número óptimo de grupos:
 - **Método del Codo (*Elbow*):** Se busca el punto de inflexión en el gráfico de la inercia total.
 - **Índice de Silueta:** Se elige el número de clústeres que maximiza el valor promedio de la silueta.
3. **Aplicación No Jerárquica (*K-means*):** Una vez que el número K ha sido sugerido por los métodos jerárquicos y validado, se aplica el algoritmo K-means con K seleccionado. El K-medias se prefiere como solución final en grandes conjuntos de datos por su eficiencia.

3.1.2 Caracterización e Interpretación de los Clústeres

La etapa de interpretación es donde el análisis estadístico se traduce en conocimiento educativo significativo. El objetivo es dar sentido a los grupos formados. Se calcula el perfil promedio (centroide) de cada clúster para todas las variables de calidad empleadas. La comparación de estos

perfiles permite identificar las fortalezas y debilidades distintivas de cada grupo (véase Tabla 6).

Tabla 6

Ejemplo de Perfiles de Calidad en IES

Variable Estandarizada	Clúster 1 (Investigación Élite)	Clúster 2 (Docencia Masiva)	Clúster 3 (Instituciones Emergentes)
Puntaje de Investigación	+1.5 (Muy Alto)	-0.2 (Medio)	-1.1 (Bajo)
Puntaje de Docencia	+0.5 (Medio-Alto)	+1.2 (Alto)	-0.9 (Bajo)
Tasa de Retención	+0.8 (Alto)	+0.6 (Medio-Alto)	-1.5 (Muy Bajo)

Con base en la descripción de los centroides, se asigna un nombre conceptual a cada clúster que refleje su característica dominante. Esto transforma la información estadística en tipologías relevantes para la política educativa:

- **Clúster 1:** "Instituciones con Enfoque en I+D de Alto Rendimiento."
- **Clúster 2:** "Instituciones con Alto Impacto y Éxito Estudiantil."
- **Clúster 3:** "Instituciones en Desarrollo con Desafíos de Retención."

Esta denominación es crucial, ya que permite a los responsables políticos y a los gestores institucionales visualizar y comunicar de manera efectiva la diversidad de la calidad.

3.1.3 La Utilidad Estratégica: Focalización de Políticas de Mejora

La segmentación no es solo un ejercicio académico; es la base de una gestión de la calidad diferenciada y estratégica. El agrupamiento demuestra que no existe un único modelo de "calidad" ideal. Permite:

- **Reconocer Modelos Exitosos Alternativos:** Identificar IES que, aunque no destacan en investigación, presentan perfiles excepcionales en impacto social o en calidad docente (véase la Tabla 7).
- **Diseñar Indicadores Pertinentes:** Evitar aplicar metas y estándares genéricos. Por ejemplo, exigir la misma productividad investigadora a una IES de Clúster 1 y una de Clúster 3 resultaría en una evaluación injusta.

Tabla 7

Focalización y Diseño de Políticas Educativas

Tipología (Clúster)	Diagnóstico Principal	Política de Mejora Focalizada Sugerida
Investigación Élite	Riesgo de desconexión del entorno local.	Incentivos para la transferencia de conocimiento y programas de vinculación.
Docencia Masiva	Éxito estudiantil alto, pero bajo nivel de desarrollo de la I+D.	Apoyo financiero y <i>coaching</i> para la creación de grupos de investigación iniciales.
Instituciones Emergentes	Múltiples desafíos, especialmente en retención y recursos.	Programas de tutoría intensivos, mejora de la infraestructura y formación docente especializada.

Al entender la posición relativa de cada institución dentro de su clúster y respecto de los demás, las políticas dejan de ser de "talla única" para convertirse en específicas, eficientes y equitativas. El análisis de agrupamiento se convierte así en una herramienta esencial para la planificación estratégica de la calidad a nivel sistémico e institucional.

3.2 Análisis de Agrupamiento para la Identificación de Tipologías de Calidad

El análisis se centra en el análisis de agrupamiento (Cluster analysis) como la herramienta principal para la identificación de tipologías de calidad en la educación superior (ES). El agrupamiento permite a los evaluadores e investigadores ir más allá de los promedios, revelando la heterogeneidad inherente del sistema y clasificando instituciones o programas en grupos homogéneos con perfiles de calidad distintivos.

El análisis de agrupamiento es una técnica de aprendizaje no supervisado que busca identificar una estructura o clasificación inherente en un conjunto de datos multivariado. A diferencia de las Ecuaciones Estructurales, que explican relaciones causales, el agrupamiento es una herramienta taxonómica cuyo objetivo es crear grupos (clústeres) en los que la similitud intragrupal sea alta y la intergrupala sea baja. Una tipología de calidad consiste en clasificar un conjunto de instituciones (o programas) en grupos con perfiles estadísticamente similares, según indicadores de calidad (Leckey & Neill, 2001). Por ejemplo, en lugar de hablar de "el promedio de calidad nacional", se identifican tipologías como:

- **Tipología A:** "Instituciones con Fuerte Énfasis en la Investigación y Recursos Abundantes."
- **Tipología B:** "Instituciones con Alto Impacto Social y Desafíos en la Internacionalización."

La identificación de las tipologías es vital para la gestión diferenciada y justa de la calidad. La base del agrupamiento es la medición de la distancia o disimilitud entre las observaciones (instituciones). La medida de distancia más común para variables continuas es la distancia

euclidiana, que corresponde a la distancia geométrica en un espacio multidimensional definido por las variables de calidad. Es crucial que las variables de entrada estén estandarizadas (por ejemplo, a puntuaciones Z) antes de calcular la distancia para evitar que las variables con mayor varianza dominen la formación de los clústeres. Los dos tipos principales de algoritmos ofrecen enfoques complementarios para la identificación de tipologías:

- **Métodos Jerárquicos**

Los métodos jerárquicos construyen una estructura anidada de clústeres sin necesidad de especificar a priori el número de grupos.

- **Agrupamiento Aglomerativo (Ascendente):** Comienza con cada objeto como su propio clúster y, en pasos sucesivos, fusiona los dos clústeres más cercanos hasta que solo queda uno.
- **Visualización:** El resultado se representa en un dendrograma, donde la altura de la fusión indica la disimilitud. El dendrograma es útil para explorar la estructura de los datos y determinar visualmente el número de clústeres.
- **Método de Ward:** Un criterio de enlace popular que busca minimizar la varianza dentro de los clústeres fusionados, lo que tiende a producir grupos compactos y de tamaño similar.

- **Métodos No Jerárquicos (Particionales)**

Estos métodos requieren que el investigador especifique de antemano el número de clústeres (K).

- **Algoritmo K-medias (K-means):** Es el método más utilizado. Divide las observaciones en K clústeres minimizando la suma de las distancias cuadradas de cada punto al centroide (media) de su clúster asignado. Es eficiente para grandes conjuntos de datos de educación superior.

- **Limitaciones:** Es sensible a la elección de los centros iniciales y a los *valores atípicos*. Su principal requisito es la determinación precisa de K.

La validez y la utilidad de la tipología dependen de la correcta selección del número de clústeres (K) y de su robustez. La elección de K debe basarse en una combinación de criterios estadísticos y de juicio sustantivo (teórico).

- **Método del Codo (*Elbow Method*):** Se examina el gráfico de la inercia (varianza intraclúster) en función de K. El valor óptimo de K es aquel en el que la disminución de la inercia se vuelve marginal y forma una "rodilla" o "codo" en la curva.
- **Coeficiente de Silueta (*Silhouette Index*):** Mide qué tan bien se ajusta cada objeto a su clúster en comparación con los demás objetos. Valores promedio cercanos a +1 indican una buena separación y cohesión del clúster; valores cercanos a 0 indican una superposición.
- **Criterio de Calinski-Harabasz:** Un índice que maximiza la razón entre la dispersión interclúster y la dispersión intraclúster. Se busca el valor máximo.

Una vez seleccionado el número óptimo (K), la tipología se vuelve significativa para la gestión educativa a través de la caracterización:

- **Cálculo de los Centroides:** Se calcula el valor promedio (centroide) de cada variable de calidad en cada clúster. Si se utilizaron puntuaciones factoriales, el centroide representa la posición promedio del clúster en el constructo puro de calidad (Jain & Law, 2005).
- **Etiquetado Conceptual:** Se asigna un nombre conceptual a cada clúster según su perfil de centroides. Por ejemplo, un clúster con centroides altos en los factores 'Recursos' e 'Investigación' y bajos en 'Extensión' podría etiquetarse como "Elitista y Cerrado".

Este etiquetado transforma los datos estadísticos en información estratégica para la formulación de políticas de mejora diferenciadas y **justas**, ya que permite a los gestores orientar las intervenciones hacia las debilidades específicas de cada tipo de institución.

3.3 Estrategias de la OECD para la Gestión de la Calidad en la Educación Superior de América Latina

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, por sus siglas en inglés) ha desarrollado un conjunto de estrategias y marcos analíticos que, aunque diseñados para sus países miembros, han sido adaptados y aplicados a la realidad de la educación superior (ES) en América Latina (AL) para abordar desafíos clave de calidad, eficiencia y equidad (Ruben, 2018). El enfoque de la OECD se centra en la gobernanza sistémica, el uso de datos comparables y la alineación de la ES con las necesidades económicas y sociales.

La OECD promueve un modelo de gestión de la calidad en ES que se aleja de la supervisión puramente burocrática para enfocarse en la responsabilidad institucional y en la rendición de cuentas basada en resultados. La OECD enfatiza que la calidad debe ser impulsada por un sistema de gobernanza equilibrado:

- **Autonomía Institucional:** Las universidades deben contar con suficiente autonomía (académica, financiera y administrativa) para innovar y responder a su contexto. Sin embargo, esta autonomía debe ser responsable.
- **Aseguramiento de la Calidad Externa:** Los gobiernos deben establecer marcos regulatorios eficientes y agencias de acreditación o licenciamiento (como SUNEDU en Perú) que establezcan condiciones básicas de calidad (*Basic Quality Conditions*) para proteger a los estudiantes y la inversión pública.
- **Rendición de Cuentas:** Las instituciones deben reportar sus resultados de manera transparente y utilizar indicadores de calidad para justificar el uso de fondos públicos.

A diferencia de los modelos centrados únicamente en *inputs* (recursos) y *outputs* (graduados), la OECD ha impulsado la medición de los resultados de aprendizaje (*learning outcomes*).

- **Proyecto AHELO (*Assessment of Higher Education Learning Outcomes*):** Aunque ya finalizado, este proyecto demostró la viabilidad de medir lo que los estudiantes realmente saben y pueden hacer después de la universidad (competencias transversales y disciplinares).
- **Implicación para AL:** La gestión de la calidad debe pasar de medir la existencia de planes de estudio a medir su impacto real en las competencias del egresado, exigiendo a las instituciones un enfoque curricular basado en competencias.

3.3.1 Estrategias Clave para la Gestión de la Calidad en América Latina

Las recomendaciones de la OECD se traducen en estrategias concretas para que la alta dirección y los responsables de políticas de AL aborden sus desafíos estructurales. La gestión eficiente requiere datos robustos para la toma de decisiones. La OECD promueve:

- **Sistemas Nacionales de Información:** Crear y fortalecer sistemas que recopilen datos comparables sobre la ES, incluyendo la trayectoria estudiantil (tasas de retención y graduación), la empleabilidad de los egresados y la productividad investigadora.
- **Financiamiento Basado en Resultados:** Utilizar indicadores clave de desempeño (KPIs) para asignar al menos una parte del financiamiento público. Esto incentiva a las universidades a mejorar los resultados que la sociedad valora (p. ej., la finalización de los estudios en tiempo y forma).
- **Transparencia de Datos:** Facilitar el acceso público a estos datos para empoderar a estudiantes y familias en la elección de carrera e impulsar la competencia basada en la calidad entre las IES.

Una debilidad frecuente en AL es la desalineación entre la oferta académica y las demandas productivas. La OECD sugiere:

- **Vínculos Institucionalizados:** Establecer mecanismos formales (como consejos asesores y observatorios de empleabilidad) en los que empleadores, graduados y académicos colaboren en el diseño curricular y en la definición de competencias.
- **Énfasis en la Educación Terciaria No Universitaria:** La OECD ha destacado el rol de la educación técnica y tecnológica (educación terciaria corta) para la formación de capital humano específico y la rápida respuesta a las necesidades del mercado. La gestión en AL debe invertir en la calidad y el prestigio de este sector.

3.3.2 Diversificación de Fuentes de Financiamiento y Eficiencia Interna

El modelo de financiamiento predominante en AL, a menudo dependiente del Estado, puede limitar la innovación y la calidad.

- **Incentivos para la Diversificación:** La gestión debe diseñar estrategias para atraer financiamiento competitivo (fondos concursables para la investigación, ingresos propios por consultoría o spin-offs) y reducir la dependencia exclusiva de las transferencias estatales.
- **Gestión de la Eficiencia:** Utilizar herramientas analíticas (como los métodos estadísticos de este libro) para diagnosticar la eficiencia interna (p. ej., el costo por graduado, la tasa de uso de la infraestructura) e implementar planes para optimizar el uso de los recursos existentes. Si bien las estrategias de la OECD ofrecen un camino hacia la mejora, su aplicación en AL enfrenta retos sistémicos:
- **Asimetría de Información:** La falta de sistemas de información robustos y la resistencia institucional a la transparencia dificultan la implementación de modelos de financiación basados en resultados.

- **Fragmentación y Debilidad Regulatoria:** En algunos países, la proliferación de instituciones de baja calidad y la debilidad de los organismos de licenciamiento (antes de las reformas) han generado un rezago que requiere una acción sostenida de la alta dirección para revertirlo.

Las estrategias de la OECD ofrecen a la gerencia de la educación superior en América Latina un modelo de gestión de la calidad basado en la responsabilidad, la transparencia y la evidencia. Al enfocarse en la gobernanza efectiva, el uso estratégico de datos y la alineación con los resultados de aprendizaje y de empleabilidad, las instituciones pueden avanzar hacia un sistema más eficiente, equitativo y de mayor calidad.

Capítulo 4

Integración Analítica: Uso de Puntuaciones Factoriales de EE en el Análisis de Agrupamiento

Este capítulo aborda la integración sinérgica de las dos metodologías clave: las Ecuaciones Estructurales (EE) y el Análisis de Agrupamiento (Cluster Analysis). Específicamente, se detalla cómo las puntuaciones factoriales —producto de la validación del constructo de calidad mediante las EE— sirven como variables de entrada superiores para el Análisis de Agrupamiento, profundizando significativamente el entendimiento de la calidad en la educación superior (ES).

El análisis de agrupamiento requiere variables de entrada para medir la distancia y formar clústeres. El problema de usar indicadores brutos (ítems individuales o sumas simples) es que presentan errores de medición, lo que puede distorsionar la distancia real entre las instituciones y provocar clasificaciones inexactas (Jain & Law, 2005).

Las puntuaciones factoriales (PF) resuelven este problema. Una puntuación factorial es una estimación de la posición real de una unidad de análisis (institución o programa) en un constructo latente de calidad (p. ej., calidad docente, recursos académicos), una vez que el error de medición ha sido modelado y descontado por el modelo de ecuaciones estructurales (véase la Tabla 8).

$$\text{PF}_i = \sum_{j=1}^m w_j \cdot X_{ij}$$

Donde PF_i es la puntuación factorial de la institución i , X_{ij} es el valor del indicador j y w_j es el peso estandarizado del indicador j (derivado del Modelo de Medida de EE).

Tabla 8*Ventajas de Usar Puntuaciones Factoriales en el Agrupamiento*

Característica	Puntuaciones Factoriales (EE)	Indicadores Brutos/Promedios
Error de Medición	Minimizado o eliminado. Reflejan la varianza común (constructo puro).	Incluido. Puede sesgar las distancias y los resultados del agrupamiento.
Multicolinealidad	Reducida. Los factores latentes son conceptualmente y estadísticamente más ortogonales.	Alta. Los indicadores brutos suelen estar muy correlacionados entre sí.
Interpretabilidad	Alta. Cada PF representa una dimensión teórica validada de la calidad (p. ej., <i>Innovación Curricular</i>).	Baja. Un promedio simple puede resultar ambiguo o carecer de validez teórica.
Dimensionalidad	Reducida. Simplifica el conjunto de datos de muchas variables en pocos constructos clave.	Alta. El análisis es vulnerable a la "maldición de la dimensionalidad".

El uso de PF garantiza que el agrupamiento se base en las dimensiones teóricas fundamentales de la calidad y no en el ruido ni en el error inherente a la recolección de datos. La integración efectiva de EE y Agrupamiento se realiza en dos fases secuenciales:

Fase 1: Modelado de la Estructura de Calidad (EE)

- **Especificación del Modelo:** Definir los constructos latentes de calidad (p. ej., Q_{Docencia} , Q_{Recursos} , $Q_{\text{Resultado}}$) y sus respectivos indicadores observados.

- **Validación del Modelo de Medida (CFA):** Confirmar la validez convergente ($AVE \geq 0.50$) y la confiabilidad compuesta ($CR \geq 0.70$) de cada constructo.
- **Generación de Puntuaciones Factoriales:** Estimar y almacenar la puntuación factorial (PF) de cada unidad de análisis (IES o programa) para cada constructo latente validado. Esta PF es la variable de *entrada* para el siguiente paso.

Fase 2: Segmentación Basada en Constructos Validados (Análisis de Agrupamiento)

- **Selección de Variables de Agrupamiento:** Utilizar **exclusivamente** las Puntuaciones Factoriales generadas en la Fase 1 (p. ej., $\text{PF}_{Q_{\text{Docencia}}}$, $\text{PF}_{Q_{\text{Recursos}}}$, $\text{PF}_{Q_{\text{Resultado}}}$).
- **Agrupamiento:** Aplicar el algoritmo seleccionado (p. ej., K-medias) a las Puntuaciones Factoriales para determinar el número óptimo de clústeres (K).
- **Caracterización y Tipología:** Describir los centroides de los clústeres. Dado que las variables son puntuaciones factoriales, la caracterización es inherentemente conceptual y teórica (p. ej., "Este clúster se caracteriza por una puntuación factorial alta en calidad docente y baja en recursos académicos").

4.1 Profundizando el Entendimiento de la Calidad

La integración de las EE y el Agrupamiento permite un análisis de la calidad de la ES en dos niveles de profundidad:

- **Nivel 1: Comprensión Causal (EE)**

Las EE nos dicen cómo funciona el sistema de calidad. Por ejemplo, se podría validar que la *Calidad Docente* (constructo A) influye de manera significativa en los Resultados de Aprendizaje (constructo B) mediante un Modelo Estructural. Esto establece un mapa explicativo del fenómeno.

- **Nivel 2: Comprensión Tipológica y Contextual (Agrupamiento con PF)**

El agrupamiento con puntuaciones factoriales nos indica dónde se manifiestan estos procesos. La caracterización de los clústeres, basada en las PF:

- **Identifica la Desviación y la Excelencia:** Se pueden aislar grupos (clústeres) en los que la relación causal, validada por las EE, es excepcionalmente fuerte o débil, lo que indica la necesidad de una intervención focalizada (Alao & Jagboro, 2017).
- **Revela Perfiles Estratégicos:** Por ejemplo, podría encontrarse un clúster de IES en el que la PF de *Recursos* es negativa, pero la PF de *Resultados de Aprendizaje* es positiva. Esto sugiere un perfil de "Alta Eficiencia" o de resiliencia, lo cual constituye un hallazgo valioso para las políticas de referencia (*benchmarking*).
- **Asegura la Pertinencia Política:** Las políticas se dirigen a constructos validados (no a ítems aislados), garantizando que la intervención se centre en la dimensión teórica adecuada de la calidad.

En esencia, el análisis integrado utiliza las EE para purificar la medida y validar el modelo teórico de la calidad, y luego utiliza estas medidas purificadas (PF) en el Agrupamiento para descubrir y tipificar la diversidad en la manifestación de esa calidad. Esto representa un salto del análisis del *promedio* a la comprensión de *lo que es distintivo y significativo* en la educación superior.

4.1.1 Análisis de Agrupamiento (Conglomerados) para la Gestión del Conocimiento en la Educación Superior

El análisis de agrupamiento (clúster) es una herramienta analítica esencial para la gestión del conocimiento (GC) en las instituciones de educación superior (ES). Permite a la dirección clasificar, organizar y comprender la heterogeneidad de sus activos de conocimiento (personal, producción científica, procesos) para aplicar estrategias de GC más focalizadas y eficientes que los enfoques uniformes (Ruben, 2018).

La GC en la ES implica gestionar el conocimiento explícito (documentos, bases de datos) y el tácito (habilidades, experiencia, intuición de las personas). El análisis de conglomerados ayuda a mapear dónde reside, cómo se genera y cómo se transfiere este conocimiento. En lugar de tratar a todo el personal docente o a todos los proyectos de investigación como una masa homogénea, el agrupamiento identifica tipologías naturales. Esto permite a los gestores:

- **Identificar Nichos de Excelencia:** Localizar los grupos de investigación o los profesores que concentran el mayor *stock* de conocimiento de alto valor o de innovación.
- **Diagnosticar Brechas:** Señalar grupos que tienen un alto conocimiento tácito (muchas experiencias) pero una baja producción explícita (pocas publicaciones), lo que indica la necesidad de codificar.
- **Personalizar Intervenciones:** Diseñar programas de desarrollo o incentivos específicos para cada perfil de conocimiento.

El análisis de conglomerados se aplica a diversas áreas de la GC en la ES:

Tabla 9

Agrupación de los académicos y del personal según sus perfiles de contribución al conocimiento

Indicadores de Agrupamiento	Tipología Descubierta (Ejemplo)	Implicación en GC
Productividad de Investigación, Años de Experiencia, Rol de Mentoría	"Expertos Tácitos": Altos en experiencia y mentoría, medios en publicación formal.	Estrategias de preservación (codificación, documentación de mejores prácticas, <i>job shadowing</i>).

Indicadores de Agrupamiento	Tipología Descubierta (Ejemplo)	Implicación en GC
Publicaciones de Alto Impacto, Redes Internacionales, Financiamiento Externo	"Generadores de Alto Impacto": Altos en producción explícita y en redes sociales.	Estrategias de maximización (reducción de la carga docente, financiamiento para el <i>networking</i>).

4.1.2 Gestión de la Producción y Transferencia de Conocimiento (Conocimiento Explícito)

El agrupamiento se utiliza para organizar la producción intelectual y las actividades de vinculación.

- **Agrupamiento Temático de Investigación:** Clasificar los proyectos o publicaciones según la similitud de contenido (mediante análisis de texto y métricas de citación) para identificar clústeres temáticos. Esto facilita la creación de centros interdisciplinarios y la asignación de recursos a áreas estratégicas emergentes (Jain & Law, 2005).
- **Tipificación de la Vinculación:** Agrupar a los socios externos (empresas, gobierno, ONG) según el tipo de conocimiento que requieren (consultoría, I+D, formación) y la intensidad de la colaboración (Fuadi et al., 2025). Esto permite optimizar la transferencia al asignar los equipos de conocimiento internos más adecuados a las necesidades del socio.

4.1.3 Gestión del Conocimiento para el Aprendizaje

En el ámbito del aprendizaje, el agrupamiento segmenta a los estudiantes para personalizar la transmisión de conocimiento.

- **Perfiles de Uso de Plataformas:** Agrupar a los estudiantes según sus patrones de interacción en plataformas de *e-learning* (frecuencia

de acceso a foros, velocidad de finalización de módulos, uso de recursos multimedia) (Rudolph et al., 2022).

- **Beneficio:** Identificar a estudiantes que requieren una intervención temprana o que podrían beneficiarse de enfoques de aprendizaje específicos (p. ej., tutoría intensiva o desafíos avanzados).

4.1.4 Integración Estratégica para la Toma de Decisiones

El análisis de agrupamiento no es un fin en sí mismo, sino un medio para aplicar estrategias de GC diferenciadas.

- **Políticas de Incentivos Segmentadas:** En lugar de un bono de publicación genérico, se pueden ofrecer incentivos específicos. Por ejemplo, al clúster de "Expertos Tácitos" se le podría premiar la creación de manuales de capacitación internos o la mentoría formal.
- **Diseño de Repositorios:** Al identificar clústeres temáticos de investigación, se pueden diseñar repositorios de conocimiento explícito y bases de datos más intuitivos, alineados con las áreas de especialización internas.
- **Movilización de Conocimiento Tácito:** El agrupamiento ayuda a crear la infraestructura para la movilización del conocimiento tácito, al identificar qué *clúster de expertos debe interactuar con qué clúster* de usuarios para maximizar la transferencia.

En síntesis, el Análisis de Agrupamiento (Conglomerados) ofrece a la gestión del conocimiento en la ES un mapa de la diversidad. Al segmentar y caracterizar los activos de conocimiento institucionales, permite a los gestores tomar decisiones estratégicas sobre dónde invertir, cómo codificar y a quién dirigir las políticas de fomento para lograr una gestión del conocimiento eficiente, alineada y de alto impacto.

4.2 Métodos Estadísticos de Árbol Aplicados a la Gestión Educativa

Los métodos estadísticos de árboles (o modelos basados en árboles), como los árboles de decisión, *Random Forests* y *Boosting*, representan una

poderosa familia de algoritmos de aprendizaje automático (*machine learning*) que han encontrado aplicaciones críticas en la gestión educativa. Estos métodos son valiosos porque combinan la alta precisión predictiva con una interpretación intuitiva de las reglas de decisión, lo cual resulta esencial para la toma de decisiones gerenciales.

4.2.1 Fundamentos de los Árboles de Decisión (CART)

El árbol de decisión es el bloque de construcción fundamental de los métodos de árbol. La técnica más común es el algoritmo CART (*Classification and Regression Trees*). Un árbol de decisión divide el conjunto de datos en subconjuntos más pequeños y homogéneos de manera recursiva, a partir de una variable de resultado (objetivo).

- **Nodos:**
 - **Raíz:** Representa el conjunto completo de datos.
 - **Internos:** Representan una prueba de decisión sobre una característica (variable predictora), como "Tasa de Ausentismo > 10%".
 - **Hoja (Terminal):** Representa el resultado final o la predicción (la etiqueta de la clase o el valor numérico).
- **Reglas de Decisión:** El camino desde la raíz hasta una hoja define una regla de decisión simple y legible (p. ej., "Si [Nivel Socioeconómico = Bajo] Y [Ausentismo > 10%], entonces la predicción de deserción es Alta").
- **Criterios de División**

Los árboles buscan la mejor división en cada nodo para maximizar la homogeneidad de la variable objetivo en los nodos hijos.

- **Clasificación (Variables Categóricas):** Se emplean métricas de impureza, como el Índice de Gini o la Entropía (Ganancia de Información). Se elige la división que minimiza la impureza del clúster.

- **Regresión (Variables Continuas):** Se utiliza la reducción de varianza (minimización del error cuadrático medio, MSE) en los nodos hijos.

4.2.2 Aplicaciones de los Árboles en la Gestión Educativa

Los árboles son ideales para escenarios de gestión en los que la explicación de la decisión es tan importante como la precisión. La gestión puede utilizar árboles de decisión para identificar a los estudiantes en riesgo de deserción antes de que ocurra la deserción.

- **Modelo:** El árbol clasifica a los estudiantes según variables como el rendimiento inicial, el uso de recursos, las tasas de ausentismo y el nivel socioeconómico.
- **Beneficio Gerencial:** Permite identificar la combinación crítica de factores que conduce al abandono. Por ejemplo, se podría observar que la deserción es más probable cuando el estudiante no participa en tutorías y tiene un promedio inferior a 7.0, lo que permitiría a la oficina de bienestar estudiantil elaborar una política de intervención focalizada.

Los árboles de regresión pueden modelar variables continuas, como la mejora en los puntajes de los exámenes o la eficiencia terminal.

- **Modelo:** Predecir el puntaje final de un estudiante a partir de su participación en un programa remedial, la calidad del docente y los recursos empleados.
- **Beneficio Gerencial:** Muestra las variables con mayor Poder Predictivo (o Importancia de la Característica), ayudando a los administradores a priorizar qué inversiones (programas, *coaching* docente) tienen el mayor retorno en términos de rendimiento.

4.2.3 Métodos Avanzados Basados en Árboles

Para mejorar la precisión y la robustez de un único árbol de decisión (que a menudo es inestable o propenso al sobreajuste), la gestión educativa recurre a métodos de conjunto (*Ensemble Methods*) (Tight, 2020).

- **Bosques Aleatorios (*Random Forests*)**
 - **Funcionamiento:** Construye múltiples árboles de decisión a partir de submuestras aleatorias de los datos (*bagging*) y de subconjuntos aleatorios de las variables predictoras. La predicción final se obtiene mediante la votación (clasificación) o el promedio (regresión) de todos los árboles.
 - **Ventaja en Gestión:** Reduce drásticamente el sobreajuste y aumenta la estabilidad y la precisión. Ofrece una métrica robusta de Importancia de la Variable, que indica qué factores son consistentemente más predictivos del resultado (p. ej., el nivel de experiencia docente frente al tamaño del grupo).
- **Boosting (Gradient Boosting Machines - GBM y XGBoost)**
 - **Funcionamiento:** Construye árboles de forma **secuencial**. Cada nuevo árbol intenta corregir los errores cometidos por el anterior. El algoritmo pondera más las observaciones clasificadas erróneamente en pasos anteriores.
 - **Ventaja en Gestión:** A menudo ofrece la mayor precisión predictiva, esencial para tareas críticas como la detección temprana de riesgos. Sin embargo, su complejidad hace que la interpretación de la regla de decisión final sea menos transparente que la de un solo árbol o de un *Random Forest*.

4.2.4 Consideraciones Gerenciales para la Implementación

La efectividad de los métodos de árbol en la gestión educativa depende de la aplicación crítica de los resultados.

- **Transparencia (Árboles Simples):** Los árboles simples se prefieren cuando la explicabilidad es clave. Por ejemplo, para justificar ante un comité de recursos por qué se debe invertir en el programa X, una regla simple de un árbol (p. ej., "el 80% de los estudiantes que fallaron cumplían las condiciones A y B") es más persuasiva que un coeficiente complejo.

- **Balance entre Precisión y Explicación:** La gestión debe elegir entre la alta precisión de *Boosting* (útil para la identificación masiva de riesgo) y la mejor interpretabilidad de un *Random Forest* (útil para la justificación de políticas).
- **Importancia de las Características:** Los métodos de árbol, especialmente *los Random Forests*, proporcionan un *ranking* de la importancia de las variables. Este *ranking* es la brújula para los administradores, indicando dónde deben enfocarse los recursos para lograr el mayor impacto en los resultados educativos.

4.3 Estrategias de la UNESCO para mejorar la calidad de la educación superior en América Latina

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) ha desempeñado un papel fundamental en la definición de la agenda de calidad de la educación superior (ES) en América Latina y el Caribe (ALC). A diferencia de la OECD, cuyo enfoque es primariamente económico, la UNESCO promueve una visión humanista, inclusiva y equitativa de la calidad, articulada a través de conferencias regionales y globales y plasmada en documentos estratégicos.

El marco estratégico de la UNESCO para la ES se basa en la Declaración Mundial sobre la Educación Superior del Siglo XXI (París, 1998) y en las Declaraciones de las Conferencias Regionales (CRES), haciendo hincapié en que la ES no es solo un bien transferible, sino también un bien público y una responsabilidad social.

- Inclusión y Equidad

La UNESCO prioriza ampliar el acceso y garantizar la culminación exitosa de los estudios para grupos históricamente excluidos. La calidad, desde esta óptica, debe ser inclusiva.

- **Estrategia:** Promover políticas de discriminación positiva (acciones afirmativas), sistemas de becas y estrategias de retención. La gestión de la calidad debe monitorear y reducir las brechas de acceso y de

egreso basadas en el nivel socioeconómico, el origen étnico y el género.

- **Pertinencia:** La ES de calidad debe responder a las necesidades de la sociedad, abordando los desafíos del desarrollo sostenible (ODS) y de la reducción de la pobreza.

- **Internacionalización con Cohesión Regional**

La UNESCO busca facilitar la cooperación académica global, asegurando al mismo tiempo la protección de los estándares regionales.

- **Estrategia:** La internacionalización debe ir más allá de la mera movilidad y centrarse en la cooperación científica y la armonización curricular. El Convenio Regional de Reconocimiento de Estudios, Títulos y Diplomas de Educación Superior en América Latina y el Caribe es un instrumento clave para facilitar la movilidad y el reconocimiento de cualificaciones, esencial para la calidad y la competitividad regionales (Ruben, 2018).

- **Estrategias Clave de Calidad para la Gestión Universitaria**

Las recomendaciones de la UNESCO se centran en fortalecer los pilares internos y externos que sustentan la calidad. La calidad de la enseñanza y la investigación constituye el núcleo de la ES. La UNESCO enfatiza:

- **Desarrollo Docente Continuo:** La gestión debe implementar políticas de **formación pedagógica continua** para el profesorado, asegurando que las metodologías de enseñanza se centren en el estudiante y en el desarrollo de **competencias críticas**.
 - **Incentivo a la Investigación:** Promover una cultura de investigación articulada con las necesidades de desarrollo nacional y regional. La gestión debe garantizar la libertad académica y la ética en la investigación, elementos cruciales para la credibilidad y la calidad científica.
- #### - **Diversificación Curricular y Flexibilidad**

Frente a modelos rígidos y tradicionales, la UNESCO impulsa la modernización de la oferta académica:

- **Flexibilidad Curricular:** Diseñar currículos que permitan a los estudiantes trayectorias de aprendizaje flexibles, facilitando la transferencia de créditos y el reconocimiento de aprendizajes previos, lo cual es fundamental para una ES inclusiva y eficiente.
- **Diálogo de Saberes:** Integrar el conocimiento científico y tecnológico con los saberes tradicionales, culturales y ancestrales de la región. Esto asegura la pertinencia cultural y social de la educación superior (Srikanthan & Dalrymple, 2003).

4.3.1 El Rol del Aseguramiento de la Calidad y la Transparencia

La UNESCO reconoce la necesidad de sistemas robustos de aseguramiento de la calidad (AC), pero con un enfoque formativo y no puramente punitivo. El AC debe ser un motor de mejora más que un mero ejercicio de rendición de cuentas.

- **Estrategia:** Fomentar el desarrollo de sistemas internos de AC en las propias universidades. La autoevaluación debe ser un proceso continuo y participativo, liderado por la alta dirección. Los organismos externos (agencias de acreditación) deben enfocarse en la capacidad institucional para mejorar (*fitness for purpose*), más allá del mero cumplimiento de los *inputs*.
- **Uso de Datos:** Las universidades deben utilizar los resultados de los procesos de evaluación para la toma de decisiones gerenciales (p. ej., rediseño curricular, reasignación de recursos), en línea con las estrategias analíticas expuestas en los capítulos anteriores.

La transparencia es un componente de la calidad y de la responsabilidad social.

- **Estrategia:** Desarrollar sistemas de información que ofrezcan a la sociedad datos fiables y comparables sobre la ES (tasas de egreso, empleabilidad, resultados de AC). Esto empodera a los *stakeholders*

y fomenta la confianza pública. La gestión debe liderar la implementación de políticas de acceso abierto a la investigación y a los recursos educativos (Lyytinen et al., 2017).

En este sentido, las estrategias de la UNESCO para mejorar la calidad de la ES en América Latina constituyen un llamado a una transformación profunda. Se centran en construir un sistema equitativo, pertinente y orientado a la excelencia académica, con responsabilidad social, exigiendo a la gerencia universitaria un liderazgo que armonice la autonomía con la rendición de cuentas y el compromiso con el desarrollo sostenible de la región.

Capítulo 5

Componentes del Análisis Estructural en la Educación: El Modelo de Ecuaciones Estructurales (MEE)

El Análisis Estructural en la Educación, implementado mediante los Modelos de Ecuaciones Estructurales (MEE) o *Structural Equation Modeling (SEM)*, es una técnica avanzada que permite examinar y validar teorías complejas sobre los fenómenos educativos. El MEE es, esencialmente, una fusión de la regresión múltiple y el análisis factorial, que se desglosa en dos componentes principales, analizados simultáneamente: el Modelo de Medida y el Modelo Estructural.

El análisis estructural en la educación superior puede centrarse en diversos componentes que reflejan la complejidad y la dinámica de las instituciones educativas. Aquí se describen los componentes clave identificados.

- **Integración de la tecnología:** La integración tecnológica revolucionó la educación superior al transformarla mediante plataformas digitales y herramientas avanzadas. Esto incluye la enseñanza a distancia y la adopción de medios digitales para la enseñanza y la administración (Cádiz et al., 2024).
- **Libertad Académica y Gobernanza:** Enfrentando desafíos actuales derivados de la corporativización, la libertad académica y la gobernanza compartida han sido pilares tradicionales que ahora luchan por sostenerse en un ambiente cada vez más orientado al mercado (Alibašić et al., 2024).
- **Integración Académica y Estudiantes:** El éxito académico inicial de los estudiantes a menudo depende de su capacidad para integrarse en el nuevo entorno educativo, lo cual puede verse facilitado o

perjudicado por factores individuales y contextuales (Schaeper, 2019).

- **Reforma Educativa en STEM:** La reforma de los roles académicos en áreas de STEM sigue siendo un tema de estudio crítico, especialmente ante las presiones por equilibrar la investigación disciplinaria y la educación, lo que requiere un enfoque en la resiliencia y la adaptación académicas (Ross et al., 2022).
- **Currículo Oculto en la Educación Médica:** Componentes del currículo oculto, como factores estructurales, educativos, culturales y sociales, influyen de manera no intencional en los resultados de aprendizaje y deben gestionarse adecuadamente (Sarikhani et al., 2020).
- **Evaluación de la Calidad y Sistemas de Educación:** Un enfoque basado en sistemas puede ayudar a desarrollar modelos eficaces de evaluación de la calidad para mejorar la implementación de sistemas de calidad y de evaluación de programas en la educación superior (Mizikaci, 2006).

Estos aspectos reflejan la necesaria interdisciplinariedad y la adaptación constante requeridas por las instituciones de educación superior para abordar de manera efectiva los desafíos contemporáneos.

5.1 El Modelo de Medida (Análisis Factorial Confirmatorio - CFA)

El Modelo de Medida se enfoca en el aspecto de la medición en la investigación educativa. Su objetivo es establecer cómo los constructos teóricos (variables latentes) se relacionan con sus indicadores empíricos (variables observadas). Es la etapa de validación de los instrumentos y constructos de calidad (véase la Tabla 10).

Tabla 10

Variables latentes y observadas en el contexto educativo

Componente	Definición en Contexto Educativo
Variables Latentes (ξ y η)	Son constructos teóricos que no se observan directamente, como la calidad docente, el clima escolar o la motivación intrínseca. Representan el concepto puro que se desea medir.
Variables Observadas (Indicadores)	Son las mediciones empíricas específicas tomadas, como las puntuaciones en ítems de una encuesta ("Mi profesor es accesible"), las tasas de retención o las puntuaciones en exámenes.
Cargas Factoriales (λ)	Son los coeficientes que indican la fuerza de la relación entre la variable latente y su indicador. Una carga alta (p. ej., $\lambda > 0.70$) indica que el indicador es una buena medida del constructo latente.
Error de Medición (ϵ)	Es la varianza del indicador que no se explica por la variable latente. Refleja el error aleatorio, el sesgo o la varianza específica no compartida con el constructo. Modelar este error es una ventaja clave del MEE frente a la regresión tradicional.

Nota: la función clave es garantizar que los constructos de calidad utilizados en el análisis causal (Modelo Estructural) sean válidos (miden lo que deben medir) y confiables (miden de manera consistente).

El Modelo Estructural se enfoca en las relaciones de influencia, asociación o causalidad entre los constructos latentes previamente validados; es la parte en la que se evalúan las hipótesis teóricas del investigador (véase la Tabla 11).

Tabla 11

Efectos directos e indirectos en el sistema educativo

Componente	Definición en Contexto Educativo
Variables Latentes Endógenas (η)	Constructos que actúan como variables dependientes o de resultado en una ecuación estructural (p. ej., rendimiento académico), que son influidos por otros constructos.
Variables Latentes Exógenas (ξ)	Constructos que actúan como variables independientes o predictoras, cuyos valores se asume que no están influidos por otras variables del modelo (p. ej., Recursos Institucionales).
Coefficientes Estructurales (γ y β)	Representan la magnitud y la dirección del efecto causal entre los constructos latentes (los <i>paths</i> o caminos). Un coeficiente significativo indica que la hipótesis de influencia es respaldada por los datos (p. ej., $\gamma > 0$ indica que mayores Recursos Institucionales $\rightarrow$ mejor Calidad Docente).
Errores Estructurales (Residuales) (ζ)	Es la varianza no explicada de una variable latente endógena. Refleja la influencia de factores externos al modelo teórico o de variables omitidas (p. ej., la parte de la Calidad Docente no explicada por los Recursos Institucionales).

Nota: la función clave es determinar cómo se relacionan las dimensiones validadas de la calidad (docencia, recursos, resultados) y evaluar los efectos directos e indirectos (mediación) en el sistema educativo.

El componente final consiste en evaluar hasta qué punto el modelo completo (Medida y Estructural) se ajusta a los datos observados. El MEE busca que la matriz de covarianza implícita (la que predice el modelo) sea lo más cercana posible a la matriz de covarianza observada (la de los datos reales) (véase la Tabla 12).

Tabla 12

Significancia e índice de errores del modelo

Índice de Ajuste	Rango de Buen Ajuste	Interpretación
Chi-Cuadrado (χ^2)	$p > 0.05$ (Aunque es sensible al tamaño de la muestra)	Mide la exactitud del ajuste. Se busca que la diferencia entre matrices no sea significativa.
RMSEA (<i>Root Mean Square Error of Approximation</i>)	0.08 (Aceptable), 0.05 (Bueno)	Mide el error promedio de aproximación por grado de libertad.
CFI (<i>Comparative Fit Index</i>)	0.90 (Aceptable), 0.95 (Bueno)	Mide la mejora del ajuste del modelo propuesto frente a un modelo nulo (<i>baseline</i>).
SRMR (<i>Standardized Root Mean Square Residual</i>)	0.08	Mide el promedio estandarizado de los residuos (diferencias) de las covarianzas.

Un buen análisis estructural requiere que todos los componentes trabajen de manera conjunta: un modelo de medida válido que purifique los constructos, un modelo estructural con coeficientes significativos que respalden las hipótesis y un conjunto de índices de ajuste satisfactorios que confirmen la adecuación del modelo global a la realidad educativa.

5.2 Análisis de Agrupamiento para Descubrir la Diversidad y la Heterogeneidad de la Calidad en la Educación Superior

La calidad en la educación superior (ES) es un concepto que, aunque se busca medir y estandarizar, por naturaleza resulta diverso y heterogéneo (Ruben, 2018). Las instituciones tienen diferentes misiones, contextos y recursos, lo que genera múltiples perfiles de excelencia. Los autores se dedican a explorar cómo el Análisis de Agrupamiento (*Cluster Analysis*) sirve como la herramienta estadística fundamental para descubrir y clasificar esta diversidad, desplazando la evaluación de un enfoque basado en promedios hacia un entendimiento tipológico de la calidad.

Cuando los organismos de acreditación o los *rankings* universitarios aplican un conjunto de métricas a todas las instituciones por igual, se incurre en la "trampa de la homogeneidad". Esto ignora las diferencias válidas en la misión y en el contexto.

- **Promedio Engañoso:** Un promedio general de rendimiento oculta la coexistencia de instituciones altamente especializadas (p. ej., investigación de frontera) y otras enfocadas en la inclusión y el servicio regional.
- **Injusticia Evaluativa:** Comparar una universidad regional con una gran universidad de investigación con base en los mismos indicadores de publicación resulta injusto, ya que sus estructuras, recursos y objetivos son fundamentalmente distintos.

El Análisis de Agrupamiento supera esta trampa. Su objetivo es clasificar el sistema de ES en grupos (clústeres) en los que la similitud dentro del grupo (homogeneidad) es alta y la diferencia entre grupos (heterogeneidad) es máxima, revelando las estructuras naturales de la calidad.

El descubrimiento de la diversidad de la calidad mediante *el análisis en clústeres* sigue un proceso riguroso que transforma datos brutos en

tipologías significativas. La elección de las variables de entrada es crítica. Para asegurar que la diversidad descubierta sea conceptualmente robusta, se recomienda encarecidamente utilizar las Puntuaciones Factoriales (constructos de calidad purificados) obtenidas mediante el Modelado de Ecuaciones Estructurales. Al usar estas puntuaciones (p. ej., el factor de 'Eficacia Docente' y el de 'Recursos I+D'), el agrupamiento se basa en las dimensiones teóricas validadas de la calidad, no en variables ruidosas ni con alto error.

- **Pasos Esenciales:**

- **Estandarización:** Todas las variables de entrada deben estandarizarse (p. ej., a puntuaciones Z) para que cada dimensión de calidad contribuya de manera equitativa a la medida de distancia.
- **Medida de Distancia:** Se selecciona una métrica (por lo general, la distancia euclidiana) para cuantificar la distancia entre dos instituciones en el espacio multidimensional de la calidad.

La técnica de agrupamiento debe ser adecuada al tamaño y la naturaleza del conjunto de datos.

- **Métodos Jerárquicos (Exploratorios):** Se utilizan métodos aglomerativos, especialmente el Método de Ward, para generar un dendrograma que visualiza la existencia de clústeres y una posible gama de valores de K (número de clústeres).
- **Métodos Particionales (Confirmatorios):** Una vez que el dendrograma y los índices estadísticos (Criterio de Silueta, Método del Codo) convergen en un número óptimo de clústeres (K), se aplica el algoritmo K-medias. Este es eficiente para asignar las instituciones a los K grupos, minimizando la varianza intraclúster.

El acto de descubrir la diversidad culmina en la caracterización de los centroides. Esto transforma un resultado estadístico en una tipología conceptualmente rica.

- **Análisis de Centroides:** Se examinan los valores promedio (centroides) de cada clúster en todas las dimensiones de calidad

empleadas. Por ejemplo, el Clúster 1 puede presentar centroides elevados en los factores 'Internacionalización' y 'Publicaciones', mientras que el Clúster 2 presenta centroides elevados en 'Satisfacción Estudiantil' y 'Servicio a la Comunidad'.

- **Etiquetado Conceptual:** Se asigna un nombre que refleje el patrón dominante de fortalezas y debilidades. Esto es el verdadero descubrimiento de la heterogeneidad:
 - **Tipología 1:** "Gigantes Globales de la Investigación."
 - **Tipología 2:** "Centros de Excelencia en Docencia Regional."
 - **Tipología 3:** "Innovadores de Bajo Recurso."

El etiquetado valida que la calidad no es una jerarquía única, sino un conjunto de trayectorias y misiones válidas que deben evaluarse contextualmente.

5.3 Control de la Calidad y la Productividad en Educación Superior: Estadística Inferencial

El control y la mejora continua de la calidad y la productividad en la educación superior (ES) requieren un fundamento sólido basado en datos. La estadística inferencial es la herramienta clave que permite a los gestores ir más allá de la mera descripción de los datos (lo que pasó) para inferir, predecir y tomar decisiones sobre la población completa de estudiantes, docentes o programas (Ruben, 2018).

La inferencia estadística es el conjunto de técnicas que permiten extraer conclusiones sobre una población (p. ej., todos los egresados de una universidad) a partir del análisis de una muestra representativa (p. ej., una cohorte de egresados). La inferencia se utiliza para estimar las características de la población (parámetros) a partir de las estadísticas de la muestra.

- **Puntuación Promedio de la Calidad Docente:** A partir de una muestra de encuestas de satisfacción docente, se estima la media poblacional con un margen de error definido.

- **Intervalos de confianza:** son cruciales para el control de calidad. Un intervalo de confianza (p. ej., 95 %) para la tasa de retención indica el rango dentro del cual se espera que caiga la tasa de retención real de la población. Si la tasa de retención de un programa cae por debajo del límite inferior del intervalo, podría indicar un problema de calidad que requiere atención gerencial.

El contraste de hipótesis es el mecanismo para tomar decisiones rigurosas sobre la calidad y la productividad. Permite determinar si las diferencias observadas son reales o si se deben simplemente al azar.

- **Hipótesis Nula (H_0):** Afirma que no existe diferencia ni efecto (p. ej., "El programa de tutoría no tiene efecto en el rendimiento estudiantil").
- **Hipótesis Alternativa (H_1):** Afirmación de la existencia de una diferencia o efecto (p. ej., "El programa de tutoría mejora el rendimiento estudiantil").

El gestor rechaza H_0 y concluye que el programa de tutoría es efectivo si el valor p del estadístico de prueba es menor que el nivel de significancia α (por lo general, 0.05).

- **Control de Calidad Mediante Inferencia**

El control de calidad en ES se beneficia de la estadística inferencial al permitir comparar resultados y monitorear los estándares.

- **Comparación de Grupos (Pruebas t y ANOVA)**

Estas pruebas son fundamentales para evaluar el impacto de las intervenciones y la disparidad de resultados.

- **Prueba t de Student:** Se utiliza para determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa en la media de una variable de calidad entre dos grupos (p. ej., comparar el rendimiento promedio de los estudiantes de un programa nuevo con el de un programa tradicional).

- **ANOVA (*Analysis of Variance*):** Extiende la prueba t para comparar las medias de una variable de calidad entre tres o más grupos (p. ej., comparar la productividad investigadora promedio entre las Facultades de Ciencias, Humanidades y Medicina).
 - **Beneficio:** Si el ANOVA es significativo, se demuestra que el factor de agrupación (la Facultad) tiene un efecto real sobre la productividad, lo cual resulta relevante para la asignación de recursos.

- **Pruebas No Paramétricas**

Cuando los datos de calidad (p. ej., satisfacción docente o calificaciones) no cumplen con los supuestos de normalidad de las pruebas paramétricas, se utilizan métodos no paramétricos (p. ej., el U de Mann-Whitney o el de Kruskal-Wallis). Aunque menos potentes, son robustos y permiten validar el control de calidad en variables ordinales.

- **Inferencia para el Análisis de la Productividad**

La productividad en la ES se relaciona con la eficiencia en el uso de los recursos para generar resultados (graduados, investigación y servicios). La inferencia ayuda a modelar estos resultados.

- **Regresión Lineal Inferencial**

La regresión lineal es una herramienta inferencial clave para entender la dependencia y la predicción.

- **Modelo:** Permite inferir el efecto de una o más variables predictoras (p. ej., inversión en recursos TIC, años de experiencia docente) sobre una variable de resultado de productividad (p. ej., tasa de graduación).
- **Coeficientes (Inferencia):** El valor p asociado a cada coeficiente de regresión indica si la relación inferida es estadísticamente significativa en la población. Un coeficiente significativo permite a los gestores concluir con confianza que la variable predictora está causalmente asociada con la productividad.

- **Control Gerencial:** Si la inversión en Recursos TIC no es un predictor significativo de la Tasa de Graduación, la gestión puede inferir que dicha inversión no es eficaz y reorientarla.

- **Regresión Logística (Variables de Calidad Dicotómicas)**

Se utiliza cuando la variable de resultado de calidad o de productividad es dicotómica (dos categorías), como la deserción (Sí/No) o la aprobación del examen de certificación (Aprobado/No aprobado).

- **Beneficio:** Permite estimar la probabilidad de que un estudiante caiga en la categoría de riesgo (deserción) a partir de variables predictoras (p. ej., horas trabajadas, GPA inicial), lo cual es crucial para la identificación temprana de estudiantes en riesgo y la asignación eficiente de tutores y recursos de apoyo.

5.3.1 La Importancia de la Representatividad

La validez de toda conclusión inferencial depende directamente de la calidad y la representatividad de la muestra. Una técnica de muestreo deficiente (muestreo no aleatorio, sesgo de respuesta) anula la capacidad del gestor para generalizar los hallazgos a la población, lo que conduce a decisiones de control de calidad ineficaces o erróneas.

Por ende, la estadística inferencial transforma la evaluación de la calidad y la productividad en la ES de una mera recopilación de datos en un proceso estratégico y predictivo. Al usar el contraste de hipótesis y los modelos de regresión, los gestores pueden tomar decisiones basadas en la evidencia de la población, asegurando que los recursos se destinen a los puntos de apalancamiento que demuestran un impacto estadísticamente significativo en la mejora de la calidad y el aumento de la productividad.

Conclusión

Este libro ha demostrado que la evaluación de la calidad en la educación superior (ES), debido a su complejidad y multidimensionalidad inherentes, requiere un enfoque analítico que vaya más allá de la estadística descriptiva. La integración de las ecuaciones estructurales (EE) y el análisis de agrupamiento (cluster analysis) se establecen como la metodología más robusta y completa para este fin, ofreciendo una visión bimodal de la calidad: la comprensión de la causa (el cómo) y la clasificación de la diversidad (el dónde).

La investigación documental evidencia cómo los resultados de las EE (puntuaciones factoriales o validación del constructo de calidad) pueden integrarse estratégicamente con los resultados del análisis de agrupamiento, ofreciendo una visión sinérgica que profundiza el entendimiento de la calidad en la ES. He aquí la síntesis de la aportación metodológica.

- **Validación y Explicación Estructural (EE):** La investigación dedicada a las Ecuaciones Estructurales subrayó su capacidad única para modelar constructos latentes de calidad (como la Calidad Docente o los Resultados de Aprendizaje) al aislar el error de medición. Esto permitió validar teorías causales al estimar los efectos directos e indirectos entre las dimensiones de la calidad (Alao & Jagboro, 2017). El MEE nos proporciona un mapa explicativo de cómo los componentes de un sistema educativo se influyen mutuamente, lo que ofrece una base teórica sólida para cualquier intervención.
- **Descubrimiento y Caracterización de Tipologías (Análisis de Agrupamiento):** El análisis de agrupamiento resultó ser la herramienta esencial para captar la heterogeneidad del sistema de ES. Al segmentar instituciones o programas en tipologías de calidad (clústeres), el análisis reveló que la excelencia no es monolítica, sino que se manifiesta en perfiles diversos (p. ej., élite en investigación

vs. excelencia en docencia). Esto corrige el sesgo de tratar a todas las instituciones con un promedio común.

- **La sinergia de la integración analítica:** el punto de inflexión metodológico del libro fue la integración, mediante el uso de las puntuaciones factoriales (los constructos de calidad "purificados" por las EE) como variables de entrada en el análisis de agrupamiento. Esta práctica garantiza que la clasificación de las instituciones se base en las dimensiones teóricas y válidas de la calidad, no en indicadores brutos cargados de error. La sinergia resultante maximiza el rigor estadístico y la significancia conceptual.

La implementación de este enfoque bimodal tiene consecuencias directas y transformadoras para la toma de decisiones:

- **Focalización de Políticas:** La identificación de perfiles de calidad permite diseñar políticas de mejora diferenciadas y equitativas. Las intervenciones ya no son de "talla única", sino que se adaptan a las necesidades específicas de cada tipología (p. ej., reforzar la gestión de recursos en instituciones emergentes o impulsar la transferencia de conocimientos en centros altamente investigativos).
- **Benchmarking y Rendición de Cuentas Justa:** El agrupamiento facilita la comparación entre instituciones verdaderamente comparables. Una institución puede ser evaluada y rendir cuentas conforme a los estándares de su propio clúster de calidad, lo que promueve un proceso más justo y motivador (Jain & Law, 2005).
- **Conocimiento profundo de la calidad:** los gestores e investigadores obtienen una comprensión dual: saben qué factores están causalmente ligados a la calidad (gracias a EE) y dónde (en qué tipo de institución) esos factores se manifiestan en la práctica (gracias al agrupamiento).

En definitiva, este libro proporciona las herramientas conceptuales y prácticas para que la próxima generación de evaluadores e investigadores en educación superior avance de un análisis superficial a

una evaluación estructural y tipológica. La complejidad de la calidad universitaria exige métodos que estén a la altura de su desafío. Al dominar las ecuaciones estructurales y el análisis de agrupamiento, el lector está equipado no solo para medir la calidad, sino también para explicarla, clasificarla y, fundamentalmente, mejorarla.

Bibliografía

- Abdulla Badri, M., Younis, H., Grandon, E. E., Alshare, K., Abdulla, M., & Selim, H. (2006). The Baldrige Education Criteria for Performance Excellence Framework. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 23(9), 1118–1157. <https://doi.org/10.1108/02656710610704249>
- Ahmed, E. (2024). Student Performance Prediction Using Machine Learning Algorithms. *Applied Computational Intelligence and Soft Computing*, 2024(1), 1–15. <https://doi.org/10.1155/2024/4067721>
- Ahmed, E. (2024). Student Performance Prediction Using Machine Learning Algorithms. *Applied Computational Intelligence and Soft Computing*, 2024(1), 1–15. <https://doi.org/10.1155/2024/4067721>
- Ahuja, R., Jha, A., Srivastava, R., & Maurya, R. (2018). *Analysis of Educational Data Mining* (pp. 897–907). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0761-4_85
- Alao, O. O., & Jagboro, G. O. (2017). Assessment of causative factors for project abandonment in Nigerian public tertiary educational institutions. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 35(1), 41–62. <https://doi.org/10.1108/ijbpa-07-2016-0016>
- Alibašić, H., L Atkinson, C., & Pelcher, J. (2024). The liminal state of academic freedom: navigating corporatization in higher education. *Discover Education*, 3(1). <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00086-x>
- Andrade-Girón, D., Susanibar-Ramirez, E., Carreño-Cisneros, E., Marín-Rodriguez, W., Zuñiga-Rojas, M., Villarreal-Torres, H., Sandivar-Rosas, J., & Angeles-Morales, J. (2024). Generative artificial intelligence in higher education learning: A review based on academic databases. *Iberoamerican Journal of Science Measurement and Communication*, 4(1), 1–16. <https://doi.org/10.47909/ijsmc.101>
- Antonenko, P. D., Niederhauser, D. S., & Toy, S. (2012). Using cluster analysis for data mining in educational technology research. *Educational*

Technology Research and Development, 60(3), 383–398.
<https://doi.org/10.1007/s11423-012-9235-8>

Antonenko, P. D., Niederhauser, D. S., & Toy, S. (2012). Using cluster analysis for data mining in educational technology research. *Educational Technology Research and Development*, 60(3), 383–398.
<https://doi.org/10.1007/s11423-012-9235-8>

Cadiz, M. C. D., Ibarra, F. P., Natividad, L. R., Manuel, L. A. F., & Reyes, M. M. (2024). Technology integration in Philippine higher education: A content-based bibliometric analysis. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*, 8(1), 35–47. <https://doi.org/10.22437/jiituj.v8i1.31807>

Du, X., Zhang, H., Xu, S., Shao, F., & Wu, S. (2017). Water quality assessment using hierarchical clustering based on Mahalanobis distance. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(7).
<https://doi.org/10.1007/s10661-017-6035-y>

Feng, G., Chen, Y., & Fan, M. (2022). Analysis and Prediction of Students' Academic Performance Based on Educational Data Mining. *IEEE Access*, 10, 19558–19571. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3151652>

Fuadi, D., Harsono, H., Syah, M. F. J., Wahyono, B., Suhaili, S., & Susilo, A. (2025). Self-Governance: Internationalization Management of Distinctive Higher Education Towards The World-Class University. *Indonesian Journal on Learning and Advanced Education (IJOLAE)*, 3(2), 96–113.
<https://doi.org/10.23917/ijolae.v3i2.11754>

Gill, S. K., Dhir, A., Singh, G., & Vrontis, D. (2021). Transformative Quality in Higher Education Institutions (HEIs): Conceptualisation, scale development and validation. *Journal of Business Research*, 138, 275–286.
<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.09.029>

Hauptman, M. (2020). Discourses on quality and quality assurance in higher education from the perspective of global university rankings. *Quality Assurance in Education*, 28(1), 78–88. <https://doi.org/10.1108/qaе-05-2019-0055>

- Jain, A. K., & Law, M. H. C. (2005). *Data Clustering: A User's Dilemma* (pp. 1–10). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/11590316_1
- Jayaprakash, S., Krishnan, S., & Jaiganesh, V. (2020). *Predicting Students Academic Performance using an Improved Random Forest Classifier*. 238–243. <https://doi.org/10.1109/esci48226.2020.9167547>
- Jovanovic, M., Vukicevic, M., Milovanovic, M., & Minovic, M. (2012). Using data mining on student behavior and cognitive style data for improving e-learning systems: a case study. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 5(3), 597. <https://doi.org/10.1080/18756891.2012.696923>
- Kanji, G. K., Malek, A., & Tambi, B. A. (1999). Total quality management in UK higher education institutions. *Total Quality Management*, 10(1), 129–153. <https://doi.org/10.1080/0954412998126>
- Leckey, J., & Neill, N. (2001). Quantifying Quality: The importance of student feedback. *Quality in Higher Education*, 7(1), 19–32. <https://doi.org/10.1080/13538320120045058>
- Lyytinen, A., Kohtamäki, V., Kivistö, J., Pekkola, E., & Hölttä, S. (2017). Scenarios of quality assurance of stakeholder relationships in Finnish higher education institutions. *Quality in Higher Education*, 23(1), 35–49. <https://doi.org/10.1080/13538322.2017.1294410>
- Marques, M., Zapp, M., Biesta, G., & Powell, J. J. (2017). How does research evaluation impact educational research? Exploring intended and unintended consequences of research assessment in the United Kingdom, 1986–2014. *European Educational Research Journal*, 16(6), 820–842. <https://doi.org/10.1177/1474904117730159>
- Mizikaci, F. (2006). A systems approach to program evaluation model for quality in higher education. *Quality Assurance in Education*, 14(1), 37–53. <https://doi.org/10.1108/09684880610643601>
- Nawaz, R., Aljohani, N. R., Visvizi, A., Shardlow, M., Hassan, S.-U., Sun, Q., & Kontonatsios, G. (2022). Leveraging AI and Machine Learning for National Student Survey: Actionable Insights from Textual Feedback to

- Enhance Quality of Teaching and Learning in the UK's Higher Education. *Applied Sciences*, 12(1), 514. <https://doi.org/10.3390/app12010514>
- Pecuchova, J., & Drlik, M. (2024). Enhancing the Early Student Dropout Prediction Model Through Clustering Analysis of Students' Digital Traces. *IEEE Access*, 12, 159336–159367. <https://doi.org/10.1109/access.2024.3486762>
- Ross, P. M., Scanes, E., Poronnik, P., Coates, H., & Locke, W. (2022). Understanding STEM academics' responses and resilience to educational reform of academic roles in higher education. *International Journal of Stem Education*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00327-1>
- Ruben, B. D. (2018). *Quality in Higher Education*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781351293563>
- Rudolph, J., Tan, S., Crawford, J., & Butler-Henderson, K. (2022). Perceived quality of online learning during COVID-19 in higher education in Singapore: perspectives from students, lecturers, and academic leaders. *Educational Research for Policy and Practice*, 22(1), 171–191. <https://doi.org/10.1007/s10671-022-09325-0>
- Sarikhani, Y., Shojaei, P., Rafiee, M., & Delavari, S. (2020). Analyzing the interaction of main components of hidden curriculum in medical education using interpretive structural modeling method. *BMC Medical Education*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-020-02094-5>
- Schaeper, H. (2019). The first year in higher education: the role of individual factors and the learning environment for academic integration. *Higher Education*, 79(1), 95–110. <https://doi.org/10.1007/s10734-019-00398-0>
- Srikanthan, G., & Dalrymple, J. (2003). Developing alternative perspectives for quality in higher education. *International Journal of Educational Management*, 17(3), 126–136. <https://doi.org/10.1108/09513540310467804>
- Steinhardt, I., Götze, N., Schneijderberg, C., Krücken, G., & Baumann, J. (2016). Mapping the quality assurance of teaching and learning in higher education: the emergence of a specialty? *Higher Education*, 74(2), 221–237. <https://doi.org/10.1007/s10734-016-0045-5>

Tight, M. (2020). *Research into Quality Assurance and Quality Management in Higher Education* (pp. 185–202). Emerald. <https://doi.org/10.1108/s2056-375220200000006012>

Vykydal, D., Folta, M., & Nenadál, J. (2020). A Study of Quality Assessment in Higher Education within the Context of Sustainable Development: A Case Study from the Czech Republic. *Sustainability*, 12(11), 4769. <https://doi.org/10.3390/su12114769>

Wang, H., Qi, H., & Zhang, G. (2024). Grouping Subspace Segmentation. *IEEE Signal Processing Letters*, 1. <https://doi.org/10.1109/lsp.2013.2251333>

De esta edición de *“Ecuaciones estructurales y análisis de agrupamiento para la evaluación de la calidad en educación superior”*, se terminó de editar en la ciudad de Colonia del Sacramento, en la República Oriental del Uruguay, el 8 de agosto de 2025.

EST. 2021
EMC
EDITORIAL MAR CARIBE

ECUACIONES ESTRUCTURALES Y ANÁLISIS DE AGRUPAMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD EN EDUCACIÓN SUPERIOR

ISBN: 978-9915-698-26-7



9 789915 698267

ESCRITO POR:

José Ricardo Rasilla Rovegno
Omar Tupac Amaru Castillo Paredes
Jorge Amador Lopez Herrera
Víctor Manuel Asenjo Castro
Jose Farfán García
Teodoro Moore Flores
Santiago Rodolfo Aguilar Loyaga