

# [211010] Diseño de una herramienta basada en las metodologías de decisión multicriterio para diagnosticar los factores críticos en la educación mediada por tecnologías de la información.

Daniel Felipe Gutiérrez Gallo<sup>a,c</sup>, Juan Sebastián Karam Moros<sup>a,c</sup>, Paula Camila Montenegro Gelvez<sup>a,c</sup>, Jairo David Pedraza González<sup>a,c</sup>

Ricardo Abad Barros<sup>b,c</sup>, Héctor López<sup>b,c</sup>

<sup>a</sup>Estudiante de Ingeniería Industrial

<sup>b</sup>Profesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Industrial

<sup>c</sup>Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

---

Today we live in a society immersed in technology, the development of societies has changed and along with it the way of educating through the use of ICTs. Educational institutions, with the contingency situation given by the Covid-19, had to migrate to an education mediated by information technologies. The main objective of this project is the design of a tool to measure the critical factors in higher education institutions that use teaching methodologies mediated by information technologies through the implementation of one or more multi-criteria decision tools (MCDM) that identify and prioritize these factors that influence the learning and work of students, teachers, and faculty directors, in order to diagnose the development of the education offered by educational institutions.

Actualmente se vive en una sociedad inmersa en la tecnología, el desarrollo de las sociedades ha cambiado y junto con ello la manera de educar por medio del uso de TIC's. Las instituciones educativas, con la situación de contingencia dada por la Covid-19, tuvieron que migrar a una educación mediada por tecnologías de información. El objetivo principal del presente proyecto es el diseño de una herramienta que permita medir los factores críticos en instituciones de educación superior que utilicen metodologías de enseñanza mediadas por tecnologías de la información a través de la implementación de una o varias herramientas de decisión multicriterio (MCDM) que identifiquen y jerarquicen dichos factores que influyen en el aprendizaje y labor de los estudiantes, profesores y directivos, con el fin de diagnosticar el desarrollo de la educación ofrecida por las instituciones educativas.

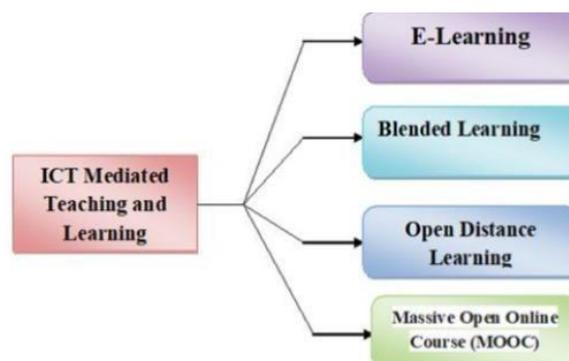
*Palabras claves: Educación, Tecnologías de la información, factores, variables, Herramienta multicriterio*

## 1. Justificación y planteamiento del problema

Las Tecnologías de Información y Comunicación, más conocidas como TIC's, se han convertido en una herramienta esencial para la cotidianidad. La economía, los procedimientos gubernamentales, las relaciones interpersonales, la cultura y la misma educación se han sumergido en esta ola tecnológica. Un campo importante que ha estado en constante crecimiento y evolución es el sistema de aprendizaje en la educación superior, el cual ha adoptado diferentes modelos de aprendizaje mediados por TIC's para incluir la tecnología en la promoción del conocimiento. Cabe resaltar que, un sistema de aprendizaje es el medio diseñado para organizar un curso y facilitar a los estudiantes el dominio de los objetivos de aprendizaje (W.Remus, 1978), ya que actualmente, estos sistemas se han trasladado a las tecnologías de comunicación clasificándose en diferentes categorías, desde el conocido E-learning, hasta métodos de auto aprendizaje como Blend-Model y unos con mayor alcance como el MOOC o el Aprendizaje abierto a distancia. (Ver Figura 1.) Todos estos son modelos que mezclan el tradicional modo de enseñar en un aula de clase, pero incursionando en una mayor interacción y lúdica por medio de contenido multimedia.

Por su parte, la educación ha venido evolucionando pese a los fenómenos que han impactado a la humanidad, uno de ellos es la pandemia, que desde el año 2020 azotó al mundo. Tal como lo afirma Hodges et al., (2020), la crisis sanitaria de la Covid-19 ha representado un gran desafío para estudiantes, profesores y directivos, ya que han tenido que efectuarse cambios en el curso normal de la vida para adaptarse a una interacción a la distancia, lo que quiere decir que, el trabajo colaborativo y la educación tuvo que transformarse, pasando de una educación tradicional a una mediada por las tecnologías de información. Lo que conllevó un cambio drástico para profesores y directivos, preparando e impartiendo clases desde casa, con las dificultades que esto conlleva, algunas de ellas son: la falta de herramientas (computadores e internet), la congestionada red de internet, la desmotivación de los estudiantes, el cambio de metodología para evitar la deserción, la crisis económica mundial y demás factores que obstaculizan el desarrollo normal de la educación. Zalat M, et al., (2021)

Figura 1. Categorías de educación mediadas por TIC's. (Adhikary & Sana,2017)



Es por esto que, surge una gran necesidad, la de evaluar el éxito de estos nuevos modelos de educación incorporando la tecnología entre sus metodologías, lo cual está planteado en un estudio realizado entre 1981 y 1987 por DeLone y McLean en donde se emplean modelos matemáticos, como el Information Systems Success (ISS), que analizan variables específicas como la calidad del sistema (SQ), la calidad de la información (IQ), uso, satisfacción del usuario, impacto individual e impacto organizacional que influyen en el buen desempeño de la educación remota, Delone, McLean (1992). Según el análisis de los anteriores autores, es relevante identificar variables concretas que impacten directamente a los actores involucrados en estos modelos de enseñanza. Razón por la cual, Al-Fraihat y Masa'deh (2021), además de proponer otras variables como satisfacción percibida, utilidad percibida, uso del sistema y beneficios, plantean como objetivo principal medir el éxito del modelo, haciendo uso de una muestra significativa e implementando herramientas estadísticas, que permitan adquirir información sobre características cuantitativas y cualitativas de los factores que tanto profesores como estudiantes consideran importantes en la educación soportada por tecnologías. Estas herramientas están compuestas por modelos estadísticos, recolección de información y criterios relevantes, permitiendo determinar los elementos de peso que establecen como críticos los factores en la educación mediada por tecnologías.

Por otra parte, algunos de los factores que le otorgan una perspectiva diferente a los estudios previos sobre la efectividad de este sistema educativo, es el estudio de la satisfacción de las personas que están involucradas con la educación sustentada por TIC's, tal como lo afirma Nassoura (2020) quien plantea que través del diseño de una escala es posible medir la percepción de los estudiantes sobre el aprendizaje en línea y llega a la conclusión de que para futuros estudios es importante examinar la relación entre las variables demográficas y los sentimientos de los estudiantes del aprendizaje en línea.

Otro de los factores que afectan el aprendizaje de estas nuevas tecnologías son los altos niveles de deserción en la educación, sin importar la modalidad en la que se desarrolle, estos están relacionados con aspectos psicológicos, en la actitud y emocionalidad del estudiante, lo cual podría ser mejor evaluado y analizado para evitar brechas en las cifras de deserción que se presentan en el mundo. Según Kizilec y Halawa (2016), Apuntan que, para abordar investigaciones sobre la efectividad del sistema educativo soportado por

tecnologías, además de sólo tener en cuenta la tecnología y las técnicas, se debe considerar en la investigación al alumno, tanto su entorno y su acceso a los recursos como lo son: computadores, bibliotecas, internet, etc. Adicional a esto, los autores exponen que, en Latinoamérica, más precisamente América del sur, se encuentra por debajo de América del Norte en accesibilidad a este tipo de sistemas lo que limita la permanencia de las personas y culminación de los cursos.

En el caso específico de Colombia, la deserción que se presentó para el año 2015, fue del 32,6% para los estudios técnicos y del 9,3% para los universitarios según Melo-Becerra (2017). Las causas sobre esta deserción se sustentan en la combinación de los factores sociales, económicos, familiares e individuales según SINES (2016), estos factores afectan el cumplimiento de las obligaciones estudiantiles, además de la alta brecha económica para acceder a la educación de calidad lo que impide el acceso a estas instituciones. Así mismo, la educación en el país es un privilegio, por ejemplo, en el año 2014, constatando que la cobertura de la educación esta centralizada en las ciudades principales, como la capital Bogotá DC con un 97,6% y Medellín con 53,4%, contrastándolo con los demás departamentos no llega a estar por encima del 12%. Según el Sistema Nacional de Información de la educación superior (SNES) (2016) esto ha venido cambiando con el tiempo, aumentando la oferta de los cursos que se ofrecen, pero solo el 16% están acreditados con alto nivel de calidad en la educación superior.

Para erradicar la baja cobertura de educación el ministerio de educación de Colombia expuso el decreto 1295 del 20 de abril del 2010 en el capítulo VI, para los programas a distancia “Corresponde a aquellos cuya metodología educativa se caracteriza por utilizar estrategias de enseñanza - aprendizaje que permiten superar las limitaciones de espacio y tiempo entre los actores del proceso educativo”. Antes de la pandemia de la Covid-19, estos programas tuvieron un auge, pero los programas presenciales siempre han sido los más escogidos, según el estudio de Estévez y Castro (2015) las principales limitaciones son el funcionamiento de las plataformas, ancho de banda, cobertura de servicio del internet y la carencia de los espacios para el acercamiento entre las partes.

Figura 2. Diagrama de Ven que reúne los diferentes tipos de aprendizaje mediado por tecnologías, que se desean estudiar. En este caso no se tendrán en cuenta aquellos modelos que se imparten de manera global. Creación Propia



El país se enfrenta a un reto mayor en la cobertura de la educación, esto debido la suspensión de los programas presenciales por la pandemia del COVID-19, pasando todos los programas presenciales a virtuales o distancia. Esta medida mandataria fue ejecutada rápidamente por organizaciones privadas con grandes recursos, pero estas se afectaron debido a que sus matrículas se disminuyeron frene al año pasado según el DANE (2021), las otras instituciones les tomó un poco más de tiempo adaptarse. Sin embargo, el uso de esta

nueva forma para enseñar no generó una buena aceptación, según el periódico Las2Orillas (2020) la educación virtual fue un fracaso, según ellos principalmente por la falta de infraestructura, la baja cobertura del internet, la falta de dispositivos para recibir la clase y la capacitación de los profesores.

Es por esto que, el presente estudio sobre educación mediada por tecnologías de la información (Ver Figura 2) propone evaluar los factores críticos de estudiantes, profesores y directivos que intervienen en estas modalidades de aprendizaje mediadas por la tecnología. Se hace uso de herramientas multicriterio ya que estas permiten evaluar más de un factor o variable al mismo tiempo y ayuda a tomar decisiones, en este caso, en la priorización de las variables que requieren acción inmediata en la educación mediada por TIC's, de manera que se mejore y evolucione la educación. Por su parte, es un estudio significativo para la nación, dado que la literatura muestra investigaciones en diferentes países y muy pocas en el territorio nacional, por lo que el contexto social y cultural no se puede asumir de la misma manera y es un potencial campo de estudio para encontrar nuevos factores, comparando los resultados de otras investigaciones y encontrando nuevos métodos para trasladar la educación tradicional a una de manera virtual ofreciendo altos estándares de calidad y el desarrollo de competencias en estudiantes y docentes (EAFIT, 2021). Con esto se busca dar respuesta a la pregunta: *¿Cuáles son los factores críticos que afectan la efectividad de la educación mediada por las tecnologías de la información?*

## 2. Antecedentes

Las herramientas de aprendizaje mediado por tecnologías de la información han tenido un incremento en su uso debido a condiciones recientes de pandemia, por lo tanto, se vuelve necesario un acercamiento a conocer cuáles son los factores que generan éxito en esta modalidad de educación por lo que en esta sección se realiza una revisión de literatura.

Inicialmente, se destaca el trabajo de Naveed et al., (2020), el cual trabajó cinco dimensiones con un total de 25 factores, de los cuales se escogen los cinco factores críticos de éxito que permiten mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje. Este estudio muestra que con el desarrollo de herramientas como Analytic hierarchy process (AHP) y Fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) se logra medir el impacto de cada factor, además, de que al utilizar el FAHP logra evitar los sesgos como el juicio humano y brinda ventajas de precisión en el cálculo de las ponderaciones de las dimensiones.

Los estudios realizados en esta área buscan encontrar los factores que más influyen en el aprendizaje mediado por tecnologías de la información, por ejemplo, Karamollah et al., (2014) trabajó con un modelo de aprendizaje colaborativo virtual, en el que definió cuatro parámetros que tienen incidencia en el aprendizaje de los estudiantes, como los son: calidad del sistema, calidad de la información, calidad del servicio y la comunidad de aprendizaje, dentro de los cuales se evalúan los factores que más influyen en el aprendizaje virtual. Dentro de los cuatro parámetros mencionados por el autor, se escogieron quince factores, los cuales fueron medidos con una encuesta realizada a 150 estudiantes de carreras relacionadas con tecnologías de la información, con los datos obtenidos se demostró que la calidad del sistema tiene una influencia positiva en la percepción del sistema que se utiliza para el aprendizaje online.

Por otro lado, Nassoura, A. B (2020) se enfocó en medir igualmente cuatro aspectos críticos como las características del instructor (IC), la presencia social (SP), el diseño instructivo (ID) y la confianza (TR). La investigación indicó cuales factores críticos influyen en las percepciones de los estudiantes, además, sugiere que cualquier investigación futura debería examinar la relación entre las variables demográficas y los sentimientos de los estudiantes respecto al aprendizaje en línea. Con base en lo anterior, se sabe que en los estudios realizados hubo aspectos que pueden influir en la experiencia que tienen los estudiantes con el aprendizaje virtual que son ajenos a las herramientas o metodologías usadas, aspectos como el contexto en el que viven y los sentimientos de las personas pueden afectar la experiencia del aprendizaje virtual.

Según los escenarios vistos anteriormente, podemos concluir que estas investigaciones buscan describir los factores que influyen en el aprendizaje en línea, aunque todos aplicados a una población objetivo y contextos distintos. Cada uno de los autores identifica los posibles factores a tener en cuenta y recomendaciones para próximas investigaciones, como la planteada por Nassoura, quien propone que además de estudiar los factores enfocados únicamente a la experiencia ofrecida por la institución educativa, se tenga en cuenta el contexto en el que vive el estudiante, ya que puede ser un factor influyente en el desempeño de este.

Es preciso señalar que Cochran J. D et al., (2016) propone que además de hacer un estudio en los estudiantes se haga también en los profesores, al encontrar que uno de los factores que afectan el aprendizaje está en manos de los instructores. En esta investigación se encuentra que para la mayoría de los estudiantes era una ventaja el aprendizaje virtual por la comodidad y flexibilidad que esto les brinda, siendo la calidad del aprendizaje igual o incluso mayor que de forma presencial. Sin embargo, los estudiantes pertenecientes a grupos de debate percibieron que sus interacciones no eran valiosas para el proceso de aprendizaje, razón por la que concluyen que se necesita más investigación para determinar si el problema es el propio mecanismo de enseñanza que se estipuló, el conocimiento del instructor sobre cómo utilizar eficazmente el mecanismo de enseñanza o la falta de claridad en cuanto a la relación de la tarea con los objetivos de aprendizaje. Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario conocer si el mecanismo que utilizan los profesores para poder compartir los conocimientos al estudiante es utilizado apropiadamente.

Por su parte, para buscar el mejor enfoque pedagógico Almohammadi, K. et al., (2017) tienen en cuenta que es importante definir la metodología en este tipo de educación, haciendo necesario realizar la evaluación de cómo los profesores diseñan una metodología de enseñanza acorde a su campo. Los autores, trabajaron en un sistema que implementa lógica difusa tipo 2 donde se mide el grado de compromiso de los estudiantes tanto en la enseñanza a distancia como en la presencial. En el estudio participaron seis profesores y 30 estudiantes de la universidad de Essex, con los cuales se logra obtener información acerca de cuál es la mejor metodología que puedan utilizar los profesores para mejorar la satisfacción y aprendizaje de los estudiantes

Por otro lado, Naveed et al. (2020) evaluaron el manejo y apoyo institucional para el aprendizaje mediado por tecnologías de la información teniendo en cuenta factores críticos como son la preparación financiera, formación de los usuarios y apoyo al profesorado. Se hace relevante evaluar el manejo por parte de la institución ya que esto es influyente para la satisfacción percibida por todas las partes interesadas.

Para desarrollar una herramienta que mida los factores críticos que influyen en el aprendizaje mediado por tecnologías de la información es necesario evaluar los factores en estudiantes, profesores y directivos de la institución educativa y relacionarlos con el contexto financiero, social y regional Naveed et al., (2020). De igual modo, es pertinente tener en cuenta los sentimientos de los actores, ya que estos afectan la experiencia del aprendizaje virtual Nassoura A. B (2020). Adicionalmente, los estudios revisados establecen en sus modelos, herramientas que permitan disminuir el sesgo en los resultados del estudio, como lo son *Fuzzy logic* y *Fuzzy analytic hierarchy process*, estas permiten medir y comprender las expresiones que usan las personas entrevistadas. Por lo tanto, en este proyecto es necesario usar este tipo de herramientas, con el fin de comprender los cuantificadores de calidad usados por las personas (mucho, muy, un poco, bastante, etc.).

El presente proyecto, busca identificar por medio del uso de herramientas de decisión multicriterio cuáles son los factores significativos en las actividades de aprendizaje mediado por las tecnologías de información y comunicación, para estudiantes, profesores y directivos de una institución de educación superior. Teniendo en cuenta las recomendaciones e información extraída de los artículos previamente mencionados se diseñará la herramienta utilizando modelos matemáticos para reducir la subjetividad de la información recolectada, como por ejemplo lógica difusa.

### **3. Objetivos**

*Evaluar el sistema de aprendizaje en la educación superior que es soportado por tecnologías de la información mediante el diseño de una herramienta (cualitativa-cuantitativa) que permita identificar, medir y priorizar los factores críticos que influyen en esta modalidad de enseñanza virtual.*

- Describir los factores que afectan el aprendizaje mediado por las tecnologías de información y comunicaciones teniendo en cuenta la manera en que influyen en estudiantes, profesores y directivos, basado en investigaciones previas.
- Diseñar la herramienta con base en las técnicas de decisión multicriterio que permita medir y priorizar los factores descritos.
- Diseñar un instrumento de recolección de información para aplicar a estudiantes, profesores y directivos del programa de ingeniería industrial de la Pontificia universidad Javeriana que permita obtener la valoración de los factores.

- Medir en los estudiantes, profesores y directivos los factores a partir de la aplicación de la encuesta.
- Analizar los resultados obtenidos a partir del instrumento de recolección de información haciendo uso de la herramienta de decisión multicriterio, incluyendo la revisión de las implicaciones y estudios de sensibilidad de los factores.
- Validar la herramienta diseñada.

#### 4. Metodología

En primer lugar, se realizó una investigación de artículos relacionados con el tema, con la que se determinaron las variables y los ejes centrales a la investigación, permitiendo definir los factores que más influyen en la educación mediada por las tecnologías y del modelo de decisión multicriterio. Seguido a esto, se realizó el diseño de los instrumentos de recolección de información que fueron aplicados a la población de estudio: 1067 estudiantes, 35 maestros y 6 de personal directivo, de estos últimos 5 de ellos jefes de sección y un jefe de departamento. Cada uno de estos actores, se encontraban ejerciendo aprendizaje virtual mediado por las tecnologías de información y comunicaciones en la Carrera de Ingeniería Industrial.

Con los resultados obtenidos se diseñó y aplicó una herramienta compuesta por modelos matemáticos que permitieron reducir la subjetividad de la información recolectada, posterior a esto se utilizaron metodologías de decisión multicriterio con el fin de comparar los factores y así establecer prioridad e importancia en estos para cada actor: estudiante, profesor y directivos. Una vez establecidos los factores críticos se aplicaron pruebas matemáticas buscando asociaciones o relaciones que tengan los factores, y con la información obtenida se revisó la factibilidad de la herramienta propuesta. Finalmente, se concluyeron cuáles son los factores críticos con base en los resultados obtenidos al usar la herramienta diseñada.

Tras la investigación en la literatura sobre estudios relacionados con e-learning, educación virtual, educación Online, Blend.model, MOOC, se extrajeron los factores que se definían en estas investigaciones con respecto a sus actores, estudiantes, profesores y directivos. Así mismo se caracterizó cada grupo de factores con un nombre de categoría, una definición y la descripción de este, donde encontramos factores en la categoría tecnología, calidad del internet, acceso de la información, interacción, herramientas, servicio, actitud, autonomía, capacitación, ahorro, evaluación, son algunos de ellos.

Con la definición de estos factores se realizaron dos encuestas en la carrera de ingeniería industrial de la Pontificia Universidad Javeriana a estudiantes, profesores y directivos. Cada actor contaba con una encuesta independiente que preguntaba por los factores anteriormente listados y para esto se utilizó la aplicación Forms de Office 365. En el primer cuestionario, se preguntaba la percepción del actor frente a cada factor respecto a las modalidades de enseñanza, es decir, el encuestado califica con una escala de likert de 1 a 5 la importancia que tiene cada factor en cada una de estas modalidades que se trabaja actualmente en la Pontificia Universidad Javeriana, dentro de las cuales se encuentran:

**Presencial con alternancia:** clases que alternan la presencialidad con sesiones en modo remoto. En las sesiones presenciales se requiere de la presencia física del profesor y del estudiante en el campus.

**Combinado:** clases en las que el profesor y un grupo de estudiantes está presencialmente en el aula y otro grupo de estudiantes se conecta en forma remota.

**Combinado con alternancia:** clases que alternan sesiones combinadas con otras sesiones en modo remoto.

**Remoto:** clases que desarrolla el profesor a distancia de manera sincrónica con el apoyo de herramientas tecnológicas.

Por otro lado, la segunda encuesta preguntaba por la importancia que cada actor le daba a cada factor para identificar aquellos que fueran críticos para el éxito de una educación mediada por tecnologías. La valoración en las encuestas se realizó con la escala de Likert con un rango de 1 a 5.

Una vez recolectada la información, se procedió a depurarla, eliminando los resultados que no fueron utilizados en el estudio, ya que algunos actores no aceptaron el uso de tratamiento de datos. Adicionalmente, para validar la herramienta de recolección de información diseñada, se realizó el análisis del índice de Cronbach, el cual es usado para medir la confiabilidad del tipo consistencia interna de una escala, es decir, para evaluar la magnitud en que los factores de un instrumento están correlacionados. Rogers WM, et al., (2002).

Para ello, hallamos el índice de Cronbach por medio de la matriz de correlaciones la cual se crea apoyándose del software SPSS y por medio del análisis de variaciones en un formato de Excel dependiendo de la cantidad de datos por analizar.

$$\alpha = \frac{np}{1 + p(n - 1)}$$

$\alpha$  = Alfa de Cronbach

$n$  = Número de factores

El número de factores es la cantidad de respuestas obtenidas de las encuestas, es decir, se tendrán en cuenta la suma de todos los resultados de las dos encuestas. De la encuesta que evalúa cada factor por modalidad, la calificación de un factor nos arrojará un resultado por modalidad, es decir de esta encuesta obtendremos 4 resultados por cada factor evaluado. Por otro lado, de la encuesta de importancia de cada factor obtendremos un único resultado por factor.

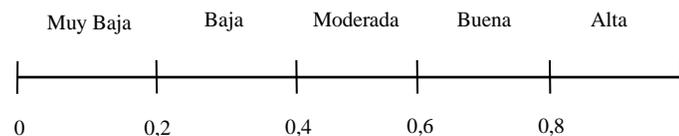
$p$  = Ponderación

La ponderación corresponde a la sumatoria de la suma del coeficiente de correlación de Pearson de cada uno de los factores, dividido entre el número de correlaciones obtenidas por cada uno de los factores.

$$p = \frac{\sum_1^{Factor i} \sum_1^j Pearson_{j,Factor i} + Pearson_{j+1,Factor i}}{\#Correlaciones obtenidas}$$

Este índice nos da como resultado un valor entre 0 y 1, siendo 0 el valor más bajo de fiabilidad y 1 el valor más alto de fiabilidad.

Ilustración 1. Escala Fiabilidad Alpha de Cronbach.



Por otro lado, en el caso de los estudiantes, debido al elevado número de respuestas, se decidió realizar un clúster jerárquico con el fin de agrupar estudiantes en clústeres con resultados similares, siendo estos diferentes entre sí. Esta agrupación se realizó utilizando el método de varianza mínima de Ward en SPSS, el cual calcula la distancia entre los miembros del clúster y el centroide. Donde, el centroide de un clúster se define como el punto en el que se minimiza la suma de las distancias euclidianas al cuadrado entre el propio punto y cada uno de los demás puntos del clúster. E Strauss et al. (2017).

Posteriormente, con la información filtrada y con los clústeres identificados se realizaron análisis que permitieron describir la situación encontrada, para estos análisis se implementaron dos metodologías, TOPSIS y estadística descriptiva. En el caso del TOPSIS, para ponderar cada factor en las cuatro alternativas de educación (presencial con alternancia, combinado, combinado con alternancia y remoto) se empleó el promedio de los 221 datos recolectados en ambos cuestionarios, para así proceder con la metodología TOPSIS (Urrea, et al., 2020):

1. Realizar la matriz de decisión con m alternativas que en nuestro caso representan cada modalidad de enseñanza y m criterios que corresponden a cada uno de los factores presentes en el estudio.
2. Normalización de la matriz

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}}}$$

3. Multiplicar la matriz normalizada por el vector de prioridad de los criterios.
4. Calcular la solución ideal positivas y negativas

$$A^+ = \{(\max v_{ij} | jiej), (\min v_{ij} | jiej')\} \forall J = 1,2,3, \dots, n$$

$$A^- = \{(\min v_{ij} | jiej), (\max v_{ij} | jiej')\} \forall J' = 1,2,3, \dots, n$$

5. Una vez definidas la solución ideal positiva y negativa calcular la distancia euclidiana entre las soluciones y las alternativas.
6. Calcular la proximidad relativa a la solución ideal utilizando la siguiente ecuación:

$$\bar{R}_i = \frac{\bar{d}_i^-}{\bar{d}_i^+ + \bar{d}_i^-}$$

7. Luego se listan los valores obtenidos de mayor a menor, buscando así la de mayor valor o que esté más próxima al 1 ya que será la alternativa de mayor prioridad.

En cuanto a la aplicación de estadística descriptiva, se realizaron dos procesos uno para estudiantes y otro para profesores y directivos, pese a la densidad de la muestra. Para los estudiantes, por medio de la clusterización, se caracterizó cada agrupación con aspectos demográficos que fueron recolectados en los cuestionarios, así como con la valoración de importancia que les otorgaron los estudiantes a los factores evaluados en el estudio. Por su parte docentes y directivos, fueron analizados con respecto a las respuestas obtenidas en ambos cuestionarios, es decir, de acuerdo con el ranking que derivaba de la calificación de importancia de los factores y la ponderación de factores en la herramienta TOPSIS.

## ANÁLISIS FACTORIAL

Una vez identificados los clústeres, se realizó el análisis factorial con el objetivo de identificar los factores principales que pueden describir las variables trabajadas en el grupo de los estudiantes. Para este análisis se realiza, en primera instancia, una medida de KMO y una prueba de Bartlett para poder estudiar la matriz de correlaciones y la idoneidad del análisis factorial.

La prueba de KMO nos indica si las correlaciones parciales entre las variables son pequeñas. La prueba de esfericidad de Bartlett contrasta si la matriz de correlaciones es una matriz de identidad, que indicaría que el modelo factorial es inadecuado. IBM (2017) Por su parte, para escoger el número adecuado de factores se revisa la varianza total explicada por cada componente y el análisis de caída.

Con los clústeres identificados, se realiza un análisis de la prueba estadística CHI-Cuadrado ( $\chi^2$ ), esto para identificar si las variables demográficas influyen en el comportamiento de cada clúster. Después, se procede a determinar los factores que más describen los clústeres y los que menos, para esto se utiliza una prueba

estadística de ANOVA (análisis de varianza para comparar múltiples medias), lo cual busca comparar las medias de cada uno de los factores en los diferentes clústeres.

## 5. Resultados

Considerando estudios previos, sobre la identificación de factores críticos en entornos de aprendizaje, para el desarrollo de este trabajo de grado, serán tomados como base para la identificación de los componentes críticos que intervienen en el éxito de la educación mediada por tecnologías, evaluados en estudiantes, profesores y directivos de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana.

Algunos estudios Naveed et al., (2020) clasifican los factores en dimensiones como lo son: servicio de gestión institucional, instructores, sistema y tecnología, estudiantes y diseño de contenidos. De estos grupos se definieron factores que apliquen al contexto de una universidad que tenga varias modalidades de educación mediada por tecnología de la información. Teniendo en cuenta lo anterior se determinaron los siguientes factores para estudiantes, profesores y directivos (Tabla No 1 a 3), en donde se identificó el factor, su definición, qué mide y el artículo que lo respalda.

Para los estudiantes se identificaron un total de 27 factores los cuales son explicados y referenciados en la Tabla 1.

Tabla No. 1. Factores para los estudiantes.

<b>Factores estudiantes</b>			
<b>Factor</b>	<b>Definición</b>	<b>¿Qué mide?</b>	<b>Artículos</b>
Calidad del internet	Calidad Internet	Que tan buena es la calidad del internet que tiene según la percepción del estudiante, es decir, si con su conexión puede ver las clases de manera fluida y cómoda o tienen intermitencia.	Thierry Volery (2000); Lee Freeman & Andrew Urbaczewski, (2016); Abdullah Alhabeeb et al., (2018); Ammar Y. et al., (2020); Naveed, mua et al., (2017)
	Tecnológica		
Eficacia Informática	Herramientas (computador)	Conocer si el computador con el que cuentan es una máquina rápida o es ineficiente y se traba, o es bastante lento. Si es Mac no puede instalar programas sin compatibilidad para desarrollar las temáticas de las asignaturas y ya no se cuenta con el campus-máquina virtual muy lenta.	Thierry Volery (2000); Lee Freeman & Andrew Urbaczewski, (2016); Abdullah Alhabeeb et al., (2018); Ammar Y. et al., (2020); Naveed, mua et al., (2017); Yakup Çelze et al., (2019)
	Tecnológica		
Apoyo e interactividad en el sistema	Comunicación directivos	Opinión acerca de la manera en la que se responden las solicitudes que se hacen a la universidad.	Ammar Y. et al., (2020); Kurdi B.Aih et al., (2020)
Participación del instructor	Comunicación Profesores	Opinión acerca de la manera en la que se responden las solicitudes que se hacen a los profesores.	Shahid FaeM si., (2018); Kurdi B.Aih et al., (2020)
Desarrollo del curso	Sistemas de información	Si está de acuerdo en que se utilicen dos plataformas para trabajar, tales como Blackboard y Teams o preferiría que se unificara el trabajo en una sola.	Thierry Volery (2000); Lee Freeman & Andrew Urbaczewski, (2016); Ammar Y. et al., (2020); Naveed, mua et al., (2017); Shahid FaeM si.,
	tecnológica		

			(2018)
Intención de uso del sistema	Características sistema	El sistema de e-learning tiene características atractivas para atraer a los usuarios.	Thierry Volery (2000); Lee Freeman & Andrew Urbaczewski, (2016); Ammar Y. et al., (2020) Ammar Y. et al., (2020); Rosa Estriagana et al. (2019)
Apoyo e interactividad en el sistema	Calidad de la clase	Los estudiantes que tan claro escuchan o entienden las clases presentadas por el profesor.	Abdullah Alhabeeb et al., (2018); Shahid FaeM si., (2018)
	Pedagogía		
Disponibilidad de herramientas	Acceso a la información (estudiantes)	El alcance a la información necesaria para la clase- no se tiene el mismo acceso a las herramientas del campus, los libros físicos de la biblioteca ya no se cuentan...- Capacitar mejor a los estudiantes para usar las Bases de Datos.	Thierry Volery (2000); Lee Freeman & Andrew Urbaczewski, (2016); Shahid FaeM si., (2018); Kurdi B.Aih et al., (2020); Yakup Çelze st., (2019)
	Pedagogía		
Carga académica	Calidad de los trabajos	La complejidad de los trabajos se ve afectada por la virtualidad, hay una mayor carga.	Lee Freeman & Andrew Urbaczewski, (2016); Kurdi B.Aih et al., (2020)
	Pedagogía		
Mejora	Servicio	El sistema de aprendizaje electrónico ayuda a la universidad a ofrecer mejores productos o servicios a los estudiantes	Lee Freeman & Andrew Urbaczewski, (2016); Ammar Y. et al., (2020); Kurdi B. Aih et al., (2020)
Compromiso/empeño o	Actitud estudiante	Realizan actividades aparte de estudiar en el transcurso de su horario de clase, si se suele dispersar y no le presta atención a la clase	Thierry Volery (2000); Abdullah Alhabeeb et al., (2018); Ammar Y. et al., (2020)
Ansiedad por el computador	Ansiedad	Al estudiante le genera rechazo usar un computador	Ammar Y. et al., (2020); Naveed, mua et al., (2017) Kurdi B.Aih et al., (2020)
Disponibilidad tecnológica	Soporte técnico	Se tiene acceso a al software, hardware y demás herramientas de última tecnología.	); Lee Freeman & Andrew Urbaczewski, (2016); Abdullah Alhabeeb et al., (2018); Ammar Y. et al., (2020); Shahid FaeM si., (2018); Corlane barclay et al., (2018); Yakup Çelze st., (2019)
Interactividad	Interactividad	Interacción entre los usuarios y los ordenadores y otras personas a través de una interfaz de usuario	Lee Freeman & Andrew Urbaczewski, (2016); Abdullah Alhabeeb et al., (2018); Ammar Y. et al., (2020); Naveed, mua et al., (2017); Shahid FaeM si., (2018); Kurdi B.Aih et al., (2020)
Beneficio económico	Ahorro	El sistema de e-learning ayuda al estudiante a ahorrar costes	Kurdi B.Aih et al., (2020)

Autonomía	Autonomía	Que tan autónomo es el estudiante	Abdullah Alhabeeb et al., (2018); Ammar Y. et al., (2020); Naveed, mua et al., (2017); Shahid FaeM si., (2018); Juan L. Gomez G., (2008)
Utilidad percibida	Pedagogía	El sistema de aprendizaje apoyado por TI's ayuda al estudiante a alcanzar su objetivo	Lee Freeman & Andrew Urbaczewski, (2016); Abdullah Alhabeeb et al., (2018); Kurdi B.Aih et al., (2020)
Actitud estudiante	Capacitación	El estudiante considera que la universidad brinda las herramientas necesarias para poder desarrollar la educación virtual.	Thierry Volery (2000); Lee Freeman & Andrew Urbaczewski, (2016); Kurdi B.Aih et al., (2020); Yakup Çelze st., (2019)
Actitud estudiante	Actividades asincrónicas	El estudiante considera que las actividades asincrónicas son importantes para su aprendizaje.	Kurdi B.Aih et al., (2020)
Presencia social	Ambiente entre instructor y estudiante	Presencia social: capacidad/habilidad de interacción manifestada a través de los mensajes y comunicaciones en los que se ponen de manifiesto la existencia de sentimientos de pertenencia, vinculación e identidad como personas reales que se proyectan social y emocionalmente en su comunidad	Juan L. Gomez G., (2008)
Ambiente de aprendizaje	Ambiente de aprendizaje del estudiante	Entorno de aprendizaje del estudiante	Thierry Volery (2000); Ammar Y. et al., (2020); Naveed, mua et al., (2017)
Evaluación del aprendizaje	Evaluación	La evaluación que se le realiza al estudiante es adecuada (Retroalimentación, acompañamiento, etc)	Lee Freeman & Andrew Urbaczewski, (2016); Ammar Y. et al., (2020)4
Percepción de aprendizaje	Aprendizaje	El estudiante siente que aprende en esta modalidad de aprendizaje	Thierry Volery (2000); Lee Freeman & Andrew Urbaczewski, (2016); Naveed, mua et al., (2017)

Para los profesores se identificaron un total de 15 factores los cuales son explicados y referenciados en la Tabla 2.

Tabla No. 2. Factores para los profesores.

<b>Profesores</b>			
<b>Factor</b>	<b>Definición</b>	<b>¿Qué mide?</b>	<b>Artículos</b>
Calidad del internet	Calidad Internet	Que tan buena es la calidad del internet que tiene según la percepción, es decir, si con su conexión puede ver las clases de manera fluida y cómoda o tienen intermitencia.	Lee Freeman & Andrew Urbaczewski, (2016); Abdullah Alhabeeb et al., (2018); Ammar Y. et al.,
	tecnológica		

			(2020); Naveed, mua et al., (2017)
Eficacia Informática	Herramientas (computador)	Conocer si el computador con el que cuentan es una máquina rápida o es ineficiente y se traba, o es bastante lento.	Lee Freeman & Andrew Urbaczewski, (2016); Abdullah Alhabeeb et al., (2018); Ammar Y. et al., (2020); Rosa Estriagana et al. (2019)
	tecnológica		
Apoyo e interactividad en el sistema	Satisfacción Comunicación directivos	Opinión acerca de la manera en la que se responden las solicitudes que se hacen a directivos	Ammar Y. et al., (2020); Kurdi B.Aih et al., (2020)
Desarrollo del curso	Sistemas de información	Si está de acuerdo en que se utilicen dos plataformas para trabajar, tales como Blackboard, Teams, Zoom o preferiría que se unificara el trabajo en una sola.	Lee Freeman & Andrew Urbaczewski, (2016); Shahid FaeM si., (2018); Rosa Estriagana et al. (2019); Yakup Çelze st., (2019)
	tecnológica		
Compromiso/empeño	Actitud profesor	Comportamiento del profesor durante las clases.	Abdullah Alhabeeb et al., (2018); Ammar Y. et al., (2020); Shahid FaeM si., (2018)
Adaptabilidad	Tiempo de respuesta	El sistema de e-learning le permite al profesor responder más rápido al cambio.	Lee Freeman & Andrew Urbaczewski, (2016); Abdullah Alhabeeb et al., (2018); Naveed, mua et al., (2017)
Beneficio económico	Ahorro	El sistema de aprendizaje ayuda al profesor a ahorrar costos.	Rosa Estriagana et al. (2019)
Meta del curso	Objetivo	El sistema de aprendizaje virtual ayuda al profesor a alcanzar su objetivo	Ammar Y. et al., (2020), Pedro SaliL e., (2021)
Rendimiento	Rendimiento	El sistema de aprendizaje le ayuda a mejorar su rendimiento laboral	Naveed, mua et al., (2017); Rosa Estriagana et al. (2019)
Solución de problemas	Solución de problemas	El sistema de aprendizaje electrónico le ayuda a pensar y solucionar los problemas	Ammar Y. et al., (2020); Rosa Estriagana et al. (2019); Yakup Çelze st., (2019)
Metodología	Interacciones con estudiantes	Si el profesor considera que la metodología empleada le permite conocer el entendimiento del tema enseñado por parte de los estudiantes	Ammar Y. et al., (2020); Shahid FaeM si., (2018); Rosa Estriagana et al. (2019)
Soporte Técnico	Capacitación	El profesor considera que la universidad brinda las herramientas necesarias para poder desarrollar la educación virtual.	Naveed, mua et al., (2017); Kurdi B.Aih et al., (2020); Yakup Çelze st., (2019)
Ambiente de aprendizaje	Ambiente de aprendizaje del profesor	Entorno de enseñanza del profesor	Ammar Y. et al., (2020)
Nivel de colaboración	Ambiente de aprendizaje del profesor	Interacción, supervisión y apoyo en trabajo	Thierry Volery (2000); Ammar Y. et al., (2020); Naveed, mua et al., (2017)
Evaluación del	Evaluación	La evaluación que se le realiza al estudiante es	Lee Freeman & Andrew

aprendizaje		adecuada (Retroalimentación, acompañamiento, etc.)	Urbaczewski, (2016); Ammar Y. et al., (2020)
-------------	--	--	--

Para los directivos se identificaron un total de 11 factores los cuales son explicados y referenciados en la Tabla 3.

Tabla No. 3. Factores para los directivos.

Directivos			
Factor	Definición	¿Qué mide?	Artículos
Calidad del internet	Calidad Internet	Que tan buena es la calidad del internet que tiene según la percepción, es decir, si con su conexión puede ver las clases de manera fluida y cómoda o tienen intermitencia.	Lee Freeman & Andrew Urbaczewski, (2016); Ammar Y. et al., (2020); 5
	tecnológica		
Eficacia Informática	Herramientas (computador)	Conocer si el computador con el que cuentan es una máquina rápida o es ineficiente y se trava, o es bastante lento.	Ammar Y. et al., (2020); Naveed, mua et al., (2017)
	tecnológica		
Desarrollo del curso	Sistemas de información	Si está de acuerdo en que se utilicen dos plataformas para trabajar, tales como Blackboard, Teams, Zoom o preferiría que se unificara el trabajo en una sola.	Lee Freeman & Andrew Urbaczewski, (2016); Ammar Y. et al., (2020); Kurdi B.Aih et al., (2020)
	tecnológica		
Compromiso/empeño	Actitud	Comportamiento de la persona durante su horario laboral.	Ammar Y. et al., (2020); Naveed, mua et al., (2017); Kurdi B.Aih et al., (2020)
Adaptabilidad	Tiempo de respuesta	El sistema de e-learning permite a la universidad responder más rápidamente al cambio	Rosa Estriagana et al. (2019)
Meta del curso	Rendimiento	El sistema que utiliza para trabajar le ayuda a mejorar su rendimiento laboral	Rosa Estriagana et al. (2019)
Mejora de procesos	Procesos	El sistema de aprendizaje electrónico ayuda a la universidad a acelerar las transacciones o a acortar los ciclos de los procesos.	Rosa Estriagana et al. (2019)
Mejora del sistema	Calidad de los servicios	El sistema de aprendizaje electrónico ayuda a la universidad a proporcionar mejores productos o servicios a los profesores y estudiantes	Rosa Estriagana et al. (2019)
Beneficio económico	Ahorro	El sistema que utiliza para trabajar ayuda a la persona a ahorrar costos.	Rosa Estriagana et al. (2019)
Solución de problemas	Solución de problemas	El sistema que utiliza para trabajar le ayuda a pensar y solucionar los problemas.	Naveed, mua et al., (2017)
Ambiente de aprendizaje	Ambiente de aprendizaje del profesor	Entorno de enseñanza del profesor	Thierry Volery (2000); Ammar Y. et al., (2020); Naveed, mua et al., (2017)

Identificados los factores para cada uno de los actores se procedió al diseño del instrumento de recolección de información (Anexo 1 al 6) en Forms el cual fue enviado a los estudiantes, profesores y directivos de la carrera de ingeniería industrial de la Pontificia Universidad Javeriana al correo electrónico institucional para su desarrollo.

En las encuestas se preguntó en primera instancia información demográfica a cada individuo como edad, ciudad de residencia, etc. Posteriormente en las preguntas para calificar los factores, se utilizó la escala de Likert de 1 a 5 con 1 como la valoración más baja y 5 como la valoración más alta.

Se diseñaron dos encuestas diferentes, la primera con el objetivo de obtener información sobre la importancia de cada uno de los factores que cada actor tiene para el estudio. La segunda se diseñó con la intención de poder identificar la modalidad de aprendizaje de preferencia de los actores, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla No. 4. Número de respuestas en las encuestas.

Actor	Número de respuestas por tipo de encuesta	
	Calificación de factores por modalidad de aprendizaje	Importancia de cada factor
Estudiantes	226	221
Profesores	10	7
Directivos	4	4

Tabla No. 5. Número de respuestas nivel de confianza y margen de error.

Actor	Calificación de factores por modalidad de aprendizaje				Importancia de cada factor			
	Tamaño de la muestra	Tamaño de la población	Nivel de Confianza	Margen de error	Tamaño de la muestra	Tamaño de la población	Nivel de Confianza	Margen de error
Estudiantes	226	1067	95.0%	5.8%	221	1067	95.0%	5.8%
Profesores	10	35	95.0%	28.0%	7	35	95.0%	36.0%
Directivos	4	6	95.0%	36.0%	4	6	95.0%	36.0%

Las encuestas fueron respondidas de forma aleatoria, como se muestra en la Tabla 5. se obtuvieron variados datos de error por encima del 5%. En el caso de los estudiantes, se cumple con el nivel de error adecuado, por el contrario, en profesores y directivos, este es elevado, superando el 20% y 30%, debido al bajo número de población y de respuestas. Por su parte, el nivel de confianza manejado fue del 95%, lo que indica que el estudio realizado funciona adecuadamente, ya que la mayor parte de la muestra encuestada es representativa de la población total de estudiantes, profesores y directivos de la carrera de ingeniería industrial.

Por otra parte, el Alpha de Cronbach calculado a partir de los resultados de las encuestas de estudiantes es el siguiente:

$$n = \text{Número de factores} = 135$$

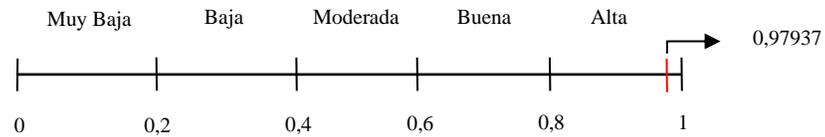
$$p = \frac{\sum_1^{\text{Factor } i} \sum_1^j \text{Pearson}_{j,\text{Factor } i} + \text{Pearson}_{j+1,\text{Factor } i}}{\#\text{Correlaciones obtenidas}}$$

$$p = \text{Ponderación} = \frac{2318,394}{8910} = 0.2602014$$

$$\alpha = \frac{np}{1 + p(n - 1)} = \frac{135 * 0.2602014}{1 + 0.2602014(135 - 1)} = 0,979373$$

$$\alpha = \text{Alpha de Cronbach} = 0,97937$$

Ilustración 2. Resultados escala Fiabilidad Alpha de Cronbach Estudiantes.



El Alpha de Cronbach calculado a partir de los resultados de las encuestas de profesores es el siguiente:

$$k = \text{Número de resultados de las encuestas de factores} = 100$$

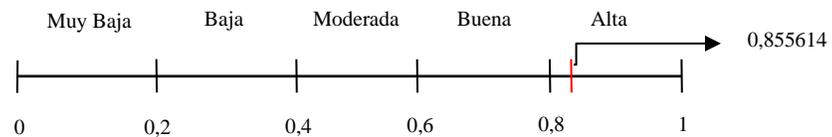
$$Vt = \text{Var} \left( \sum_1^{\text{Encuestado } i} \sum_1^{\text{Factor } j} \text{Factor}_{j,\text{Encuestado } i} + \text{Factor}_{j+1,\text{Encuestado } i} \right) = 449,9047$$

$$\sum Vi = \sum_i^{\text{Encuestado } i} \text{Var}(\text{Factor})_i = 68,8095$$

$$\alpha = \frac{k}{k+1} * \left(1 - \frac{\sum Vi}{Vt}\right) = 0,855614$$

$$\alpha = \text{Alpha de Cronbach} = 0,855614$$

Ilustración 3. Resultados escala Fiabilidad Alpha de Cronbach profesores.



El Alpha de Cronbach calculado a partir de los resultados de las encuestas de directivos es el siguiente:

$$k = \text{Número de resultados de las encuestas de factores} = 61$$

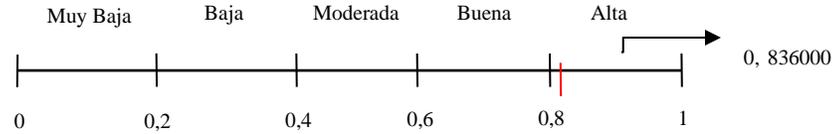
$$Vt = \text{Var} \left( \sum_1^{\text{Encuestado } i} \sum_1^{\text{Factor } j} \text{Factor}_{j,\text{Encuestado } i} + \text{Factor}_{j+1,\text{Encuestado } i} \right) = 230,2500$$

$$\sum Vi = \sum_i^{\text{Encuestado } i} \text{Var}(\text{Factor})_i = 40,9166$$

$$\alpha = \frac{k}{k+1} * \left(1 - \frac{\sum Vi}{Vt}\right) = 0,836000$$

$$\alpha = \text{Alpha de Cronbach} = 0,836000$$

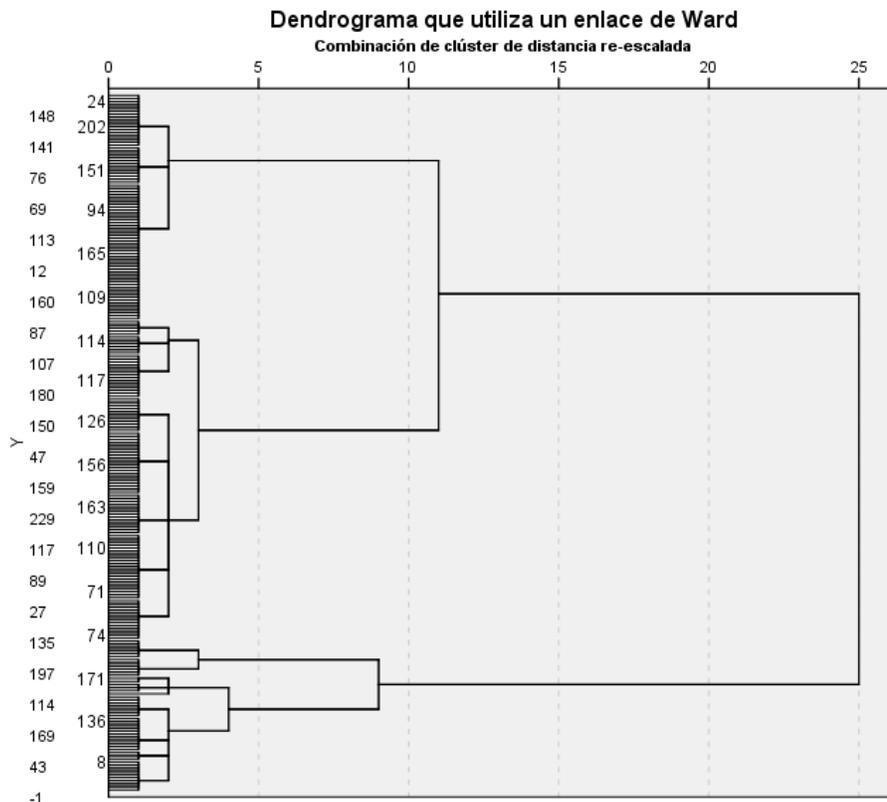
Ilustración 4. Resultados escala Fiabilidad Alpha de Cronbach directivos.



La población en la cual se realizó el estudio es la facultad de ingeniería industrial que cuenta con un total de 1160 estudiantes, 40 profesores y 8 directivos. Al obtener una muestra grande para los estudiantes se decidió realizar clusterización jerárquica y analizar los resultados de cada clúster ya que se podría omitir información al realizar estadística descriptiva con la totalidad de los datos. Esta clusterización jerárquica se realizó combinando los resultados obtenidos de las ambas encuestas

Posterior a la validación del instrumento de recolección de información, es importante identificar el número de clústeres que se describen de mejor forma los datos recolectados, para ello, en la herramienta estadística SPSS se realizó un análisis de clasificación de clústeres jerárquicos, del cual se extrajo un dendrograma que permite visualizar todos los posibles clústeres encontrados en los datos. En la ilustración 5, encontramos que a una distancia de 5 en la combinación de clúster de distancias re-escaladas, se identifican 4 ramificaciones que contienen la totalidad de los datos analizados.

Ilustración 5. Dendrograma. Producción propia.

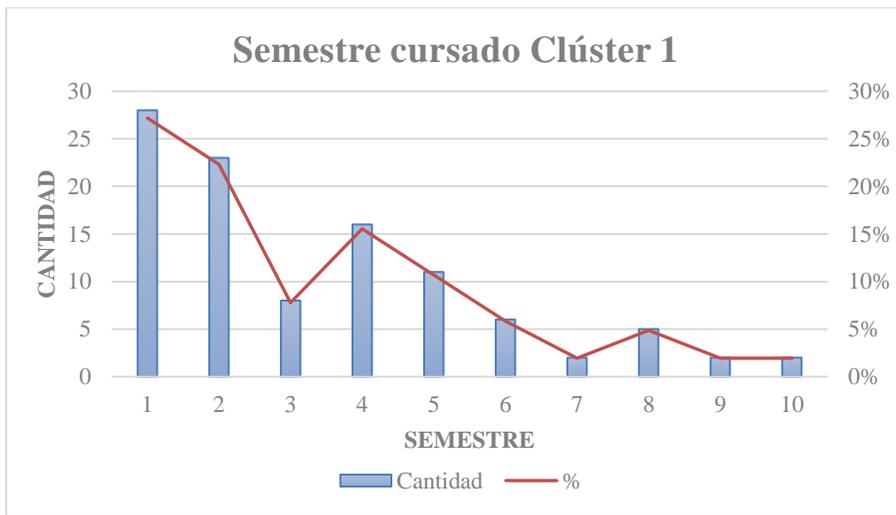


### 5.1. Caracterización del clúster

Por su parte, al definir los 4 clústeres con la herramienta estadística, se procedió a analizar las características de cada grupo aglomerado para que fuese descrito como clúster. A continuación, se describe cada uno de ellos:

- **Clúster 1:**

Figura 3. Semestres cursados de la población de estudiantes perteneciente al clúster 1. Producción propia



Como se muestra en la Figura 4, los estudiantes que conforman este primer grupo están repartidos en partes iguales de género, es decir de los 103 miembros, 50% conforman mujeres y 50% hombres, y a su vez, 50% cursan primeros semestres: primero y segundo (Ver Figura 3.) Por su parte, observando la ponderación obtenida en el análisis TOPSIS, los estudiantes valoraron con mayor importancia factores relacionados con: beneficio económico, calidad del internet, soporte técnico; y con menor importancia: carga académica, ansiedad por el computador y compromiso/empeño. Adicionalmente, la mayoría de estudiantes se encontraban en la modalidad combinado con alternancia y Remoto (Ver Tabla 6)

Figura 4. Porcentaje de la población de estudiantes perteneciente al clúster 1. Producción propia

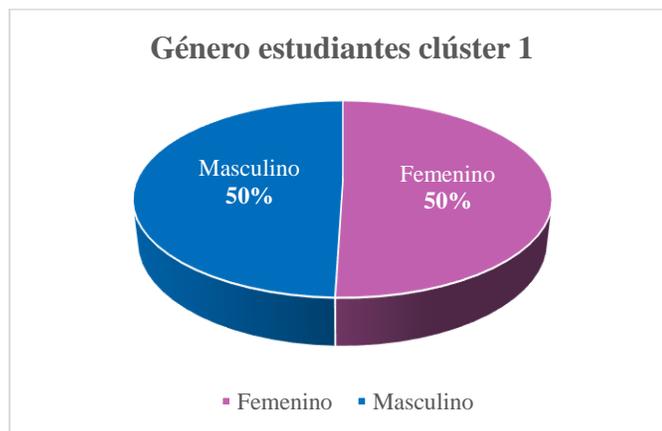
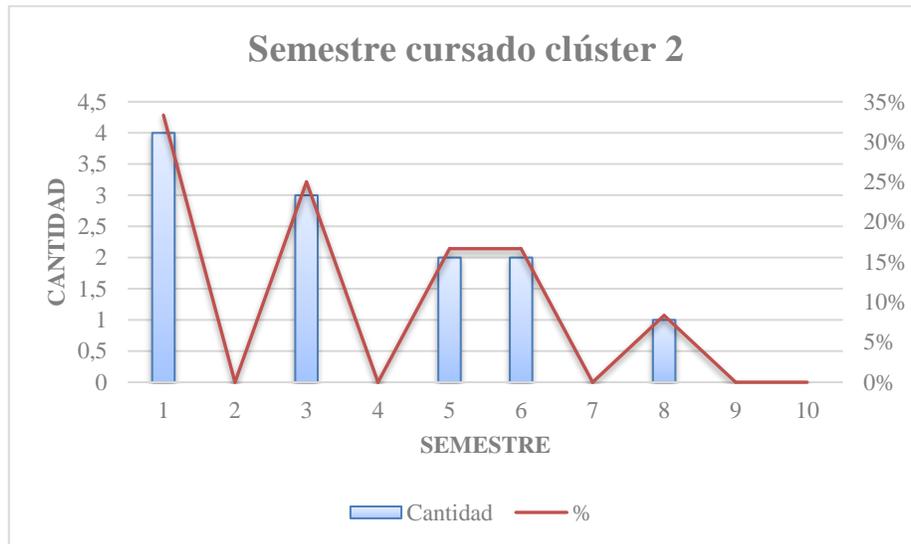


Tabla No. 6. Cantidad de créditos inscritos en las cuatro modalidades de enseñanza de la población de estudiantes perteneciente al clúster 1. Producción propia

CRÉDITOS INSCRITOS 2021- Clúster 1			
Presencialidad con alternancia	Combinado	Combinado con alternancia	Remoto
228	400	444	772

▪ **Clúster 2:**

Figura 5. Semestres cursados de la población de estudiantes perteneciente al clúster 2. Producción propia



Al igual que en el primer clúster, los 12 estudiantes que pertenecen al segundo clúster están repartidos en partes iguales de género, 50% son mujeres y 50% hombres, del mismo modo, 58% cursan primeros semestres, primero y tercer (Ver Figura 5). Por su parte, observando la ponderación obtenida en el análisis TOPSIS, los estudiantes valoraron con mayor importancia factores relacionados con: calidad del internet; y con menor importancia, desarrollo del curso. La cantidad de créditos inscritos en cada una de las modalidades se muestra en la Tabla 7, en la cual se observa que la mayoría de los estudiantes veían clases en la modalidad Combinado con alternancia y Remoto.

Figura 7. Porcentaje de la población de estudiantes perteneciente al clúster 1. Producción propia

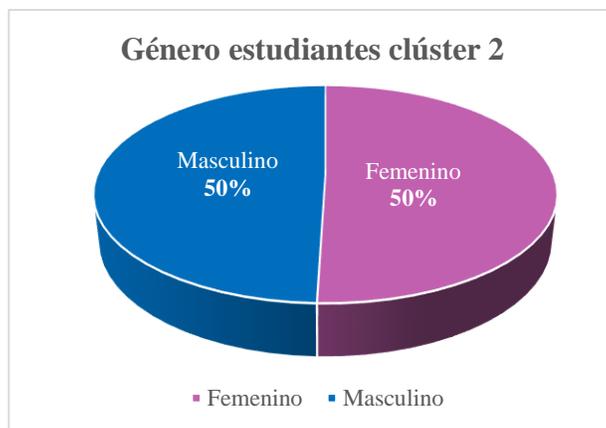
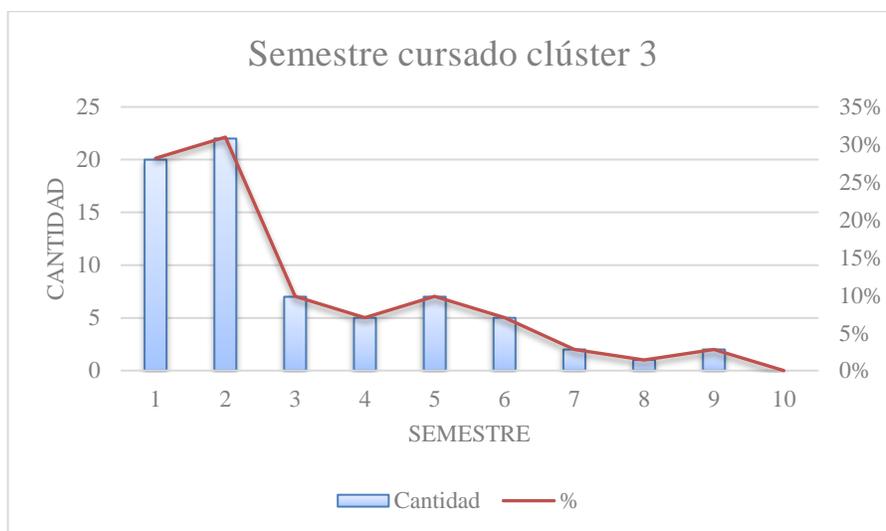


Tabla No. 7. Cantidad de créditos inscritos en las cuatro modalidades de enseñanza de la población de estudiantes perteneciente al clúster 2. Producción propia

CRÉDITOS INSCRITOS 2021- Clúster 2			
Presencialidad con alternancia	Combinado	Combinado con alternancia	Remoto
0	73	119	86

▪ **Clúster 3:**

Figura 7. Semestres cursados de la población de estudiantes perteneciente al clúster 3. Producción propia



De los 71 estudiantes que pertenecen al tercer clúster, presentan una mayor participación de hombres que de mujeres con un 53% y 47% respectivamente (Ver Figura 8). Adicionalmente, el 59% de ellos cursan primeros semestres, primero y segundo semestre (Ver figura 7). Teniendo en cuenta, la ponderación obtenida en el análisis TOPSIS, los estudiantes valoraron con mayor importancia factores relacionados con: *calidad del internet*, *eficacia informática* y *desarrollo del curso*; y con menor importancia: *ansiedad por el computador*, *carga académica* y *calidad del internet*. La cantidad de créditos inscritos en cada una de las modalidades se muestra en la Tabla 8, en la cual se observa que la mayoría de los estudiantes veían clases en la modalidad Combinado con alternancia y Remoto, tal como ocurría con el clúster dos.

Figura 8. Porcentaje de la población de estudiantes perteneciente al clúster 3. Producción propia

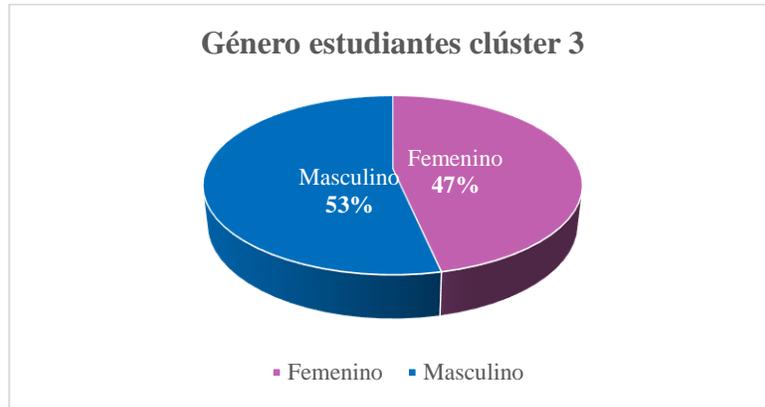
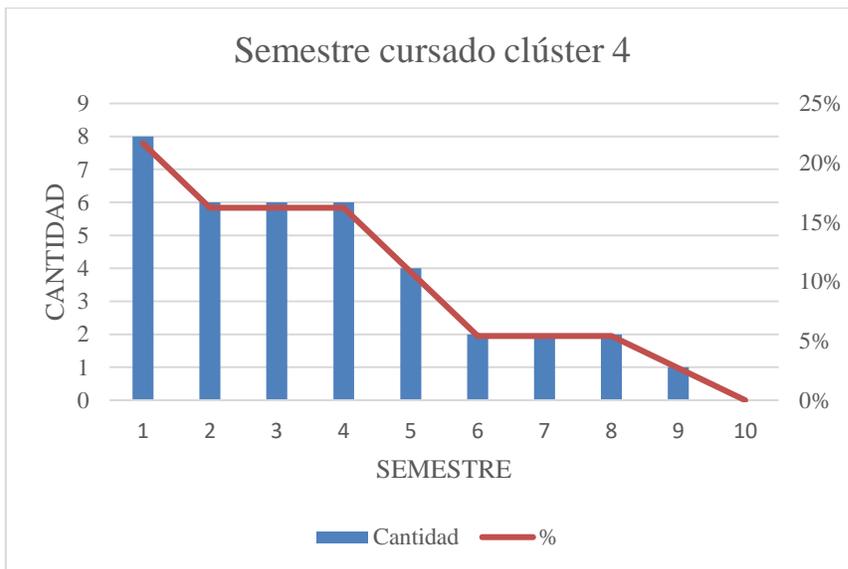


Tabla No. 8. Cantidad de créditos inscritos en las cuatro modalidades de enseñanza de la población de estudiantes perteneciente al clúster 3. Producción propia

CRÉDITOS INSCRITOS 2021- Clúster 3			
Presencialidad con alternancia	Combinado	Combinado con alternancia	Remoto
184	327	332	638

▪ **Clúster 4:**

Figura 9. Semestres cursados de la población de estudiantes perteneciente al clúster 4. Producción propia



El último clúster está compuesto por 37 estudiantes, de los cuales el 51% son mujeres y el 49% son hombres. (Ver Figura 10). Por su parte, el 70% de ellos cursan de primero a cuarto semestre (Ver figura 9). Teniendo en cuenta, la ponderación obtenida en el análisis TOPSIS, los estudiantes valoraron con **mayor** importancia factores relacionados con: *beneficio económico, autonomía y ambiente de aprendizaje*; y con **menor** importancia: *presencia social, percepción de aprendizaje e interactividad*. La cantidad de créditos

inscritos en cada una de las modalidades se muestra en la Tabla 9, en la cual se observa que la mayoría de los estudiantes cursaban clases en la modalidad Combinado con alternancia y Remoto, tal como ocurría con en los demás clústeres.

Figura 10. Porcentaje de la población de estudiantes perteneciente al clúster 4. Producción propia

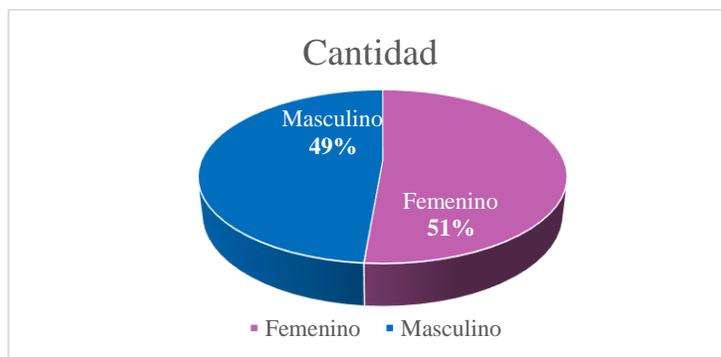


Tabla No. 9. Cantidad de créditos inscritos en las cuatro modalidades de enseñanza de la población de estudiantes perteneciente al clúster 4. Producción propia

<b>CRÉDITOS INSCRITOS 2021- Clúster 4</b>			
<b>Presencialidad con alternancia</b>	<b>Combinado</b>	<b>Combinado con alternancia</b>	<b>Remoto</b>
104	86	166	307

Una vez realizada la clusterización, se aplicó TOPSIS para determinar la modalidad de aprendizaje que más afinidad tiene para los estudiantes. Según los resultados de la encuesta de calificación factores por modalidad de aprendizaje Anexo 7.

Tabla No.10. Mejor alternativa TOPSIS.

		Resultado Topsis	Alternativas
<b>Profesores</b>	<b>Mejor alternativa</b>	<b>0,5869</b>	<b>Presencial con alternancia</b>
	Peor alternativa	0,4011	Combinado con alternancia
<b>Directivos</b>	<b>Mejor alternativa</b>	<b>1,0000</b>	<b>Presencial con alternancia</b>
	Peor alternativa	0,0000	Combinado
<b>Estudiantes</b>	<b>Mejor alternativa</b>	<b>0,6065</b>	<b>Combinado con alternancia</b>
	Peor alternativa	0,4285	Combinado

Tabla No. 11. Mejor alternativa TOPSIS Clústeres.

		Resultado Topsis	Alternativas
<b>Estudiantes Clúster 1</b>	<b>Mejor alternativa</b>	0,5552	<b>Presencial con alternancia</b>
	Peor alternativa	0,4471	Remoto
<b>Estudiantes Clúster 2</b>	<b>Mejor alternativa</b>	0,7245	<b>Combinado</b>
	Peor alternativa	0,2783	Remoto
<b>Estudiantes Clúster 3</b>	<b>Mejor alternativa</b>	0,6412	<b>Combinado con alternancia</b>
	Peor alternativa	0,4149	Remoto
<b>Estudiantes Clúster 4</b>	<b>Mejor alternativa</b>	0,6483	<b>Presencial con alternancia</b>
	Peor alternativa	0,3680	Combinado

Para los clústeres de estudiantes se realizó el análisis factorial con dos factores fijos obteniendo lo siguiente:

Figura 11. Prueba de KMO (Káiser-Meyer-Olkin) y Bartlett. Producción propia

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		,871
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	27685,535
	gl	5778
	Sig.	,000

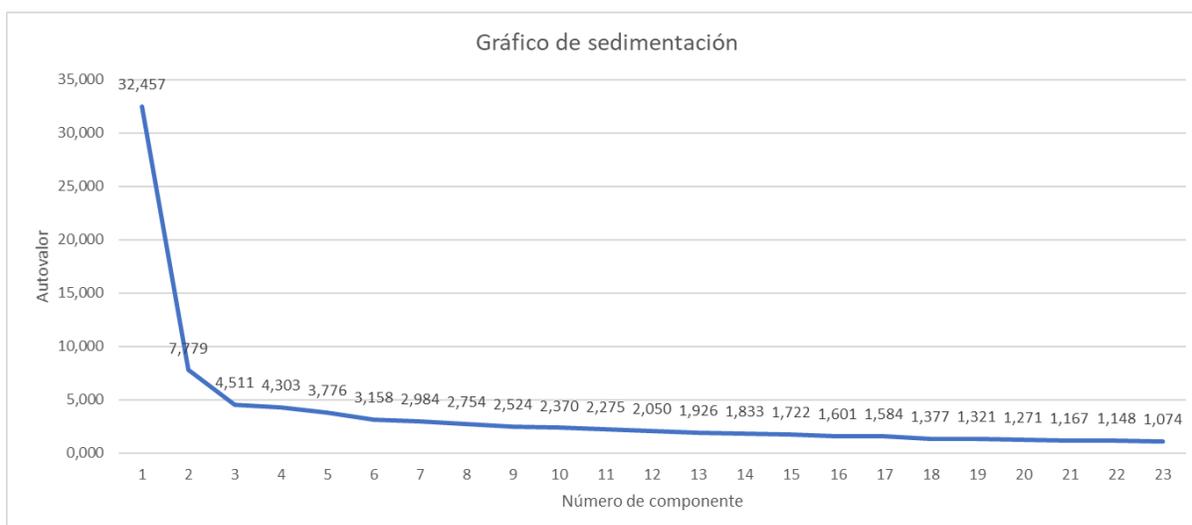
Obtuvimos que la medida KMO es muy cercana a 1, por lo que los valores del análisis factorial son válidos. Adicionalmente son significativos con una significancia de ,000, por lo que los resultados de la matriz de correlaciones son idóneos para aplicar un análisis factorial.

Una vez validados los datos para realizar el análisis factorial, procedemos a hacer el análisis con tres factores fijos, esto se realizó con tres factores debido a la gran cantidad de variables. A continuación, según el gráfico de sedimentación mostrado en *Figura 13*. y la *tabla 12*, el valor del componente 1, su varianza representa el 27,48% de la varianza de los resultados, para el componente 2, el 9,102% s y finalmente el componente 3, un 4,675%.

Tabla 12. Análisis de Componentes principales. Producción propia

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	38,753	27,484	27,484	38,753	27,484	27,484
2	12,834	9,102	36,587	12,834	9,102	36,587
3	6,592	4,675	41,262	6,592	4,675	41,262
4	4,661	3,305	44,567	4,661	3,305	44,567
5	4,518	3,204	47,771	4,518	3,204	47,771
6	3,911	2,774	50,545	3,911	2,774	50,545
7	3,412	2,420	52,965	3,412	2,420	52,965
8	3,114	2,208	55,174	3,114	2,208	55,174
9	3,018	2,141	57,314	3,018	2,141	57,314
10	2,711	1,923	59,237	2,711	1,923	59,237
11	2,499	1,773	61,010	2,499	1,773	61,010
12	2,462	1,746	62,756	2,462	1,746	62,756
13	2,265	1,606	64,363	2,265	1,606	64,363
14	2,129	1,510	65,872	2,129	1,510	65,872
15	1,971	1,398	67,270	1,971	1,398	67,270
16	1,850	1,312	68,582	1,850	1,312	68,582
17	1,801	1,278	69,860	1,801	1,278	69,860

Figura 12. Gráfico de sedimentación. Producción propia



Teniendo en cuenta la tabla de componente rotado y el gráfico de sedimentación se procedió a tomar 3 componentes, dentro de los cuales se encuentra:

- Primer componente: Este factor se relaciona con las herramientas tecnológicas, interacción y entorno del estudiante en las modalidades con alternancia.
- Segundo componente: Este factor se relaciona con las herramientas tecnológicas, interacción y entorno del estudiante en las modalidades remoto y combinado.
- Tercer componente: Incluye la autonomía y responsabilidad que el estudiante tiene en sus actividades académicas.

Tabla 13. Matriz de componente rotado. Producción propia

Modalidad de enseñanza	Factor	Componente		
		1	2	3
Presencial con alternancia18	La interacción con el docente es buena y me permite estar más concentrado en las actividades académicas.	0,776	0,072	-0,08
Presencial con alternancia14	Mi interacción con profesores y compañeros me permiten el buen desarrollo de las clases y laboratorios.	0,751	0,066	0,006
Presencial con alternancia4	Los profesores me responden de forma clara y rápida las solicitudes de ayuda o de información que realizo sobre la asignatura.	0,722	0,031	0,14
Presencial con alternancia16	Esta modalidad me permite alcanzar mis objetivos de aprendizaje.	0,715	-0,006	0,023
Presencial con alternancia19	Considero que el entorno (Escritorio, mesa, silla, ruido, distractores, etc.) en el cual realizo mis actividades académicas es adecuado y me permite cumplir con mis labores de la forma esperada.	0,699	0,046	-0,025
Presencial con alternancia8	Entiendo en su totalidad o en gran medida las clases a las que asisto.	0,695	0,073	0,11
Presencial con alternancia22	Considero que en esta modalidad de aprendizaje "el aprendizaje es adecuado con mis expectativas"	0,693	0,079	0,021
Presencial con alternancia17	Estoy satisfecho con las actividades (metodología: talleres, trabajo grupo, salas grupales, exposiciones, presentaciones) que se realizan en este modelo de aprendizaje.	0,682	0,097	0,017
Presencial con alternancia21	Considero que la retroalimentación de la evaluación en esta modalidad de aprendizaje es adecuada.	0,666	0,099	0,15

A continuación, se hace un análisis para identificar que variables demográficas influyen en el comportamiento de los clústeres identificados

El semestre cursado de los estudiantes no influye en el comportamiento de los clústeres, esto con la siguiente prueba  $\chi^2(1, N = 225) = 27,936 p = .574$ .

Tabla 14. Prueba de chi-cuadrado semestre cursado. Producción propia

**Pruebas de chi-cuadrado**

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	27,936 <sup>a</sup>	30	0,574
Razón de verosimilitud	32,604	30	0,340
Asociación lineal por lineal	0,019	1	0,891
N de casos válidos	225		

a. 31 casillas (70,5%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,11.

El género de los estudiantes no influye en el comportamiento de los clústeres, esto con la siguiente prueba  $\chi^2(1, N = 225) = 0,339 p = .952$ .

Tabla 15. Prueba de chi-cuadrado género. Producción propia

**Pruebas de chi-cuadrado**

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	,339 <sup>a</sup>	3	0,952
Razón de verosimilitud	0,339	3	0,952
Asociación lineal por lineal	0,037	1	0,848
N de casos válidos	225		

a. 0 casillas (0,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 5,92.

Se preguntó la cantidad de créditos inscritos para cada una de las modalidades, para ver si estas influyen en el comportamiento de los clústeres, se procedió a transformar la variable de escalar a categórica, siendo:

- 1 a 5: 1
- 5 a 10 créditos: 2
- 11 a 15: 3
- 15 o más: 4

La cantidad de créditos inscritos en la modalidad de aprendizaje presencial con alternancia no influye en el comportamiento de los clústeres, esto con la siguiente prueba  $\chi^2(1, N = 105) = 27,93 p = .705$ .

Tabla 16. Prueba de chi-cuadrado presencial con alternancia. Producción propia

**Pruebas de chi-cuadrado**

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	3,788 <sup>a</sup>	6	0,705
Razón de verosimilitud	4,640	6	0,591
Asociación lineal por lineal	0,428	1	0,513
N de casos válidos	105		

a. 7 casillas (58,3%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,76.

La cantidad de créditos inscritos en la modalidad de aprendizaje combinada no influye en el comportamiento de los clústeres, esto con la siguiente prueba  $\chi^2(1, N = 148) = 14,094 p = .119$ .

Tabla 17. Prueba de chi-cuadrado combinada. Producción propia

**Pruebas de chi-cuadrado**

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	14,094 <sup>a</sup>	9	0,119
Razón de verosimilitud	15,676	9	0,074
Asociación lineal por lineal	1,256	1	0,262
N de casos válidos	148		

a. 10 casillas (62,5%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,27.

La cantidad de créditos inscritos en la modalidad de aprendizaje combinada con alternancia no influye en el comportamiento de los clústeres, esto con la siguiente prueba  $\chi^2(1, N = 153) = 11,071 p = .271$ .

Tabla 18. Prueba de chi-cuadrado combinado con alternancia. Producción propia

**Pruebas de chi-cuadrado**

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	11,071 <sup>a</sup>	9	0,271
Razón de verosimilitud	9,748	9	0,371
Asociación lineal por lineal	0,038	1	0,845
N de casos válidos	153		

a. 9 casillas (56,3%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,46.

La cantidad de créditos inscritos en la modalidad de aprendizaje remoto no influye en el comportamiento de los clústeres  $\chi^2(1, N = 209) = 16,841 p = .051$ .

Tabla 19. Prueba de chi-cuadrado remoto. Producción propia

**Pruebas de chi-cuadrado**

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	16,841 <sup>a</sup>	9	0,051
Razón de verosimilitud	17,298	9	0,044
Asociación lineal por lineal	3,084	1	0,079
N de casos válidos	209		

a. 5 casillas (31,3%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,81.

Se observó que ninguna de las variables categóricas influye en el comportamiento de los clúster, sin embargo el más cercano a 0,5 fue la cantidad de créditos inscritos en las modalidad de aprendizaje remoto, lo que permite concluir que esa modalidad de aprendizaje puede ser la que más influya en el comportamiento de los estudiantes.

Se procedió a realizar ANOVA para verificar cuales son los factores que más describen los clústeres y los que menos lo describen.

Aquellos factores que menos describen los clústeres son:

- Alcanzar objetivos de aprendizaje.

Tabla No. 20. ANOVA. Producción propia

**Tabla de ANOVA**

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Presencial con alternancia25 * Ward Method	Entre grupos (Combinado)	3,567	3	1,189	1,724	,163
	Dentro de grupos	152,415	221	,690		
	Total	155,982	224			
Combinado25 * Ward Method	Entre grupos (Combinado)	4,450	3	1,483	2,281	,080
	Dentro de grupos	143,710	221	,650		
	Total	148,160	224			
Combinado con alternancia 25 * Ward Method	Entre grupos (Combinado)	4,154	3	1,385	2,198	,089
	Dentro de grupos	139,242	221	,630		
	Total	143,396	224			
Remoto25 * Ward Method	Entre grupos (Combinado)	8,871	3	2,957	3,063	,029
	Dentro de grupos	213,369	221	,965		
	Total	222,240	224			

- Molestia al utilizar herramientas tecnológicas en presencial con alternancia.

Presencial con alternancia12 * Ward Method	Entre grupos (Combinado)	10,776	3	3,592	2,155	,094
	Dentro de grupos	368,406	221	1,667		
	Total	379,182	224			

Aquellos factores que más describen los clústeres son

- Herramientas tecnológicas para la clase me permiten atender sin inconvenientes y realizar bien las actividades.

Valoración importancia del factor para el estudio2 * Ward Method	Entre grupos (Combinado)	226,816	3	75,605	154,607	,000
	Dentro de grupos	108,073	221	,489		
	Total	334,889	224			

- Considero que los mecanismos de evaluación son adecuados.

Valoración importancia del factor para el estudio 20 * Ward Method	Entre grupos (Combinado)	226,292	3	75,431	120,278	,000
	Dentro de grupos	138,597	221	,627		
	Total	364,889	224			

De los resultados del TOPSIS se encontró que para todos los grupos de estudiantes, profesores y directivos la mejor alternativa es la educación presencial con alternancia y combinado con alternancia, a por otra parte, también se destaca que como peores alternativas se tienen combinado con alternancia, combinado y remoto. Pero al analizar los clústeres, se encuentra una tendencia por las modalidades con alternancia, mostrando la aceptación de estas nuevas formas de enseñanza.

Se organizan los mejores resultados de las encuestas de ponderación de los factores, por medio de la media estadística, para determinar la mejor alternativa, con esta tabla (tabla 21. Factores más relevantes) se encuentran los primeros cinco factores más relevantes que prefieren los encuestados.

Tabla No. 21. Factores más relevantes para profesores.

<b>Ranking mejor ponderación de Atributos</b>		
<b>Profesores</b>		<b>Factor</b>
5,00	10. La actitud que tengo en el desarrollo de las clases facilita la transmisión del conocimiento.	Adaptabilidad
5,00	11. Motivo a mis estudiantes a ser parte de las sesiones con la actitud que tengo	Compromiso/empeño
4,67	6. El dispositivo con el cual dicto de forma remota a las clases me permite dictar la clase sin inconvenientes, así como realizar las actividades de forma rápida y sin restricciones.	Eficacia Informática
4,67	24. Siento entusiasmo por realizar mi trabajo.	Nivel de colaboración
4,50	5. La conexión a internet me permite asistir a las clases y laboratorios de forma remota con buena calidad de audio y video, desarrollar las actividades propuestas para el desarrollo de la clase, etc.	Calidad del internet

Tabla No. 22. Factores más relevantes para directivos.

<b>Ranking mejor ponderación de Atributos</b>		
<b>Directivos</b>		<b>Factor</b>
4,24	5. La conexión a internet me permite desarrollar las actividades de trabajo de forma remota con buena calidad de audio y video, desarrollar las actividades propuestas para el desarrollo de funciones.	Calidad del internet
4,18	6. El dispositivo en el cual realizo mis actividades laborales me permite atender a las reuniones sin inconvenientes, así como realizar mis actividades de forma rápida y sin restricciones.	Eficacia Informática
4,04	10. Esta modalidad de aprendizaje permite mejorar el servicio prestado por la universidad.	Meta del curso
4,00	12. Mi rendimiento ha mejorado gracias a las herramientas usadas en esta modalidad de trabajo.	Mejora del sistema
3,89	11. La adaptación al cambio es mejor en esta modalidad de trabajo.	Mejora de procesos

Tabla No. 23. Factores más relevantes para estudiantes.

<b>Ranking mejor ponderación de Atributos</b>		
<b>Estudiantes</b>		<b>Factor</b>
4,22	24. Esta modalidad de aprendizaje me permite ahorrar en gastos (desplazamiento, almuerzos, fotocopias, pago parqueadero).	Beneficio económico
4,12	11. Mi conexión a internet me permite asistir a las clases y laboratorios con calidad de audio y video necesarias para desarrollar las actividades propuestas por el docente.	Calidad del internet

4,08	23. El entorno (mi casa, mi universidad) donde realizo mis actividades académicas me permite el fácil acceso a herramientas adecuadas (equipos aptos para correr un software como Flexsim, Gusek, AutoCAD, SOLIDWORKS, etc.) para el desarrollo de mis clases y laboratorios.	Soporte técnico
4,06	12. Las herramientas tecnológicas que utilizo al asistir a las clases me permiten atender sin inconvenientes, así como realizar mis actividades de forma rápida y sin restricciones.	Eficacia Informática
4,02	33. La interacción que tengo con mi docente es:	Ambiente de aprendizaje

Tabla No. 24. Factores más relevantes para estudiantes clúster 1.

<b>Ranking mejor ponderación de Atributos</b>		
<b>Estudiantes Clúster 1</b>		<b>Factor</b>
4,19	24. Esta modalidad de aprendizaje me permite ahorrar en gastos (desplazamiento, almuerzos, fotocopias, pago parqueadero).	Beneficio económico
4,13	11. Mi conexión a internet me permite asistir a las clases y laboratorios con calidad de audio y video necesarias para desarrollar las actividades propuestas por el docente.	Calidad del internet
4,09	12. Las herramientas tecnológicas que utilizo al asistir a las clases me permiten atender sin inconvenientes, así como realizar mis actividades de forma rápida y sin restricciones.	Eficacia Informática
4,03	33. La interacción que tengo con mi docente es:	Ambiente de aprendizaje
4,02	23. El entorno (mi casa, mi universidad) donde realizo mis actividades académicas me permite el fácil acceso a herramientas adecuadas (equipos aptos para correr un software como Flexsim, Gusek, AutoCAD, SOLIDWORKS, etc.) para el desarrollo de mis clases y laboratorios.	Soporte técnico

Tabla No. 25. Factores más relevantes para estudiantes clúster 2.

<b>Estudiantes Clúster 2</b>		
0,42	11, Mi conexión a internet me permite asistir a las clases y laboratorios con calidad de audio y video necesarias para desarrollar las actividades propuestas por el docente,	Calidad del internet
0,08	12, Las herramientas tecnológicas que utilizo al asistir a las clases me permiten atender sin inconvenientes, así como realizar mis actividades de forma rápida y sin restricciones,	Eficacia Informática
0,08	13, La universidad me responde de forma clara y rápida las solicitudes de soporte o de información que realizo, (por ejemplo: atención de secretaría, de facultad, soporte técnico de las plataformas)	Apoyo e interactividad en el sistema
0,08	14, Los profesores me responden de forma clara y rápida las solicitudes de ayuda o de información que realizo sobre la asignatura,	Participación del instructor

0,08	15. El uso de más de un software (Blackboard, Teams, Zoom, Brightspace) para las actividades de una única clase: como envío de documentos, foros, realización de talleres, etc., complementa la metodología de enseñanza,	Desarrollo del curso
------	---	----------------------

Tabla No. 26. Factores más relevantes para estudiantes clúster 3.

<b>Estudiantes Clúster 3</b>		
4,70	11. Mi conexión a internet me permite asistir a las clases y laboratorios con calidad de audio y video necesarias para desarrollar las actividades propuestas por el docente.	Calidad del internet
4,68	12. Las herramientas tecnológicas que utilizo al asistir a las clases me permiten atender sin inconvenientes, así como realizar mis actividades de forma rápida y sin restricciones.	Eficacia Informática
4,66	15. El uso de más de un software (Blackboard, Teams, Zoom, Brightspace) para las actividades de una única clase: como envío de documentos, foros, realización de talleres, etc. complementa la metodología de enseñanza.	Desarrollo del curso
4,64	23. El entorno (mi casa, mi universidad) donde realizo mis actividades académicas me permite el fácil acceso a herramientas adecuadas (equipos aptos para correr un software como Flexsim, Gusek, AutoCAD, SOLIDWORKS, etc.) para el desarrollo de mis clases y laboratorios.	Soporte técnico
4,64	24. Esta modalidad de aprendizaje me permite ahorrar en gastos (desplazamiento, almuerzos, fotocopias, pago parqueadero).	Beneficio económico

Tabla No. 27. Factores más relevantes para estudiantes clúster 4.

<b>Estudiantes Clúster 4</b>		
3,97	24. Esta modalidad de aprendizaje me permite ahorrar en gastos (desplazamiento, almuerzos, fotocopias, pago parqueadero).	Beneficio económico
3,95	34. Mi nivel de autonomía con las actividades académicas es:	Autonomía
3,68	33. La interacción que tengo con mi docente es:	Ambiente de aprendizaje
3,59	11. Mi conexión a internet me permite asistir a las clases y laboratorios con calidad de audio y video necesarias para desarrollar las actividades propuestas por el docente.	Calidad del internet
3,54	12. Las herramientas tecnológicas que utilizo al asistir a las clases me permiten atender sin inconvenientes, así como realizar mis actividades de forma rápida y sin restricciones.	Eficacia Informática

De acuerdo con los resultados obtenidos, en las encuestas de ponderación de factores, se encuentran los factores más relevantes, mostrando la importancia de cada uno de estos sobre el aprendizaje en las diferentes modalidades.

Dentro de los factores más importantes para los estudiantes se encuentran el beneficio económico escogido dentro de los clústeres 1 y 4 (Tabla No. 25 y Tabla No. 28) y la calidad del internet escogido dentro de los clústeres 2 y 3 (Tabla No. 26 y Tabla No. 27), cabe tener en cuenta que este último factor fue tenido en cuenta entre los 5 factores más importantes en los 4 clústeres de estudiantes.

Por otro lado, los profesores (Tabla No. 22) le dieron gran importancia al factor de adaptabilidad, contrastando con los factores importantes por los estudiantes, dando más importancia a la interacción entre el docente y el estudiante. En otro apartado, se encontró que, los factores más importantes no solo dependen de la parte técnica, sino que se debe abarcar, las interacciones que se tienen con los otros actores.

Al analizar cada uno de los clústeres de estudiantes. Primero se encontró que en el clúster 2 (Tabla No. 26), se agrupo el resultado con las calificaciones por debajo de 0, pero al realizar la revisión los resultados, que son congruentes a los demás Clústeres, en el clúster 1 y 3, tienen la ponderación de los 5 primero por encima de 4,0. Pero en el 3 obtiene las mejores ponderaciones de todos los clústeres.

## 5.2. Validación de Experto

Para contemplar una perspectiva diferente en la evaluación de la herramienta propuesta, se contactaron a varios profesionales que tuvieran experticia en los campos de: aprendizaje mediado por tecnologías y estudios con herramientas multicriterio. La ingeniería Luz Elena Gutiérrez López, Doctor (a) en Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad del Norte y Decana de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Santo Tomás-Tunja, hizo parte del grupo de expertos que evaluaron la herramienta.

Dentro del formato de validación se le pedía al experto evaluar cada uno de los cuestionarios con base en tres aspectos clave: la importancia, claridad y coherencia, a través de una escala de Likert.

- **Importancia:** el ítem a evaluar, en este caso, los diferentes cuestionarios de los actores, qué nivel de relevancia tenían sobre el estudio realizado.

- **Claridad:** en el ítem a evaluar qué tan claro está redactado el cuestionario y la facilidad que tenía el encuestado para darle respuesta.

- **Coherencia:** el ítem a evaluar tiene relación lógica al estudio realizado.

La Decana Luz Elena Gutiérrez, tiene experiencia de más de 15 años en el sector educativo, además de participar en varios estudios que emplean herramientas multicriterio como AHP, DEMATEL y TOPSIS. Tras un minucioso análisis, valoró en un 71% como “Muy de acuerdo” los 6 cuestionarios que se aplicaron a los diferentes actores y el apartado de resultados obtenidos en la investigación, lo que representa una alta afinidad por un estudio planteado de manera clara para los actores, con preguntas específicas que abarcan en gran medida los factores a evaluar.

## 5.3. Medición del impacto

El impacto generado en este trabajo de grado está centrado en los factores que debe tener en cuenta la Carrera de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana que le permitirá identificar, medir y mejorar sus metodologías de enseñanza mediada por tecnologías de la información. Permitiendo ofrecer un mejor servicio de educación que favorezca no sólo a los estudiantes sino a los profesores y directivos que hacen igualmente parte de la enseñanza que se brinda.

Por otro lado, con el fin de medir el impacto de la metodología implementada, esta se expone mediante un juicio de expertos quienes, a través de ciertos criterios, validan que sea apta para encontrar los factores críticos en la educación mediada por tecnologías de la información.

## 6. Limitaciones, conclusiones y recomendaciones.

Este estudio se realizó en un periodo de varios cambios a nivel global, en donde las tecnologías de la información fueron un factor prioritario para la enseñanza, dándole relevancia a la presente investigación que

se llevó a cabo con diferentes modalidades y factores. A su vez, el estudio surgió como consecuencia de la contingencia actual SARS-Cov-2 (COVID-19), debido a que la mayor parte de instituciones educativas no poseía un plan de acción para ejercer la enseñanza a través de herramientas tecnológicas y a distancia.

Con respecto a la herramienta diseñada y aplicada, existía variación en las decisiones de los participantes, lo que se solucionó ampliando el nivel encuestado y se realizaron divisiones por clúster para saber su comportamiento. Por último, este estudio se realizó en la Carrera de Ingeniería de la Universidad Pontificia Javeriana, razón por la cual es necesario darle continuidad al estudio para rectificar los resultados en otras universidades y carreras, obteniendo así una visión más amplia sobre la temática abordada.

La herramienta TOPSIS permitió encontrar la mejor opción de las distintas alternativas de enseñanza. Mostrando en todos los casos analizados, que las personas encuestadas fueron capaces de realizar un cambio en su día a día, permitiendo adaptarse a distintas modalidades de enseñanza. Como se puede ver en el apartado de resultados, entre estudiantes directivos y profesores, fue aceptada de una forma satisfactoria la enseñanza por modalidades virtuales, sin embargo, los profesores y directivos siguen prefiriendo un modelo más tradicional, el cual es presencial con alternancia. En el caso de los estudiantes, se analizan los datos obtenidos en dos partes: la primera a nivel general, en donde se identifica la preferencia por la modalidad combinada con alternancia, y la segunda se determina la preferencia por clústeres, en la cual dos de ellos prefirieron la modalidad presencial con alternancia, otro el combinado con alternancia. Esto permitió concluir que los cambios que se vivieron en la educación posiblemente van a permitir una evolución en la misma, dando más opciones a la hora de seleccionar una modalidad de enseñanza.

Al mismo tiempo, con los resultados obtenidos en el TOPSIS y en la jerarquización de los factores, se determinó que tanto estudiantes como profesores, no poseen una diferencia representativa en su inclinación por las diferentes alternativas y la de mejor valoración no está muy cerca al óptimo, al contrario de lo que sucede con los directivos, los cuales si definen muy bien la alternativa de presencial con alternancia. En segunda instancia, ningún actor entre las modalidades seleccionó la educación remota, indicando que sigue siendo muy importante la existencia de espacios como los son aulas u oficinas para realizar su labor. Por otra parte, el beneficio económico es un factor importante, ya que les permite a las personas reducir sus gastos diarios, por último, el factor de la calidad del internet, como la variedad de softwares para la realización de sus labores, es de suma importancia. Esto indica que la educación está viviendo un cambio, donde estas nuevas tecnologías permiten que los estudiantes, profesores y directivos, se puedan adaptar a las diferentes modalidades, debido a que en los primeros lugares no se encontraron factores, que rechacen estas modalidades.

Lo anterior mencionado se respalda con las decisiones de los profesores y directivos sobre la modalidad seleccionada, estos dos actores prefieren la modalidad presencial con alternancia, mostrando que es necesario tener los espacios para generar las interacciones de manera presencial. Esto se ve reflejado igualmente en los factores más importantes ya que para los profesores prima la actitud que tienen frente a la clase y de cómo pueden realizar mejor su trabajo. Por otro lado, los estudiantes en los distintos clústeres, no se obtiene un consenso, 2 seleccionaron igual que los profesores, los otros combinado y combinado con alternancia. Pero igual que los profesores, algunos estudiantes siguen prefiriendo tener espacios presenciales.

- En el transcurso de la investigación se encontró la importancia de definir los factores críticos, y encontrar los puntos claves a la hora de realizar las encuestas, como se plasmó en las tablas 1, 2 y 3, donde se abarca los factores principales que se tienen en una educación mediada por tecnologías de la información, diferenciando de cada uno de los actores, mostrando la importancia de cada una de las partes, desde la parte personal a la parte técnica, de esta forma se permite respaldar cada uno de estos factores con estudios previos.
- Al realizar las encuestas a las diferentes partes, se concluye, que se debe diseñar teniendo como objetivo que estas deben ser de fácil entendimiento y fácil respuesta sin dejar de lado la importancia extraer la información clave, con preguntas concretas y sin sesgos. Es de igual forma importante que la muestra de personas a la que se le aplique las encuestas de ser un grupo que se comprometa a

resolverlas con toda veracidad. Por último, al utilizar medios electrónicos, permitió la flexibilidad de la disfunción de los cuestionarios, enviándolos a las personas seleccionadas para su solución.

- La validación de la herramienta de recolección de información se realizó con el alfa de Cronbach, dándolos una alta confiabilidad en los resultados obtenidos en las encuestas, permitiendo validar la aplicación de las encuestas y de la información obtenida en estas. Por otro lado, se generó una validación por expertos en el tema, para validar la metodología utilizada y los resultados obtenidos en el estudio.
- Gracias a los resultados obtenidos del análisis factorial, de las 27 variables evaluadas en los 4 clústeres de estudiantes, se obtuvieron 3 factores principales que describen variables tecnológicas, entorno y sentimientos/emoción, las cuales, afectan el aprendizaje mediado por tecnologías de la información.

## 7. Respecto a los Anexos o Apéndices

N.º Anexo	Nombre	Desarrollo	Tipo de archivo	Enlace	Relevancia para el documento (1 a 5, siendo 5 el más relevante)
1.	Encuestas estudiantes “Factores críticos de éxito en las distintas modalidades de enseñanza.”	Propio	Microsoft forms	<a href="https://forms.office.com/r/96tpG0V9ht">https://forms.office.com/r/96tpG0V9ht</a>	4
2.	Encuestas estudiantes “Importancia de los factores críticos de éxito en las distintas modalidades de enseñanza”	Propio	Microsoft forms	<a href="https://forms.office.com/r/vL78zTw0Xn">https://forms.office.com/r/vL78zTw0Xn</a>	4
3.	Encuestas Directivos “Factores críticos de éxito en las distintas modalidades de enseñanza.”	Propio	Microsoft forms	<a href="https://forms.office.com/r/63y9FZrRSU">https://forms.office.com/r/63y9FZrRSU</a>	4
4.	Encuestas Directivos “Importancia de los factores críticos de éxito en las distintas modalidades de enseñanza”	Propio	Microsoft forms	<a href="https://forms.office.com/r/THf5uqDTQD">https://forms.office.com/r/THf5uqDTQD</a>	4
5.	Encuestas Profesores “Factores críticos de éxito en las distintas modalidades de enseñanza.”	Propio	Microsoft forms	<a href="https://forms.office.com/r/x61mc0P366">https://forms.office.com/r/x61mc0P366</a>	4
6.	Encuestas Profesores “Importancia de los factores críticos de éxito en las distintas modalidades de enseñanza”	Propio	Microsoft forms	<a href="https://forms.office.com/r/09NtVWzxy7">https://forms.office.com/r/09NtVWzxy7</a>	4

7.	Topsis	Propio	Excel	<a href="https://livejaverianaedu-my.sharepoint.com/:x:/g/personal/montenegro_paula_javeriana_edu_co/ERiw0tki3JxMnEHfu0pMelgBPD56P0pjR4-9csEqNiNAvw?e=TmeCH7">https://livejaverianaedu-my.sharepoint.com/:x:/g/personal/montenegro_paula_javeriana_edu_co/ERiw0tki3JxMnEHfu0pMelgBPD56P0pjR4-9csEqNiNAvw?e=TmeCH7</a>	5
8.	Resultados Clustering y Alpha de Cronbach	Propio	Excel	<a href="https://livejaverianaedu-my.sharepoint.com/:x:/g/personal/montenegro_paula_javeriana_edu_co/ERaDULEkbsNDtUxQO710UxEbNDqDK_AmULe4jeeC618vZQ?e=VXWwSg">https://livejaverianaedu-my.sharepoint.com/:x:/g/personal/montenegro_paula_javeriana_edu_co/ERaDULEkbsNDtUxQO710UxEbNDqDK_AmULe4jeeC618vZQ?e=VXWwSg</a>	5
9.	Investigación PG	Propio	Excel	<a href="https://livejaverianaedu-my.sharepoint.com/:x:/g/personal/montenegro_paula_javeriana_edu_co/Ee15iefZEUtPo1OQpNiV3nwBjj1_cRXBhTYtKSk9pTgHpw?e=8L5T47">https://livejaverianaedu-my.sharepoint.com/:x:/g/personal/montenegro_paula_javeriana_edu_co/Ee15iefZEUtPo1OQpNiV3nwBjj1_cRXBhTYtKSk9pTgHpw?e=8L5T47</a>	5
10.	Validación de los cuestionario	Propio	Word	<a href="https://livejaverianaedu-my.sharepoint.com/:w:/g/personal/montenegro_paula_javeriana_edu_co/EYpH6orm719LuWIF2kE2G_IBrFDSd7i8ndpfv6ORsvsrtw?e=xyOnmM">https://livejaverianaedu-my.sharepoint.com/:w:/g/personal/montenegro_paula_javeriana_edu_co/EYpH6orm719LuWIF2kE2G_IBrFDSd7i8ndpfv6ORsvsrtw?e=xyOnmM</a>	4

11	Matriz de componente y Gráfico de Sedimentación	Propio	Excel	<a href="https://livejaverianaedu-my.sharepoint.com/:x:/g/personal/montenegro_paula_javeriana_edu_co/EY0-KFd4-sRKiVz32unJCkgBkudkVjiej8KoX7Iy_QJMrA?e=CPg8cn">https://livejaverianaedu-my.sharepoint.com/:x:/g/personal/montenegro_paula_javeriana_edu_co/EY0-KFd4-sRKiVz32unJCkgBkudkVjiej8KoX7Iy_QJMrA?e=CPg8cn</a>	4
12	Resultados análisis SPSS	Propio	SPSS(.spv)	<a href="https://livejaverianaedu-my.sharepoint.com/:u:/g/personal/montenegro_paula_javeriana_edu_co/ESyFrB57Jq1Jsqa92dAyu1QB4gDSldu6XBiXfkgbAi7CnQ?e=Vd8UU1">https://livejaverianaedu-my.sharepoint.com/:u:/g/personal/montenegro_paula_javeriana_edu_co/ESyFrB57Jq1Jsqa92dAyu1QB4gDSldu6XBiXfkgbAi7CnQ?e=Vd8UU1</a>	4

## Referencias

Estévez, J. Castro-Martínez, J. Rodríguez Granobles, Henry (2015). La educación virtual en Colombia: exposición de modelos de deserción, *Apertura*, vol. 7, núm. 1, Guadalajara, México. ISSN: 1665-6180

Almohammadi, K., Hagra, H., Yao, B. et al. A type-2 fuzzy logic recommendation system for adaptive teaching. *Soft Comput* 21, 965–979 (2017). <https://doi.org/10.1007/s00500-015-1826-y>

Fard, K., S. Tafreshi, F., Nilashi, M., & Jalalyazdi, M. (2014). Assessing the critical factors for e-learning systems using fuzzy topsis and fuzzy logic. *INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTERS & TECHNOLOGY*, 12(6), 3546-3561. doi:10.24297/ijct.v12i6.3136

Brown, M. S. (2015, July 19). What IT Needs To Know About The Data Mining Process. *Forbes*.

Hodges, S. Moore, B. B. Lockee, T. Trust, & M. A. Bond. (2020). The difference between emergency remote teaching and online learning. *Educause Review*, 27 March. Creative Commons BY-NC-ND 4.0 International License.

Cintula, Petr, Christian G. Fermüller, and Carles Noguera, "Fuzzy Logic", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2017 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL =<<https://plato.stanford.edu/archives/fall2017/entries/logic-fuzzy/>>.

Cochran, J. D., Baker, H. M., Benson, D., & Rhea, W. (2016).

Business student perceptions of online learning: Using focus groups for richer understanding of student perspectives. *Organization Management Journal*, 13(3), 149-166. doi:10.1080/15416518.2016.1218195

Decreto 1295 de 2010[con fuerza de ley]. Por el cual se reglamenta el registro calificado de que trata la Ley 1188 de 2008 y la oferta y desarrollo de programas académicos de educación superior. 21 de abril de 2010. D.O. No. 47687.

Dimah Al-Fraihat, Mike Joy, Ra'ed Masa'deh, Jane Sinclair, Evaluating E-learning systems success: An empirical study, *Computers in Human Behavior*, Volume 102, 2020, Pages 67-86, ISSN 07475632, <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.08.004>.

Giraldo Madrid (2020). El fracaso de la educación virtual en Colombia. *Las2Orillas*. 20 Marzo <https://www.las2orillas.co/el-fracaso-de-la-educacion-virtual-encolombia/#:~:text=Otra%20falencia%20de%20gran%20incidencia.Este%20problema%20es%20mu> Itifactorial.

Vladova, A Ullrich, B Bender, N Gronau (2021) *Frontiers in Psychology*. Students' Acceptance of Technology-Mediated Teaching – How It Was Influenced During the COVID-19 Pandemic in 2020: A Study from Germany. 10.3389/fpsyg.2021.636086

Kizilec, R. and Halawa, S., 2016. Attrition and achievement gaps in online learning. Hosam AlSamarraie, Bee Kim Teng, Ahmed Ibrahim Alzahrani & Nasser Alalwan (2018) E-learning continuance satisfaction in higher education: a unified perspective from instructors and students, *Studies in Higher Education*, 43:11, 2003-2019, DOI: [10.1080/03075079.2017.1298088](https://doi.org/10.1080/03075079.2017.1298088)

Ligia Alba Melo-Becerra, Jorge Enrique Ramos-Forero, Pedro Oswaldo Hernández-Santamaría (2016). LA EDUCACIÓN SUPERIOR EN COLOMBIA: SITUACIÓN ACTUAL Y ANÁLISIS DE EFICIENCIA : Desarrollo y Sociedad, núm. 78, 2017, Universidad de Los Andes. Colombia.

LA EDUCACIÓN SUPERIOR EN COLOMBIA: SITUACIÓN ACTUAL Y ANÁLISIS DE EFICIENCIA

I (redalyc.org) Nassoura,

A.

B.

(2020). Measuring students' perceptions of online learning in higher education.

*International Journal of Scientific and Technology Research*, 9(4), 1965-1970. ISSN 2277-8616

Naveed QN, Qureshi MRN, Tairan N, Mohammad A, Shaikh A, Alsayed AO, et al. (2020) Evaluating critical success factors in implementing E-learning system using multi-criteria decisionmaking. *PLoS ONE* 15(5): e0231465. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231465>

Sana, Sibananda & Adhikary, Chandan. (2017). ICT Mediated Teaching Learning In Higher Educational Enterprise. 3. 506-511. Triantaphyllou E. (2000) Multi-Criteria Decision Making Methods. In: *Multi-criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*. Applied Optimization, vol 44. Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3157-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3157-6_2)

William Remus (1978) An effective learning system for large quantitative methods courses, *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 9:1, 51-64, DOI: <https://doi.org/10.1080/0020739780090108>

Strauss T, von Maltitz MJ (2017) Generalising Ward's Method for Use with Manhattan Distances. *PLoS ONE* 12(1): 0168288. doi: 10.1371/journal.pone.0168288

Rogers WM, Schmitz N, Mullins ME. Correction for unreliability of multifactor measures: comparison of Alpha and parallel forms approaches. *Organ Res Methods*. 2002

Zalat, M. M., Hamed, M. S., & Bolbol, S. A. (2021). The experiences, challenges, and acceptance of e-learning as a tool for teaching during the COVID-19 pandemic among University Medical Staff. *PLOS ONE*, 16(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248758>