



[221022] Métodos multicriterio para analizar percepciones y expectativas sobre la Ingeniería Industrial

Federico Valderrama Oviedo^{a,c} , Daniela Arteaga Gómez^{a,c} , Juliana Niño Camargo^{a,c}, Alejandra Salcedo Suarez^{a,c}

Ricardo Barros Castro^{b,c}

^aEstudiante de Ingeniería Industrial

^bProfesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Industrial

^cPontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

Resumen

Industrial engineering is a program that, given its field of action, is constantly changing and evolving. The course at Pontificia Universidad Javeriana has different stakeholders or groups of interest, which have different perceptions and expectations about the curriculum and the technical and soft skills it currently offers. However, it was identified that there is no active participation of all stakeholders with reference to the approach and creation of the curriculum. Thus, a model was designed to evaluate the perceptions and expectations of stakeholders about the curriculum of the Industrial Engineering degree program at the Pontificia Universidad Javeriana using AHP as a multi-criteria method, SERVQUAL as a method for measuring the quality of a service, and QFD as a model to guide the process of creating or modifying the industrial engineering curriculum.

In order to address the problem stated above, a tool was designed that facilitates the creation of an AHP model, the entry of the data obtained by completing the comparison matrices and the numerical analysis of the model with the purpose of achieving a hierarchy by comparing different attributes with respect to a given criteria, thereby providing an analysis of the priorities in technical and soft skills that are pertinent and relevant for today's industrial engineers. To do this, a pairwise comparison of the skills with respect to a specific criteria must be conducted with the purpose of defining the importance of one over the other. Once this had been done, a Normalized Paired Comparison Matrix (NPCM) was obtained from which a relative prioritization estimation of the compared skills was obtained, named as the average vector. Consequently, in order to carry out the AHP, a bibliographic review was carried out to define the criteria and skills to be used, as shown below:

Criteria:

1. *Management of enterprise systems and understanding of their environment*
2. *Design and innovation (technology-based and non-technology-based)*
3. *Economic and professional growth*

Skills:

1. *Implementation of technology and programming in problem solving*
2. *Interpretation of mathematics and physics for problem solving.*
3. *Production planning and control*
4. *Systems design (manufacturing, production, automation and information processes).*
5. *Data analysis*
6. *Good communication skills*
7. *Teamwork*
8. *Permanent learning*
9. *Problem solving*
10. *Critical thinking*

Following the design of the model, once all the information was established, it was entered into the tool so that all the data tables that were going to be used to perform the pairwise comparison for each individual evaluated could be created. Furthermore, once the database of the matrices for each individual in each focus group was collected, they were entered into the tool and it became possible to obtain information regarding the hierarchy that each focus group gave to the skills in question from a general point of view.

Subsequently, the hierarchy of each group was used as a relative weight to construct a QFD per group with the purpose of evaluating the industrial engineering program based on the data acquired from the multi-criteria analysis. The results obtained show that in general, by consolidating the opinion of the different stakeholders, the least important skill is production planning and control, since everyone except the applicants indicated that this skill is not as important as the rest. On the other hand, the most important skill overall is problem solving, which all except the employers stated that it is one of the most valuable skills. The results can be seen in the following figure:

Figure 1. Results obtained regarding the importance of the skills

<i>Focus Group</i>	<i>Skills of Lowest Importance</i>	<i>Skills of Highest Importance</i>
Applicants	Interpretation of mathematics and physics for problem solving	Critical thinking
	Good communication	Teamwork
	Implementation of technology and programming	Problem solving
Students	Continuous learning	Problem solving
	Production planning and control	Systems design
	Good communication	Implementation of technology and programming
Alumni	Interpretation of mathematics and physics for problem solving	Critical thinking
	Implementation of technology and programming	Problem solving
	Production planning and control	Continuous learning
Teachers	Production planning and control	Problem solving
	Implementation of technology and programming	Critical thinking
	Interpretation of mathematics and physics for problem solving	Continuous learning
Employers	Problem solving	Teamwork
	Production planning and control	Good communication
	Data analysis	Implementation of technology and programming

On the other hand, on a parallel basis, the tool is designed to not only help with the AHP multi-criteria model, but can also be used to develop a SERVQUAL. In this case, the first step was to analyze Industrial Engineering through the five dimensions described by the model: tangible elements, sensitivity, safety, empathy and reliability, and by means of the analysis of each dimension, the questions related to technical requirements that match the reality of the program, the components and skills requested by Industry 4.0, the different groups interested in the curriculum and the professional training offered by the Industrial Engineering program at Pontificia Universidad Javeriana were formulated as shown below. Moreover, a rating scale was used to differentiate between the expectations and perceptions that the stakeholders have regarding the industrial engineering career. As for the analysis, once the data was entered into the tool, it was able to find an aggregate array where the aggregated rating that defines the importance of each characteristic and the difference between expectations and perceptions could be easily visualized. Finally, as with the AHP, the QFD was used as a method to ground the analysis and focus it in relation to the strengths and improvement opportunities of the industrial engineering program at the Pontificia Universidad Javeriana. The results obtained after performing the QFD are shown in [Figure 2](#), where the order of highest and lowest importance is taken into account. Thus, the results show that the least important expectation is the duration of the program and the most important is the availability of databases, books and journals. As for the perceptions, a tie was obtained in the characteristics not perceived between the flexibility in the curriculum and the constant updating of the study plan, and as for those characteristics perceived, it was stated that the most perceived is to have adequate study facilities.

Technical requirements:

- *Eight semesters long.*
- *Campus with facilities such as laboratories, computer rooms, etc.*
- *Campus with networking areas, gymnasium, courts, cafeterias, etc.*
- *Library and virtual databases with sufficient academic resources.*
- *Team of teachers with years of experience, studies and practice.*
- *Curriculum composed of core formation courses, optional courses, complementary courses, etc.*

- Curriculum with theoretical and practical components.
- Constant follow-up resources provided by the faculty and administration
- Content in the curriculum with a focus on the values, beliefs and ethics of the institution
- Constant updating of the number of semesters and content of the course.

Figure 2. Results obtained regarding the expectations and perceptions for the focus groups

Focus Group	Expectations		Perceptions	
	Characteristics of Lowest Importance	Characteristics of Highest Importance	Characteristics Not Perceived	Characteristics Perceived
Applicants	Individualized academic attention from teachers	Clear purpose of the program	N/A	N/A
	Program's lenght	Fulfillment of the objectives established ar the beginning of the program	N/A	N/A
	Sense of belonging among students	Tools and labs available at the university	N/A	N/A
Students	Convenient academic schedules for students	Good study facilities	Individualized academic attention from teachers	Adequate study facilities
		Fulfillment of the objectives established ar the beginning of the program	Optimal program lenght	Program with sufficient practical components
	Constant updating of the curriculum	Program with sufficient practical components	Availability of convenient academic schedules for students	Optimal labs and spaces for the practical part of the program
Alumni	Program's lenght	Availability of databases, books and journals	Flexibility in the curriculum	Adequate study facilities
	Individualized academic attention from teachers	Good study facilities	Constant updating of the curriculum	Sense of belonging among students
	Constant updating of the curriculum	Fulfillment of the objectives established ar the beginning of the program	Program with sufficient practical components	Availability of databases, books and journals
Teachers	Constant updating of the curriculum	Availability of databases, books and journals	Constant updating of the curriculum	Adequate study facilities
	Individualized academic attention from teachers	Updates that take into account contextual surrounding factors	Program with sufficient practical components	Availability of databases, books and journals
	Flexibility in the curriculum	Fulfillment of the objectives established ar the beginning of the program	Individualized academic attention from teachers	Teaching based on real life situations

Employers	Program's lenght	Availability of convenient academic schedules for students	Availability of convenient academic schedules for students	Friendly relationship between students and teachers
	Flexibility in the curriculum	Updates that take into account contextual surrounding factors	Flexibility in the curriculum	Clear purpose of the program
	Sense of belonging among students	Availability of databases, books and journals	Tools and labs available at the university	Program with sufficient practical components

1. Justificación y planteamiento del problema

Según Kádárová et al (2014), “la ingeniería industrial es la optimización de procesos y sistemas complejos mediante el desarrollo, la mejora y la aplicación de sistemas integrados de personas, dinero, conocimientos, información, equipos, energía, materiales, así como las ciencias matemáticas, físicas y sociales junto con los principios y métodos del diseño de ingeniería para especificar, predecir y evaluar los resultados que se obtendrán de dichos sistemas o procesos.”. Así entonces, se entiende que la ingeniería industrial es una disciplina que abarca gran cantidad de enfoques y que mediante estos sistemas integrados, se ajusta a diversas percepciones para el planteamiento y solución de problemáticas. Por otro lado, desde el punto de vista de la producción y los procesos productivos, de acuerdo con Bykasoglu y Dereli (2000):

“ se pueden alinear los objetivos y rol de la ingeniería industrial, con los de la producción... La ingeniería industrial emergió como una profesión que buscaba generar soluciones a los problemas de producción para satisfacer sus tres metas, las cuales son: costos, calidad y tiempo... Un ingeniero debe poder balancear estas tres metas en cualquier empresa al considerar sus recursos limitados, su ambiente laboral, y oportunidades para generar una empresa competitiva ”

Por tal razón, se entiende que hay una relación entre la carrera de ingeniería industrial (IE por sus siglas en inglés: *Industrial Engineering*) y los procesos productivos de las empresas, y por ende, de la industria. Al existir esta relación, los objetivos deben estar alineados constantemente para seguir cumpliendo con este propósito de generar profesionales en el mundo capacitados para abarcar distintos enfoques y generar distintas soluciones de la mano de aquellas habilidades blandas y técnicas que requieren las empresas diariamente.

Según un estudio realizado en la universidad Atilim en Turquía, Erkan y Rouyendegh (2014) describen la ingeniería industrial como una de las carreras cuyo currículo es el más cambiante dado la naturaleza de la disciplina que abarca. Un currículo de acuerdo a Kelly (2009), “es la totalidad de las experiencias que un alumno tiene, de acuerdo a los modelos previstos”, por lo que se entiende que en los últimos años se han realizado estudios e investigaciones que buscan lograr el mejor panorama de planeación de la carrera de Ingeniería Industrial, tratando que esta se adapte y ajuste a un cambio antes de que este suceda. De acuerdo a lo anterior, se ha determinado que en la actualidad y en los próximos años, la ingeniería industrial se debería proyectar y enfocar en aspectos relacionados a las percepciones que tiene la industria y las empresas en cuanto a las habilidades blandas y/o técnicas de los egresados.

Abarcando la carrera desde el punto de vista de los planes de estudio en la preparación de habilidades fuertes, en Erkan y Rouyendegh (2014) se ve que cada día se desarrolla más y más un enfoque tecnológico de acuerdo al desarrollo y la transformación que ha tenido la industria en esa área, por esto, se tiene la gran diferencia entre los currículos no actualizados y los que se solicitan hoy en día, donde los currículos antiguos difieren en los objetivos, decisiones y soluciones que tengan relevancia para todos los procesos que desencadena la carrera. Por otro lado, en las habilidades blandas, de acuerdo con Luy y Lú (2021) desde el año 2010 al 2019, se demostró un incremento en la demanda de estas habilidades como punto dominante y de interés en los egresados, y se demuestra que estas pueden llegar a tener una correlación positiva con la diferencia en productividad entre empleadores. De acuerdo con Zaharim et al *Social and Behavioral Sciences* 60 (2012) 522 – 528 (2011), al evaluar a tres candidatos a un cargo, los empleadores del sector de ingeniería tienden a estar más interesados en egresados con fuertes habilidades blandas como la comunicación y el trabajo efectivo en equipo, aspectos que son fuertemente requeridos a la hora de tener una experiencia laboral positiva, por lo que se entiende que contar con un fuerte desempeño académico en la carrera, ya no es el único factor diferenciador en la vida laboral de un egresado de la carrera de ingeniería industrial.

Ahora, en el contexto Colombiano, de acuerdo con Morales, Rodríguez (2019) un 26% de la población que puede acceder a estudios superiores en instituciones privadas, corresponden a programas de ingeniería, siendo Bogotá, la ciudad con mayor participación. Alrededor de 44,000 estudiantes corresponden al programa de ingeniería industrial en alrededor de 33 instituciones educativas. Sin embargo, entre el 2000 y el 2012, los programas de ingeniería tienen el porcentaje de inscripciones más bajo registrado con respecto a otras carreras. Esto se puede ver ya que, según el estudio, los estudiantes tienden a estar satisfechos con carreras de ingeniería después del séptimo semestre, mientras que estudiantes en los primeros semestres muestran más disconformidad, así como sucede en interesados de grado 11, los cuáles sólo el 6,5% aspiran a una carrera de ingeniería. Serna y Serna (2013) identificaron en 1500 estudiantes de grado 11 que las mayores motivaciones, en orden descendente para elegir la carrera son: los prospectos ofrecidos por el programa, la institución educativa, publicidad y finalmente costos, siendo la mayoría de estos dependientes de las percepciones que tienen otras personas de la carrera y la institución. También se identificó, como lo muestra la *Tabla 1*, las disconformidades más comunes entre los estudiantes de ingeniería. Por otra parte, Oppenheimer, Andrés (2010) muestra la tendencia que se está presentando en Colombia relacionado al aumento del número de estudiantes universitarios, gracias a la labor que ha realizado el Ministerio de Educación mejorando la calidad educativa, lo cual se ve reflejado en los resultados de las pruebas PISA, TIMSS y PIRLS. Así, analizando que al mejorar la calidad en la educación, se puede cambiar la percepción en los jóvenes de ingresar a una carrera de ingeniería.

Tabla No. 1. Autoría: Serna & Serna (2013, p.9).

Variable	Participación
Profesores	17%
No satisface la oferta	16%
Universidad	15%
No cumple las expectativas	13%
Metodología	8%
Poca práctica	7%
Matemáticas	5%
Fuera de realidad	5%
Perfil	4%
Muy demandante	4%
Contenido no relacionado	3%
No relacionado con la industria	3%

De esta forma, se entiende que en Colombia tiende a haber menor crecimiento de participación e inscripción por parte de los interesados en las carreras de ingeniería a medida que avanza el tiempo debido a la percepción que se tiene de esta, ya sea por el plan de estudio, así como la institución educativa, entre otros. En su mayoría, los estudios de investigación para el currículo de ingeniería industrial están orientados hacia la industria y la docencia. Sin embargo, es importante tener en cuenta la percepción de todos los grupos de interés (Equivalente en inglés a stakeholders, haciendo uso de estos dos términos de forma intercambiable en el presente documento), ya que el plan de estudios también está orientado hacia los interesados y estudiantes, donde existe una gran disconformidad con las carreras por parte de los estudiantes durante los primeros semestres. Esto puede estar relacionado a los planes de estudio implementados actualmente, así como con la metodología de enseñanza de la carrera y la percepción negativa por parte de los estudiantes. Lo anterior tiene un impacto a la hora de que los interesados decidan elegir la carrera, por lo que se requiere entender cuáles son las aspiraciones y expectativas que los interesados, estudiantes y otros grupos de interés tienen sobre los planes de estudio,

así como habilidades técnicas y blandas que se ofrecen en la carrera con miras al futuro laboral. Esto para entender las percepciones que se deben suplir desde el plan de estudios, tanto por parte de los interesados y estudiantes, como las percepciones de la industria.

2. Antecedentes

Se han realizado distintos estudios a nivel mundial que investigan las tendencias que dirigen a la ingeniería industrial en los últimos tiempos. Sin embargo, algunos de estos pueden estar desactualizados debido a su año de realización e incluso fuera del contexto nacional en que se encuentran los egresados de ingeniería industrial de la Pontificia Universidad Javeriana. A comienzos del siglo, Rabelo et al. (2006) y Eskandari et al. (2005) investigaron las tendencias emergentes para la enseñanza del pregrado de ingeniería industrial. En los dos estudios se intentaba reducir o cerrar entre el mundo académico y profesional sugiriendo cambios en el plan de estudios para que la enseñanza de la ingeniería industrial se ajuste a las percepciones de la industria. De esta manera, en ambos se utilizaron cuestionarios y la técnica Delphi modificada de tres rondas para procesar sus resultados, la cual se basa en el principio de la inteligencia colectiva y consiste en la aplicación sucesiva de cuestionarios a un grupo de expertos en varias rondas (Bruner, 2005; Hsu & Sandford, 2007) para determinar las características deseadas en un ingeniero industrial. Aunque ambos estudios identificaron diferentes características, en ambos casos, la característica más deseada es la "capacidad de adaptación para resolver problemas".

En Tailandia, se utilizó el método del Analytic Hierarchy Process (AHP), una técnica de análisis multicriterio normalmente utilizada en la toma de decisiones, reingeniería de procesos empresariales, asignación de recursos y las gestión total de la calidad, entre otros. La metodología se basa en realizar una estructura matemática que simplifique la toma de decisiones al realizar un marco jerárquico y un análisis de prioridades (Forman y Gass, 2016). En el caso de estudio de Tailandia este se usó para identificar la perspectiva común de las expectativas del estudiante de Ingeniería Industrial, el profesor y la industria (Pawar et al., 2019) buscando determinar y darle prioridad a aquellos nuevos desafíos identificados por el cambio a la industria 4.0 en cuanto a la sostenibilidad de la cadena de suministro en las economías emergentes. Fue así como con el estudio se encontró que en el contexto de Tailandia hay cuatro campos de conocimiento que el departamento de IE debe acelerar el desarrollo del plan de estudios y estos son: la colaboración de humanos y robots, la analítica de big data, el uso de datos en tiempo real y la toma de decisiones basada en datos. .

Otro estudio realizado en Sudáfrica Tendayi, Dewa, Akwunwa, Gxamza (2019) identificó que habían grandes brechas tecnológicas en la enseñanza actual de los jóvenes universitarios en la carrera de Ingeniería Industrial, respecto a información encontrada en las empresas que suelen emplear egresados. Se identificó que estudios previos mostraron como los currículos actuales no cubrían por completo ciertos criterios requeridos por los egresados. Como método de estudio se utilizaron entrevistas presenciales entre profesionales y egresados de la institución seleccionada, en donde mediante las respuestas a distintas preguntas de interés se buscó identificar las percepciones y demandas de conocimiento y habilidades en las empresas, así como identificar las metodologías de enseñanza actuales y habilidades que se esperan aprender. Como resultado se realizó un análisis de las respuestas obtenidas las cuales mostraron información respecto a las áreas en las empresas con mayor contratación de egresados, como lo son manufactura, operaciones, control y calidad y unidades de negocio. También se identificó el uso fuerte de ciertos programas como AutoCad, Excel, VBA y visio, así como habilidades técnicas que están siendo requeridas hoy en día tales como análisis de datos y diseños de ingeniería. Finalmente el estudio permitió generar recomendaciones alrededor de los enfoques de casos de estudio y discusión que los estudiantes deben afrontar durante la carrera, así como el refuerzo de habilidades blandas que adapte mejor a los egresados al campo profesional.

Un distinto método se aplicó para determinar las características profesionales deseadas en un ingeniero industrial y definir cuáles son los enfoques y temáticas emergentes en la actualidad que deben ser incluidos en el plan de estudio. Eskandari, Sala-Diakanda, Furterer, Rabelo, Crumpton-Young y Williams (2007) identificaron que a medida que pasa el tiempo, la ingeniería industrial se va abriendo a la posibilidad de trabajar nuevos campos fuera de los objetivos en la cuál fue creada. También identificaron que para asegurar que los egresados cumplan con todas las características deseadas por un empleador, se debe desarrollar un plan de estudio basado en las percepciones y requerimientos con un enfoque global, que incluya habilidades blandas y técnicas como lo son la gerencia de ingeniería y el liderazgo, entre otras. Se utilizó el método Delphi mediante la implementación de cuestionarios donde se toma el análisis de datos de diferentes encuestados sobre un tema en particular. Estos encuestados fueron parte de la conferencia de investigación de ingeniería industrial incluyendo profesionales de la industrial y miembros de facultad. Dando una escala de jerarquía de importancia, se identificó un porcentaje dado a cada una de las características deseadas en los egresados siendo las más importantes la adaptación en la resolución de problemas, evaluación y análisis de procesos y habilidad analíticas y cuantitativas, y siendo las características más deseadas, la

programación, perspectivas globales y la conciencia en el liderazgo. Los resultados de los temas emergentes demostraron que el porcentaje más alto de importancia corresponde a gerencia de proyectos, comportamiento ético y liderazgo, y los menos importantes fueron el biomodelado, agentes de software y sistemas inalámbricos, entre otros. Todos estos datos se consideran en el estudio como fundamentales para incorporar en el plan de estudios de la carrera y generar profesionales equipados con el conocimiento y habilidades necesarias.

Por otro lado, se ha observado que después de tener un modelo establecido, se ha hecho uso del QFD para evaluar los resultados obtenidos. Como se puede observar en el caso de Singh y Rawani (2018), en este se utilizó el QFD (Quality Function Deployment) en el sector educativo, y aprovecharon las ventajas del modelo para poder evaluar la calidad en la educación dado que se *“provee un método sistematizado para desarrollar competencias requeridas en un producto final”*, en este caso la carrera de ingeniería industrial de la universidad Javeriana. Así mismo, Bier y Corneski (2001) implementaron esta metodología en la educación al utilizar el QFD para alinear a los egresados con los requerimientos que tendrán que enfrentar a la hora de conseguir empleo. Para esto, construyeron una matriz listando las competencias en las filas y los cursos en las competencias, mientras que las celdas que intersectan muestran la relación entre ambas. Acto seguido, se genera un ranking por un panel de jurados, los cuales le dan un valor jerárquico a cada competencia, teniendo en cuenta que un ranking bajo no descalifica las competencias. Esto permite a la organización saber cual es el enfoque en el que se va a centrar la carrera, así como examinar cada competencia y determinar las temáticas y contenidos a estudiar en cada una. Como resultado, se incorporaron las competencias más fuertes en los currículos, desarrollando posteriormente los requerimientos y temáticas a tener en cuenta para el mundo laboral. De este modo, el método busca mantener enfocado el currículo en los aspectos de mayor importancia para garantizar un egresado con éxito, analizando finalmente que el QFD puede ser realmente útil, ya que permite identificar los resultados para un mejoramiento del currículo. Adicionalmente, en este mundo tan competitivo, la calidad de cualquier producto o servicio es de lo más importante, por lo que usar una herramienta como el Service Quality (SERVQUAL), que es la capacidad que tiene una organización para satisfacer o superar las expectativas del cliente (Parasuraman et al., 1985), identificando que el SERVQUAL puede identificar las prioridades para la mejora de los servicios en los centros educativos.

De este modo, teniendo en cuenta los estudios previamente mencionados, se identifica que en su mayoría se tienen en cuenta egresados y empleadores para identificar las percepciones y habilidades requeridas por las empresas, pero no se tiene en cuenta otros grupos de interés relacionados a las percepciones y expectativas relacionadas con la carrera y el plan de estudios como lo son interesados, padres de familia y estudiantes que pueden aportar características o habilidades al plan de estudio. Por otro lado, se observa que en su mayoría los análisis que se han realizado son cualitativos, es decir que usan técnicas descriptivas como encuestas, cuestionarios y entrevistas a través del método Delphi o grupos focales. No obstante, se identifica que es importante utilizar diferentes métodos de análisis multicriterio como el AHP en conjunto con las herramientas participativas, que incluyen los métodos cualitativos anteriormente nombrados usando la técnica SERVQUAL, para así lograr cuantificar la información y realizar un análisis que permita identificar mejoras sobre el plan de estudio de la carrera usando el QFD. Esto permitirá entender mejor las percepciones y expectativas de la carrera de Ingeniería Industrial en el contexto de la Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, entendiendo las percepciones como *“el proceso mediante el cual los individuos organizan e interpretan las impresiones de sus sentidos, con la finalidad de dar significado a su entorno”* (Robbins & Judge, 2013) y las expectativas como *“creencias acerca de los atributos de un producto o del rendimiento del servicio en algún momento futuro”* (Spreng, MacKenzie & Olshavsky, 1996), entendiendo que en el caso de estudio es el currículo de ingeniería industrial. Es por esto, que el presente trabajo estará enfocado en realizar un estudio que identifique las expectativas y percepciones del perfil de un ingeniero industrial respecto a sus habilidades y capacidades, teniendo en cuenta que, a través de cada uno de los estudios mencionados, se observa la importancia de analizar el currículum de IE de la Pontificia Universidad Javeriana Bogotá de acuerdo a su diseño.

3. Objetivos

Diseño de un modelo para evaluar las expectativas y percepciones de los grupos de interés sobre el currículo de la carrera de ingeniería industrial de la Pontificia Universidad Javeriana mediante el uso de métodos multicriterio.

1. Identificar los factores y el tipo de habilidades blandas y técnicas, que se van a tener en cuenta para el estudio del currículo de ingeniería industrial por medio de referentes bibliográficos.
2. Diseñar el modelo de evaluación multicriterio que permita indagar las percepciones y expectativas de estudiantes, interesados, profesores, egresados y empleadores sobre la carrera de ingeniería industrial.
3. Diseñar el aplicativo basado en el modelo de evaluación que permita analizar las percepciones y expectativas de estudiantes, interesados, profesores, egresados y empleadores sobre la carrera de ingeniería industrial.
4. Analizar los resultados obtenidos mediante el uso del aplicativo en el caso de estudio de los grupos de interés de la carrera de ingeniería industrial de la Pontificia Universidad Javeriana.
5. Validar el modelo obtenido mediante indicadores estadísticos.

4. Metodología y Resultados

4.1.1. Objetivo 1: Identificación habilidades blandas y fuertes mediante referentes bibliográficos

El [Diagrama de flujo 1](#), muestra el proceso a seguir para llegar al informe de habilidades así como el de criterios propuesto para este objetivo. Como se puede evidenciar en este diagrama, inicialmente se recurrió a distintas bases de datos y plataformas digitales como Science direct, ElSevier, ResearchGate, entre otros, para identificar bibliografía que hiciera referencia al estudio de habilidades técnicas y blandas en estudiantes de Ingeniería industrial. En la primera búsqueda de estos referentes, se aplicaron filtros de selección dentro de las bases de datos donde se usaban palabras claves como: habilidades blandas, habilidades fuertes, ingeniería industrial, currículum, plan de estudios, percepciones y expectativas. Estos filtros de selección dieron como resultado cerca de 60 artículos nacionales e internacionales con relación a la ingeniería industrial y los temas a tratar para este estudio. Se identificó que existen estudios previos acerca de la identificación de habilidades blandas y fuertes en un ingeniero industrial que sustentan el propósito de este estudio. Dentro del análisis de los referentes se observa que algunos de ellos hacían mención a habilidades necesarias en distintas carreras del campo de la ingeniería, así como habilidades blandas y fuertes referentes a un contexto único del lugar donde se realizaba el estudio. Por tal razón se decidió realizar un segundo filtro de selección de los referentes para lograr una mejor identificación de habilidades gracias a artículos que se ajustaran mejor a los criterios de búsqueda requeridos para este estudio. Dentro de esta segunda selección se incluyeron filtros de búsqueda y selección como: habilidades blandas y fuertes en ingenieros industriales, expectativas del currículo de ingeniería industrial, plan de estudios de ingeniería industrial y, percepciones de un ingeniero en la industria 4.0. Una vez hecho esto se logró un total de 19 artículos de diferentes bases de datos los cuales para poder identificar mejor su contenido, se realizó una ficha bibliográfica en la cual se desglosa las habilidades encontradas. La información se recopiló en una tabla que describe el contenido de cada artículo en: Nombre, fecha de publicación, autores, resumen, habilidades técnicas y blandas identificadas y enfoque; este último haciendo referencia a las habilidades encontradas desde el punto de vista de los diferentes participantes como los son estudiantes, profesores, empleadores, etc. El desarrollo de esta tabla permitió desglosar mejor la información de cada uno de los artículos, como se muestra en el [Anexo 1](#). Al analizar la tabla anterior, se identifica que existen habilidades similares mencionadas en los artículos por tanto, se realizó una tabla de frecuencia en donde aparece un total de 43 habilidades blandas y 33 habilidades técnicas mencionadas en los referentes bibliográficos, como aparece en el [Anexo 2](#), donde se muestra el nombre para cada habilidad, la frecuencia y en qué artículo es mencionado.

Posterior a esto, se procedió a agrupar algunas de las habilidades teniendo en cuenta la similitud en contexto entre artículos, dando como resultado 15 habilidades blandas y 14 habilidades técnicas. Teniendo en cuenta la frecuencia de todas las habilidades, para poder disminuir la selección, se realizó un diagrama de Pareto como el encontrado en el [Anexo 3](#), donde se halló el porcentaje de frecuencia y el porcentaje ponderado de cada habilidad. La construcción del diagrama Pareto dio como resultado las cinco habilidades técnicas y blandas más frecuentes, que por representar cerca del 50% de la frecuencia de habilidades fueron elegidas para ser usadas dentro de este estudio, como se ve en la [Figura 3](#). En paralelo a esto se empezó el trabajo de identificar criterios de selección de cada una de estas habilidades, entendiendo criterios según Balza-Franco (2016) como “*marcos referenciales de pertenencia y validez para la disciplina, respondiendo a objetivos y metas que validan el plan de estudios para la unidad académica*”. La definición de criterio encontrada en este referente, junto con los analizados previamente fue la base para la selección de los criterios que se ajustaran a las habilidades blanda y fuertes de la carrera de ingeniería industrial. Se identificaron en referencias bibliográficas distintos criterios a ser utilizados en este estudio, donde también se daba un contexto y una descripción del criterio presentado. Tras una evaluación y análisis de todos los criterios presentados, se eligieron tres que de acuerdo con las referencias, justificaban la necesidad de contar con gran

parte de las habilidades fuertes y blandas elegidas previamente y que eran relevantes para un análisis jerárquico. Estos criterios y sus respectivas descripciones, junto con el total de habilidades elegidas para el estudio pueden ser encontrados en el [Anexo 4](#).

Diagrama de flujo 1. Proceso de selección de habilidades

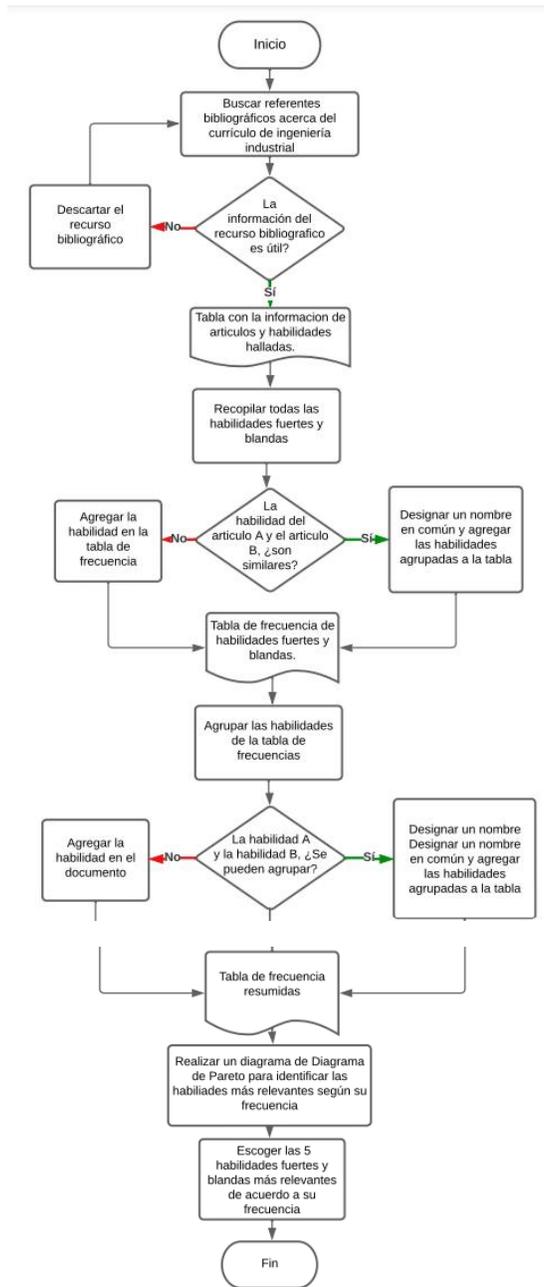
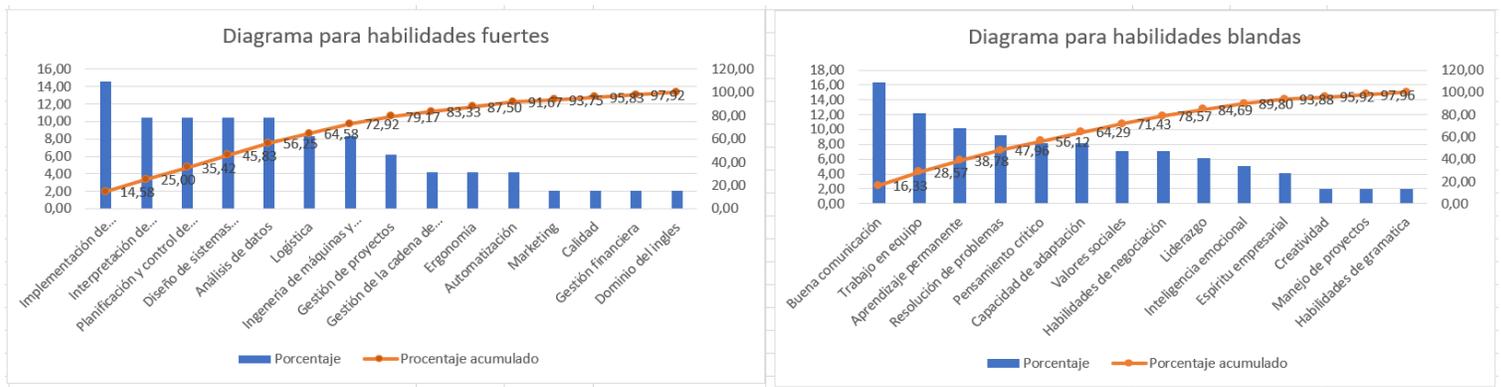


Figura 3. Diagrama de Pareto para selección de habilidades. Autoría propia



4.1.2. Resultados Objetivo 1

El proceso realizado en este objetivo tuvo como resultado el informe de habilidades blandas y fuertes donde siguiendo la [Figura 4](#), que compone el [Entregable 1](#), donde se evidenció un total de 5 habilidades blandas a utilizar en este estudio como lo son: buena comunicación, trabajo en equipo, aprendizaje permanente, resolución de problemas y pensamiento crítico. Por el lado de las habilidades fuertes, se tuvo como resultado 5 habilidades fuertes elegidas para este estudio, las cuales son: Implementación de tecnología y programación en la resolución de problemas, interpretación de matemática y física para la resolución de problemas, planificación y control de la producción, diseño de sistemas y análisis de datos. Se analizó que estas habilidades incluyen las herramientas y/o conocimientos fundamentales para la resolución de problemas e implementación de conocimiento básicos en ingeniería y ayuda en la toma de decisiones. Se concluyó que estas habilidades aportan al estudio al ser reconocidas en todos los referentes como frecuentes a la hora de analizar el currículo de ingeniería industrial y más a fondo las expectativas de un ingeniero industrial para la industria 4.0. Estas habilidades son relevantes para la construcción de los perfiles profesionales y los currículos dado que encamina la carrera a las percepciones de la industria y sus diferentes participantes, pero también permite un ambiente evolutivo donde estudios como este permiten la constante adaptación de la carrera. Finalmente de este objetivo también se tiene como resultado la [Figura 5](#), la cuál muestra los criterios seleccionados: gestión de sistemas empresariales y comprensión de su entorno, Diseño e innovación y crecimiento económico y profesional. Se puede analizar de los criterios seleccionados que corresponde cada una a un conjunto desde el cual pueden abarcar varias habilidades para un ingeniero que permita adaptación, crecimiento y desarrollo. Las figuras anteriormente mencionadas se construyeron a partir de tablas y teniendo en cuenta la información recopilada de los referentes bibliográficos donde se especificaba el contexto de cada una de las habilidades, así como de los criterios. Estos criterios se consideran relevantes en este y futuros estudios para guiar las habilidades fuertes y blandas de un ingeniero a puntos de vista que validen los aportes de estas habilidades al currículo de ingeniería industrial.

Figura 4. Habilidades blandas y fuertes con sus descripciones. Objetivo 2

HABILIDADES FUERTES		
	Habilidad	Descripción
1	Implementación de tecnología y programación en la resolución de problemas	El estudiante implementa herramientas tecnológicas y conocimientos de programación básicos para la resolución de distintas problemáticas que se le presentan dentro de varias áreas de una organización
2	Interpretación de matemática y física para la resolución de problemas	El estudiante sabe interpretar diferentes problemáticas que se le presentan desde un enfoque matemáticos y físico proveniente de conocimientos básicos aprendidos a lo largo de la carrera
3	Planificación y control de la producción	El estudiante participa activamente en procesos productivos, donde aporta procesos de planificación y control que aseguren éxito productivo

4	Diseño de sistemas (Procesos de fabricación, producción, automatización e información)	El estudiante diseña sistemas que hacen parte de la industria 4,0 y aportan a distintos áreas de trabajo como procesos de fabricación, procesos de producción y automatización y sistemas de información que faciliten actividades productivas
5	Análisis de datos	El estudiante realiza análisis de datos valiosos para lograr conclusiones y decisiones que favorezcan a la resolución de problemas y al desarrollo de propuestas para implementación basado en resultados

HABILIDADES BLANDAS		
	Habilidad	Descripción
1	Buena comunicación	El estudiante es capaz de comunicarse correctamente con otras personas, promoviendo fácil flujo de información y buen relacionamiento en el trato con los demás a la hora de participar en proyectos
2	Trabajo en equipo	El estudiante es capaz de relacionarse y mantener un ambiente positivo en un equipo de trabajo, donde promueva la escucha de los demás y la participación grupal en resolución de problemas
3	Aprendizaje permanente	El estudiante se mantiene en constante aprendizaje de nuevas herramientas y nuevos conceptos que le aporten en sus actividades diarios, permitiéndole innovar en la resolución de problemas
4	Resolución de problemas	El estudiante es capaz de indentificar un problema o una oportunidad de mejora, donde presenta soluciones de propuesta y supervisa los resultados obtenidos
5	Pensamiento crítico	El estudiante es capaz de analizar las situaciones que se le presentan cuestionando posibles enfoques de solución e implementación de una forma racional y objetiva

Figura 5: Informe de Criterios seleccionados. Autoría propia

CRITERIOS		
	Criterio	Descripción
1	Gestión de sistemas empresariales y comprensión de su entorno	Habilidades que amplían las posibilidades de generar resultados, ahorros y ganancias. Se refiere a la capacidad para adecuarse a las circunstancias de índole económica, social, cultural, tecnológico, ambiental entre otros.
2	Diseño e innovación (con o sin base tecnológica)	Habilidades que le permiten a una persona tener la capacidad y facilidad de usar recursos tecnológicos para generar soluciones y optimizar procesos . Habilidades que permitan generar soluciones arternativas y efectivas para necesidades del mercado actual y emprendimiento
3	Crecimiento económico y profesional	Que habilidad te permite generar mas ingresos. Que habilidades son importantes para las empresas y que tienen en cuenta para ascender asi como para obtener cargos mas importantes

4.2.1. Objetivo 2: Diseño de un modelo de evaluación multicriterio para aplicar en grupos focales

El modelo de evaluación multicriterio se diseñó de acuerdo a los antecedentes que se revisaron para un modelo AHP (Analytic Hierarchy process), que según (Forman y Gass, 2016) permite el análisis multicriterio para la evaluación de productos, asignación de recursos, gestión de calidad, entre otros, mediante una matriz de jerarquización donde se comparan distintos atributos con respecto a un criterio generando así un análisis de prioridades en las habilidades halladas previamente. Para lograr la jerarquización, se provee una escala de evaluación, como la que se ve en la [figura 6](#), teniendo en cuenta los valores definidos para el comportamiento que tienen dos habilidades al ser comparadas en la matriz. Una vez hecho esto se saca una matriz normalizada donde las celdas se llenan automáticamente tomando el valor dado a la habilidad y dividiéndolo en la sumatoria vertical de valores dado a esa habilidad. Esto

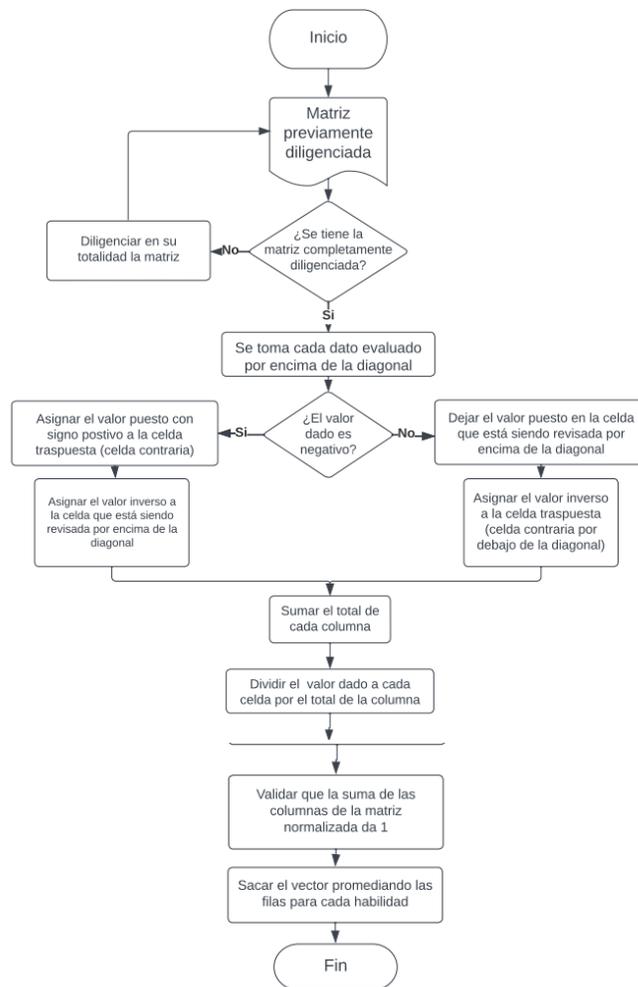
da como resultado un porcentaje de jerarquización de cada criterio horizontal con respecto al vertical. Posteriormente se calcula un vector promedio sacando el promedio de resultados horizontales en la matriz normalizada para hallar el nivel de importancia de la habilidad a nivel horizontal con respecto a la vertical. Los vectores se utilizan para poder realizar una matriz de comparación entre las habilidades y finalmente determinar una jerarquía de importancia de las habilidades de manera general. La construcción de las matrices de AHP y todo la jerarquización mencionada anteriormente se puede apreciar en el [Anexo 5](#). Para facilidad de este estudio y de la posterior recolección de datos y comprensión de este método, se ajustó con respecto al diseño original del método el diligenciamiento de la tabla de modo que el grupo focal evaluado posteriormente sólo diligencie la matriz AHP por encima de la diagonal generando una escala donde se evalúa de manera positiva las celda por encima de la diagonal y negativa las transversas, de manera que la comparación de dos habilidades solo se evalúe una vez, sabiendo que el valor negativo corresponde a que tiene mayor importancia con respecto al criterio la habilidad en la columna, y valor positivo cuando tiene mayor importancia la habilidad en las filas. Para mejor comprensión de las tablas AHP se diseñó el [diagrama de flujo 2](#).

Figura 6. Tabla de jerarquización de habilidades. Autoría propia

Intensidad de importancia	Definición	Explicación
-5	Igual importancia	La habilidad contribuye mucho menos al criterio que la otra
-3	Igual importancia	La habilidad contribuye ligeramente menos al criterio que la otra
1	Igual importancia	Dos habilidades contribuyen por igual al criterio
3	Ligeramente más importante	Una habilidad contribuye al criterio ligeramente más que la otra
5	Muy importante	Una habilidad contribuye mucho más al criterio que la otra

Por otro lado, para evaluar el lado de las expectativas y percepciones de los diferentes grupos focales relacionados con la carrera de ingeniería industrial, se construyó una técnica SERVQUAL (service quality), la cual según (Parasuraman et al., 1985) es la capacidad que tiene una organización para satisfacer o superar las expectativas del cliente mediante el contraste de expectativas del ente evaluado y percepciones en este caso, frente a la calidad educativa del currículo de ingeniería industrial. La construcción de esta técnica se inició analizando factores de la Ingeniería Industrial a través de las cinco dimensiones descritas por el modelo: elementos tangibles, sensibilidad, seguridad, empatía y fiabilidad. A través de estas categorías, se definieron los temas a evaluar, formulando las preguntas de una forma distinta para diferenciar entre una expectativa y una percepción, ajustando así, su escala de calificación de 1 a 5. La formulación de las preguntas de acuerdo con las dimensiones, se desarrollaron a partir del análisis de los temas involucrados en cada una de ellas; en los elementos tangibles se pudo incluir temas de infraestructura y herramientas físicas para que los ingenieros industriales en formación puedan desarrollar la práctica de los conocimientos físicos adquiridos en la teoría. Por otra parte, los elementos de sensibilidad, seguridad, empatía y fiabilidad se analizaron de acuerdo con la experiencia de los estudiantes a través del trato recibido por los administrativos y profesores. En el caso de las expectativas de la Ingeniería Industrial que considera el grupo focal, se ajustó con respecto al diseño original del método la rúbrica a 1 “Nada esencial” y 5 “Demasiado esencial”, de manera que el encuestado identifique aquellos factores que considera son esenciales dentro del currículo de la carrera de ingeniería industrial, mientras que para las percepciones de la carrera de Ingeniería Industrial que considera el grupo focal, la escala se ajustó de acuerdo con los aspectos que se creen son necesarios siendo 1 “Totalmente en desacuerdo” y 5 “Totalmente de acuerdo”. Los modelos AHP y SERVQUAL que forman parte del modelo de evaluación multicriterio fueron adaptados para la aplicación de ellos en la metodología, respetando las bases de estos y ajustándose a la necesidad de diseño de una herramienta para analizar las percepciones de la Ingeniería Industrial.

.Diagrama de flujo 2. Proceso de llenado de las matrices AHP. Autoría propia



4.2.2. Resultados Objetivo 2

El proceso realizado en este objetivo tuvo como resultado el diseño de modelo de evaluación multicriterio para los grupos focales, el cual puede ser evidenciado en el [Entregable 2](#). Este entregable está compuesto de dos herramientas cuyo desarrollo se evidenció en la metodología del objetivo. Por el lado del modelo de evaluación multicriterio AHP, se tiene como resultado 3 matrices iguales a la de la [Figura 7](#), con cada uno de los 3 criterios a ser evaluados. Cada una de estas matrices contiene de manera vertical y horizontal las 5 habilidades blandas y 5 fuertes que se obtuvieron como resultado del objetivo 1. Adicional a esto se construyó la métrica de evaluación con la intensidad de importancia con la que dos habilidades contribuyen a un criterio. En el caso de las expectativas y percepciones de los distintos grupos focales se tuvo como resultado la técnica SERVQUAL ajustada diseñada a forma de encuesta con 17 características y 5 aspectos de evaluación, cada caso con su rúbrica de evaluación, como se puede evidenciar en la [Figura 8](#). El resultado de esta técnica SERVQUAL y AHP se diseñó buscando facilidad en la comprensión de los grupos focales a la hora de responder a cada uno de los puntos presentados para conocer sus percepciones y expectativas. También se diseñó buscando eficacia en el diligenciamiento de la información, donde se pudiera evidenciar el propósito de este estudio. Podemos analizar de este modelo multicriterio diseñado que existen distintos factores desde los cuales evaluar la carrera de ingeniería industrial y la manera como esta cumple con las diferentes percepciones de la industrial actual y los diferentes grupos de interés que la rodean. Durante la creación del modelo, se identificó que el AHP es una herramienta técnica donde se pone a prueba en el encuestado su capacidad de selección y análisis habilidades, de acuerdo con el criterio propuesto, donde, sin este criterio, no se logra una jerarquización que permita evidenciar la posible relevancia de una habilidad por encima de otra, en el currículo de ingeniería industrial. Por el lado del método de evaluación SERVQUAL se analiza que este permite con facilidad entender la importancia de cada una de estas características dentro del currículo de ingeniería y aunque no se realiza una evaluación entre características si permite a las instituciones educativas estudiar las

percepciones y expectativas de cada grupo focal y enfocarse en la manera como se le da el nivel de importancia y necesidad de cada aspecto evaluado para aplicar así a los currículos.

Figura 7. Matriz jerarquización AHP criterio 1. Autoría propia

Criterio 1: Gestión de sistemas empresariales y comprensión de su entorno										
Habilidades	Implementación de tecnología y programación en la resolución de problemas	Interpretación de matemática y física para la resolución de problemas	Planificación y control de la producción	Diseño de sistemas (Procesos de fabricación, producción, automatización e información)	Análisis de datos	Buena comunicación	Trabajo en equipo	Aprendizaje permanente	Resolución de problemas	Pensamiento crítico
Implementación de tecnología y programación en la resolución de problemas	1,00									
Interpretación de matemática y física para la resolución de problemas		1,00								
Planificación y control de la producción			1,00							
Diseño de sistemas (Procesos de fabricación, producción, automatización e información)				1,00						
Análisis de datos					1,00					
Buena comunicación						1,00				
Trabajo en equipo							1,00			
Aprendizaje permanente								1,00		
Resolución de problemas									1,00	
Pensamiento crítico										1,00
Suma	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Figura 8. Tablas expectativas y percepciones SERVQUAL. Autoría propia

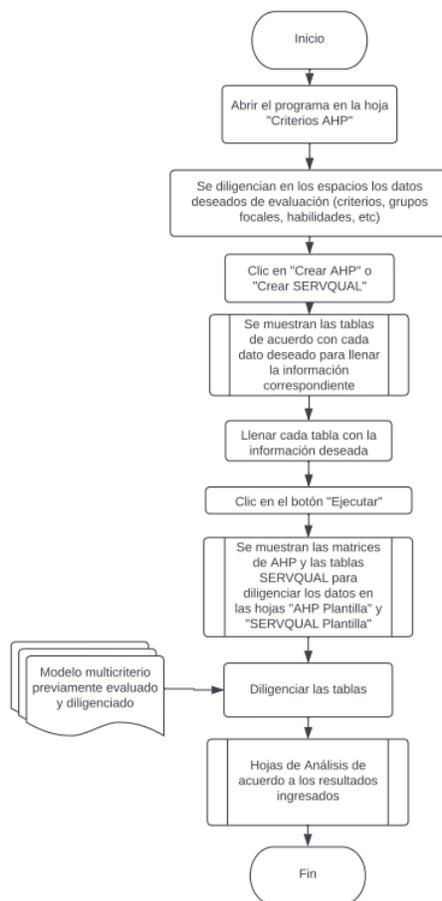
Aspecto	Características carrera ingeniería industrial	Nivel de acuerdo					N/A
		Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo	
Tangible	1. La Universidad Javeriana posee una buena adecuación de instalaciones de estudio para la carrera	1	2	3	4	5	
	2. La Javeriana posee instrumentos de laboratorio necesarios para la práctica de la carrera						
	3. La disposición de libros, revistas informes y demás literatura es adecuada para la carrera dentro de la Javeriana						
Sensibilidad	4. Las actualizaciones del currículo de la carrera en la institución educativa son rápidas y oportunas						
	5. Las actualizaciones del currículo que realiza la universidad tienen en cuenta factores del entorno						
	6. El currículo de la carrera se actualiza constantemente						
	7. El contenido del programa es práctico						
Seguridad	8. La universidad desarrolla sentido de pertenencia aportando calidad a los estudiantes						
	9. El conocimiento proporcionado por los docentes incluye situaciones de la actualidad						
	10. El docente incluye metodologías participativas (actividades que fomentan la participación activa de los estudiantes)						
	11. La disponibilidad de horarios es conveniente para el estudiante						

4.3.1. Objetivo 3: Diseño de un aplicativo usando VBA que permita el análisis de expectativas y percepciones de los grupos focales de la carrera de ingeniería industrial.

De acuerdo con lo planteado en el objetivo tres de este estudio, se buscó diseñar una herramienta a modo de aplicativo a ser usado por distintas instituciones educativas a manera de modelo de evaluación multicriterio para cualquier tipo de habilidades, características, grupos focales y criterios. Esta herramienta tiene como propósito replicar el proceso manual de jerarquización del AHP y de la técnica SERVQUAL para arrojar resultados automatizados de acuerdo con la información suministrada, que le permita a quien lo implemente saber de acuerdo con sus grupos focales evaluados las habilidades blandas y fuertes en las cuales el plan de estudios debe estar enfocado, así como las percepciones y expectativas más relevantes a tener en cuenta para la satisfacción de los grupos focales. Para esto se implementó el modelo de programación VBA de Excel, como lo muestra el Diagrama de flujo 3 dividido en tres componentes. El primer componente, correspondiente al modelo AHP presenta una hoja de cálculo de nombre “Criterios AHP”, donde se preguntan los componentes principales con los que armar las matrices de jerarquización (número de grupos focales a evaluar, número de criterios y número de habilidades). Esto se diseñó pensando en que la herramienta pueda ajustarse a evaluar infinitas posibilidades de modelos basándose en las herramientas y técnicas utilizadas para este estudio. Una vez se presiona el botón “Crear AHP”, el aplicativo lanza las tablas respectivas para ser llenadas de acuerdo con la información correspondiente de cada componente de la herramienta, teniendo

en cuenta que estas tablas no tienen limitación de palabras o contenido. Acto seguido se presiona el botón de “Ejecutar” que nos dirige a la hoja de cálculo “AHP Plantilla”. Esta hoja genera automáticamente la cantidad de matrices a ser llenadas de acuerdo con la cantidad de grupos focales y criterios especificados, donde encima de cada matriz en texto rojo se evidencia el grupo focal cuya información corresponde a esa matriz y en texto verde el criterio. En esta hoja también se especifica que de arriba hacia abajo aparecen todos los criterios por grupo focal, y de izquierda a derecha aparecen el total de los grupos focales a evaluar. Esta hoja del aplicativo tiene como propósito que previamente de manera manual, tal como se realizará en este estudio, se evalúe en los grupos focales el modelo AHP y la técnica SERVQUAL, de manera que se cuente con una base de datos obtenidos previos a la implementación de esta hoja y las siguientes. Bajo esta idea, la hoja “AHP Plantilla” permite que se consignen los resultados obtenidos al evaluar a los grupos focales para obtener entonces el proceso de jerarquización el cual saldrá en la hoja “Análisis” como resultado de análisis de la herramienta. Esto se mostrará como una tabla por grupo focal con el orden de habilidades de la más importante a la menos de acuerdo con el porcentaje encontrado.

Diagrama de flujo 3. Proceso de funcionamiento del aplicativo. Autoría propia



El segundo componente de la herramienta corresponde a la técnica SERVQUAL, en donde siguiendo nuevamente el diagrama de flujo 3, el programa se diseñó para que en la hoja “Criterios SERVQUAL” del aplicativo se provean los criterios y componentes para realizar la evaluación de esta técnica: cantidad de características y aspectos, cantidad de criterios (cantidad de componentes en la rúbrica de evaluación. Ej. totalmente de acuerdo, de acuerdo, etc) y número de grupos focales a evaluar. Nuevamente al presionar el botón “Crear SERVQUAL” en la misma hoja el programa genera las tablas correspondientes para llenar la información y al presionar el botón “Ejecutar”, se dirige a la hoja “SERVQUAL Plantilla” donde con la base de datos y resultados previamente obtenidos con los grupos focales, se generan las tablas para diligenciar la información correspondiente por cada uno. Esto llevará al aplicativo a la hoja de “Análisis” donde se verá reflejado la jerarquización de características de cada evaluación por grupo focal. El aplicativo sirve

como herramienta para reproducir de manera automatizada el proceso de creación del modelo de evaluación realizado en el objetivo 2, por tal razón el aplicativo sirve como recomendación a instituciones educativas que quieran evaluar su plan de estudios bajo este modelo y sus resultados.

4.3.2. Resultados Objetivo 3

Como resultado de este objetivo se tiene el [Entregable 3](#), el cual corresponde a la totalidad del aplicativo mencionado anteriormente de forma funcional en Excel, implementando programación en lenguaje VBA, donde se presentan los dos modelos multicriterios diseñados en el objetivo 2 y se propone a quien desee implementar la herramienta la posibilidad de modificar los componentes de cada modelo de acuerdo con las percepciones de cada plan de estudios, dando como resultado en el caso del AHP la tabla de jerarquización de habilidades por porcentaje de importancia con respecto a los criterios propuestos, para cada evaluado y un total promediado de todos los evaluados, y en el caso de la técnica SERVQUAL el mismo proceso de jerarquización de acuerdo al dato dado por cada evaluado para las características. De este entregable y el objetivo 3 se logró analizar que la implementación de herramientas de programación como VBA permite desde la ingeniería industrial automatizar y disminuir el tiempo en el que se obtienen los resultados de un modelo como el implementado en este estudio, permitiendo de manera fácil y eficaz evaluar una cantidad infinita de criterios en cada técnica y aún así obteniendo resultados de manera efectiva. El componente de ingeniería de este estudio permite pasar de un estudio bibliográfico a uno práctico donde esta herramienta puede ser implementada por cualquier evaluador bajo cualquier plan de estudios, siguiendo las percepciones de cada estudio en particular. El diseño del aplicativo tiene como propósito un formato y diseño de fácil comprensión, que pueda ser utilizado por cualquiera y la organización del aplicativo facilite la comprensión de los procesos y de los resultados propuestos para la comprensión de los evaluadores. Se puede analizar de este aplicativo que la programación de los modelos multicriterio facilitan y automatizan el análisis de posibles factores que pueden afectar de manera positiva la mejora del plan de estudios de ingeniería industrial para que este se ajuste a las percepciones y expectativas de la industria cambiante 4.0, donde esto se junta con las habilidades blandas y fuertes que vuelvan el plan de estudios más atractivo a los ojos de los grupos focales al proponer un método de evaluación eficaz y rápido como lo es el aplicativo sumado a los modelos de evaluación para determinar estos factores que lleven a la óptima toma de decisiones sobre aspectos de la carrera. Se concluye también que el diseño final del aplicativo cumplió con las restricciones planteadas en el diseño, donde se especificaba poca familiaridad de las personas que puedan llegar a hacer uso del aplicativo, dificultad de acceso a las plataformas tecnológicas donde se encuentra el diseño y limitación a los grupos de interés que no tengan acceso a un computador o smartphone, así como acceso a internet. El cumplimiento de estas restricciones se evidencia en las reuniones individualizadas que se hizo con cada grupo focal con el propósito de que estuvieran totalmente familiarizados con el uso e implementación de los modelos de evaluación y la creación del instructivo con la intención de que tengan una guía de implementación. También se creó un aplicativo de uso de escritorio en Excel, el cual es un programa de fácil acceso y sin conexión que puede ser utilizado por cualquier persona. Finalmente se contó con la participación de todo tipo de grupo focal que, por la facilidad de acceso al programa donde fue creada la herramienta, pueden acceder sin dificultad desde cualquier dispositivo móvil.

4.4.1. Objetivo 4: Análisis de resultados obtenidos con los grupos focales mediante el aplicativo (Caso de estudio)

El desarrollo del método multicriterio abre paso en paralelo al objetivo cuatro, donde se buscó definir un caso de estudio puntual que permitiera evaluar resultados de los modelos y aplicativo planteados anteriormente, eligiendo como caso de estudio la Pontificia Universidad Javeriana. Se identificaron los grupos focales más relevantes para la carrera de ingeniería industrial mediante los referentes bibliográficos evaluados para identificar las habilidades blandas y fuertes, determinando cinco: aspirantes (estudiantes de bachillerato próximos a graduarse), profesores, estudiantes de la carrera de ingeniería industrial que se encuentren cursando los últimos semestres, egresados de la carrera de ingeniería industrial y finalmente empleadores que pueden ser potenciales interesados en la contratación de profesionales. Se realizó la planeación para abordar la toma de información con cada uno de los grupos iniciando por los aspirantes, con los cuales se realizó una invitación de participación mediante nuestro director de grado a dos colegios de Bogotá para participar con un grupo de entre 15 y 30 estudiantes de grado 11, de cualquier edad y sexo, próximos a graduarse, de un espacio educativo con una agenda compuesta por distintas actividades. El primer colegio participó con un total de 30 estudiantes. Esta reunión se llevó a cabo en las instalaciones de la institución con una duración de 1 hora y 30 minutos. En este espacio los estudiantes fueron ubicados en un salón por grupos de a 4 personas. Después de realizar la introducción correspondiente de los miembros del grupo educativo, junto con su director, se le preguntó a los estudiantes por la definición que tenían de ingeniería industrial. Acto seguido, se

les explicó una definición detallada de la carrera y su propósito en la industria y se propuso el “juego de la cerveza”, donde a cada grupo de estudiantes se les entregó unas tijeras, un esfero, hojas de papel, pegante y un vaso para que realizaran en 5 minutos una simulación de una cadena de producción, donde se tuviera en cuenta la calidad, los operarios, los cuellos de botella del proceso y otros aspectos de la industria real. Al finalizar el tiempo se debatió con los estudiantes el propósito de este juego y como estaba relacionado con la ingeniería industrial, además de darles un espacio donde propusieron ideas de mejora en un contexto real. La tercera parte de la actividad constaba de explicarles a los estudiantes el propósito de evaluar percepciones y expectativas de ellos como aspirantes de la carrera y se les explicó la metodología con la que trabaja el AHP y la técnica SERVQUAL. Se repartió en los estudiantes ambos modelos y se dio tiempo para que estos fueran diligenciados por los estudiantes, teniendo acompañamiento constante para resolución de dudas o comentarios. Al finalizar el diligenciamiento de la información se generó nuevamente un espacio de debate para concluir la actividad y cómo percibieron los modelos que acababan de ser utilizados, finalizando con un espacio de preguntas sobre el plan de estudios y otros aspectos de la carrera de ingeniería industrial en la Pontificia universidad Javeriana. En el caso la segunda institución , se realizó el mismo proceso con los estudiantes en una fecha distinta, con una duración de 1 hora y 30 minutos, con la diferencia de que se tuvo una asistencia de 16 estudiantes y se realizó en las instalaciones del edificio de ingeniería de la universidad Javeriana. Cabe aclarar que para ambos colegios, al ser aspirantes, solo se evaluó en la técnica SERVQUAL las expectativas que tenían los estudiantes, puesto que al no conocer de cerca otros aspectos como participantes activos de la carrera (estudiantes o egresados) habría un sesgo al evaluar las percepciones en este grupo focal.

Continuando con el segundo grupo focal, se acudió a los estudiantes que actualmente cursan noveno y décimo semestre en la Pontificia Universidad Javeriana, aplicando a todas las posibles edades, género y otras características. Para facilidad de los encuestados y no interrumpir con sus actividades académicas se diseñó un formulario de google como encuesta digital con el mismo diseño de la técnica SERVQUAL que fue enviada a 12 estudiantes quienes además, en un espacio virtual también diligenciaron en parejas las matrices de AHP de forma guiada. El formulario utilizado para los estudiantes de la carrera puede ser evidenciado en el [Anexo 6](#). En el caso de los egresados y empleadores, se buscó de manera formal realizar una invitación a formar parte de un espacio donde se pudiera evaluar en ellos el modelo multicriterio, por lo que se diseñó una carta de invitación evidenciada en el [Anexo 7](#), en la cual tras explicar el propósito del encuentro, se proponía un medio de contacto a través de los estudiantes o su director para aceptar y programar una fecha presencial o virtual. Los egresados fueron elegidos con ayuda del director de grado (también director de la carrera de ingeniería industrial) y los empleadores fueron elegidos con apoyo de la dirección de prácticas profesionales de la carrera de ingeniería industrial de la universidad Javeriana. En el caso de los egresados, se realizó en la universidad Javeriana un espacio presencial en el edificio de ingeniería, mientras que con los empleadores se programó una reunión virtual por Teams, donde en ambos casos, a diferencia de los aspirantes, no se realizó el “juego de la cerveza” sino que se buscó a manera de debate indagar en ellos opiniones concretas sobre el actual plan de estudios y la carrera de ingeniería industrial en la Pontificia Universidad Javeriana. Después, se presentó de igual forma que en los demás grupos focales los métodos de evaluación multicriterios para ser llenados por los participantes. Para finalizar, en el caso del grupo de profesores, buscando también facilidad a la hora de tomar los datos se planteó un correo como el que se encuentra en el [Anexo 8](#), donde se expresaba la intención de este estudio y se proponía a los profesores la participación en los modelos de evaluación multicriterio, así como se explicaba detalladamente el diligenciamiento de cada uno de ellos. Los profesores fueron elegidos con ayuda del director de grado (también director de la carrera de ingeniería industrial). De esta manera se concluyó de forma física y virtual la recolección de datos de los modelos de evaluación multicriterio de todos los grupos focales propuestos para este estudio. A modo de evidencia de los procesos previamente mencionados con los aspirantes y colegios de Bogotá, se recopiló en el [Anexo 9](#) imágenes y datos tomados durante los encuentros presenciales donde se evidencia la participación de los estudiantes y la interacción que tuvieron con el grupo a cargo de este estudio. De igual forma se puede evidenciar el diligenciamiento de nuestro formulario virtual por parte de estudiantes, empleadores y profesores en el [Anexo 10](#). Este último paso dio como finalizado el proceso de evaluación de los modelos multicriterio diseñados en nuestro caso de estudio.

Una vez se contó con la evaluación de todos los grupos focales propuestos para el modelo de evaluación multicriterio de este estudio, se buscó poner a prueba el aplicativo desarrollado en el objetivo 3 para llegar a un propio análisis y conclusiones de lo que dicen los grupos focales de la carrera de ingeniería industrial de la Pontificia Universidad Javeriana sobre las habilidades fuertes y blandas y las percepciones y expectativas que se esperan de su plan de estudios. Para lograr esto el primer paso fue recopilar en bases de datos la información del modelo de evaluación, siendo una base de datos por cada evaluado en cada grupo focal (teniendo en cuenta que los AHP fueron llenados en grupo por aspirantes y estudiantes). La información se consignó de modo que se replicara la evaluación hecha a cada participante de cada grupo focal por separado para ambos casos de SERVQUAL y AHP como se puede ver en el [Anexo 11 y Anexo 12](#), respectivamente. Paso seguido se ejecutó el aplicativo como se describe en el objetivo 3, usando los criterios planteados desde el objetivo 1, donde tomando las bases de datos, se hizo uso del aplicativo para probar su efectividad en nuestro caso de estudio. El desarrollo completo del caso de estudio y los modelos de evaluación aplicados, con los resultados dados por el aplicativo pueden

ser vistos en el [Anexo 13](#). Ahora, con el propósito de analizar los resultados obtenidos se implementó un modelo QFD que cómo antes se había descrito por Singh y Rawani (2018), en el caso de la educación se utiliza para evaluar la calidad de la educación y sus puntos de mejora mediante el desarrollo de competencias. Se planteó como parte de este estudio proveer una segunda herramienta de análisis que fuera de la mano con el aplicativo previamente creado para que las instituciones educativas tengan un grupo completo de herramientas que analicen el comportamiento de sus grupos focales y les permita llegar a la toma de decisiones respecto al enfoque que tiene la carrera de ingeniería industrial. Para esto, basándose como inspiración en la plantilla QFD diseñada por la Air Academy Associates (2017) se diseñó un modelo propio como el que se puede apreciar en la [Figura 9](#), donde se creó una matriz con los requerimientos del cliente, en este caso características y habilidades en las filas, y requerimientos técnicos en las columnas. Dado el caso de estudio, se determinó definir los requerimientos técnicos a partir del actual plan de estudios de la carrera de ingeniería industrial en la Universidad Javeriana (8 semestres) entendiendo que este es el mejor medio para construir una relación entre las expectativas y percepciones, así como habilidades y el caso de estudio, donde el plan de estudios es el que determina gran parte de cómo los grupos focales interactúan con la carrera de ingeniería industrial y lo que perciben de ella. Por otro lado, la matriz tiene 3 componentes de evaluación: grado de relación entre requerimientos del cliente y técnicos, grado de correlación entre requerimientos técnicos y dirección de mejora de los requerimientos técnicos. Siguiendo el modelo de matriz mencionada anteriormente, se formuló la matriz diseñada para que en cada casilla se encuentre una lista de las posibles convenciones a ser utilizadas, de esta forma aquel que lo implemente elige de entre la lista de cada celda las posibles opciones de selección. Esto aplica para todos los tipos de convenciones que maneja la matriz. Finalmente las celdas de la matriz también están formuladas para calcular de forma automática con el diligenciamiento de datos, el peso relativo (Fórmula 1) dado a cada requerimiento del grupo focal y con este resultado, la jerarquización de importancia dada a cada requerimiento técnico (Fórmula 2). La construcción de esta matriz puede ser evidenciada en el [Anexo 14](#).

$$\frac{I = \text{Requerimientos del cliente (habilidades blandas y fuertes, características de percepciones y expectativas)}}{I = \text{Requerimientos técnicos basados en el plan de estudios}}$$

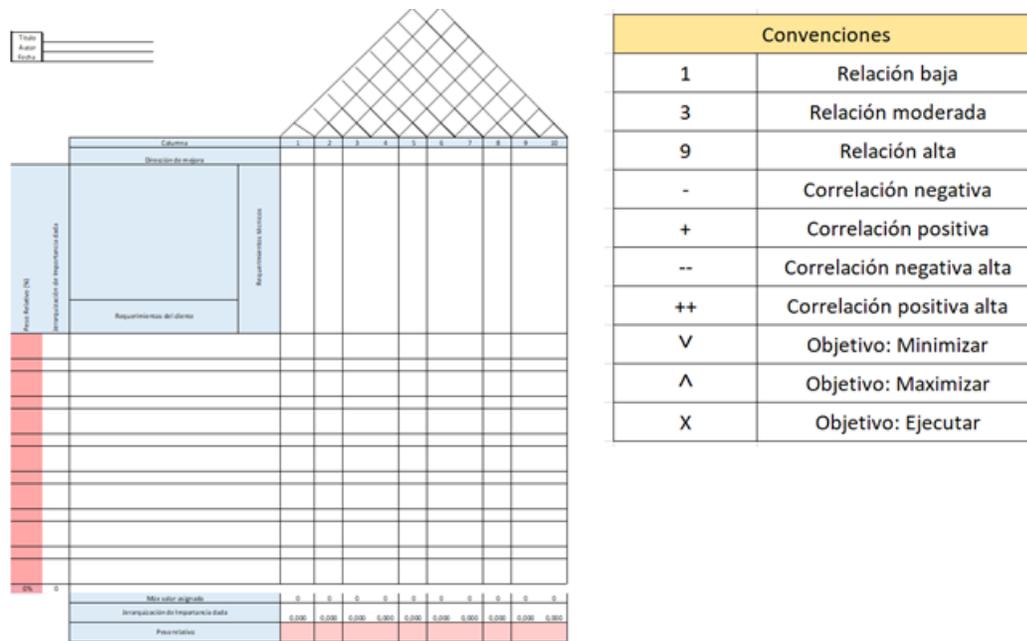
(1) Peso Relativo del requerimiento del cliente/ Requerimiento técnico

$$W\%_i = \frac{\text{Jerarquización}_{1...n} \text{ dada al requerimiento del cliente}_i}{\sum_i^1 \text{Jerarquizaciones } 1 \dots n \text{ dadas a todos los requerimientos del cliente}_i} * 100$$

(2) Jerarquización de importancia del requerimiento técnico

$$J\%_j = \sum_i X \text{ Relación del requerimiento del cliente para el técnico}_{ij} * W\%_i \quad \forall j$$

Figura 9. Diseño de matriz QFD propuesto. Autoría propia



4.4.2. Resultados Objetivo 4

Para construir el análisis de los resultados obtenidos en el aplicativo por grupo focal, se tomó del [Anexo 13](#) la jerarquización por cada grupo focal en el caso del AHP y del SERVQUAL, con el propósito de entender el comportamiento de cada uno de los grupos focales y analizar las diferencias entre los porcentajes de jerarquización dados a cada caso. Como se puede evidenciar en la Hoja “Análisis GF” del aplicativo, este arrojó para cada grupo focal una tabla de jerarquización a implementar como criterio de jerarquización de requerimientos técnicos en el QFD. Paso seguido se llenó las relaciones y correlaciones de la tabla de acuerdo con cómo se cree que los requerimientos técnicos del plan de estudios están relacionado con los requerimientos del grupo focal evaluados. Se debe aclarar que estos parámetros de las matrices fueron llenados por los estudiantes que realizan este estudio con el propósito de hacer el rol de “clientes” de la carrera de ingeniería industrial, donde nuestro target de interés sería la facultad de ingeniería industrial. Este proceso arroja automáticamente el análisis numérico de jerarquización de los requerimientos técnicos. Los resultados del aplicativo, analizados por la matriz QFD por modelo y grupo focal pueden ser evidenciados en el [Anexo 15](#). Se puede evidenciar que para obtener un análisis lo primero que se hizo fue definir a criterio de los estudiantes de este estudio, la relación entre requerimiento técnicos y del cliente, la correlación entre requerimientos técnicos y la dirección de mejora de cada requerimiento técnico, los cuales se definieron iguales para todos los grupos focales dado que estos están basados en el criterio y conocimiento de los estudiantes que realizan este estudio como conocedores de primera mano del plan de estudios, y se busca que al ser iguales estos datos en todas las matrices, se logre analizar como varía de acuerdo con los resultados de cada grupo focal en el aplicativo, la jerarquización de requerimientos técnicos, equivalentes a la toma de decisiones o análisis de los componentes del plan de estudios actual. Esto aplicado al caso de ambos modelos “AHP y SERVQUAL” donde para cada caso se definieron requerimientos técnicos diferentes y por tanto relaciones y correlaciones distintas, siendo estas iguales dentro de la matriz de cada grupo focal. Este proceso dio como resultado el [Entregable 4](#), correspondiente al informe de resultados obtenidos por los modelos evaluados en nuestra herramienta, donde se incluyó un análisis por grupo focal de las habilidades, percepciones y expectativas obtenidas, así como de la relación que se de entre estas con los los requerimientos técnicos definidos en la carrera de ingeniería industrial mediante el uso de QFD. A manera de análisis general, este informe permitió identificar que la carrera de ingeniería industrial posee la menor correlación en los contenidos del plan de estudios relacionados a ética y teología con otros contenidos, mientras que la correlación más alta está en los enfoques de programación, optimización y simulación dado que estos se ven reflejados en gran cantidad de contenidos del plan de estudios, así como en los énfasis. Por otro lado, se identificó que las habilidades blandas y fuertes se relacionan entre sí al demostrar que una gran parte de ellas tienden a tener relación con el mismo tipo de requerimiento técnico, así como el hecho de que en todos los casos al menos una habilidad, tiene una relación de tipo fuerte con algún requerimiento del plan de estudios, lo que concluye buenos enfoques desde los cuales se están abarcando todos los aspectos de los modelos de evaluación, y que en la mayoría de caso las relaciones son de tipo fuerte. Finalmente, la jerarquización de requerimientos técnicos como se ve en la [Figura 10, 11 y 12](#), mostró que en el caso de habilidades blandas y fuertes, los de relación más fuertes son aquellos relacionados con programación y simulación, optimización y estadística y planeación y producción, mientras que los más débiles son economía y finanzas, sistemas organizacionales y recursos humanos y contenido en electivas y complementarias. Mientras que en el caso de expectativas y expectativas, los requerimientos más

débiles son el número de semestres y las instalaciones académica como de integración que ofrece el campus, mientras que los más fuertes corresponden al contenido del plan de estudios, la actualización constante del plan de estudios y a el equipo de educadores con altos estándares. Estos análisis nos permiten concluir cuales son los aspectos en los cuales se puede enfocar más el plan de estudios tanto para la formación de estudiantes en habilidades blandas y fuertes, como en los aspectos relacionados a lo que ofrece la carrera de ingeniería industrial en general. Como conclusiones generales del documento se encontró que:

la materia de casos los grupos focales de estudiantes y aspirantes coincidían tanto en AHP como en SERVQUAL con los resultados obtenidos donde se enfocaban en aquellas habilidades que representaban mejoras para los componentes del plan de estudios, más específicamente aquellos en miras de las habilidades fuertes. Sin embargo, los otros tres grupos focales, en especial egresados y empleadores mostraba similitud entre ellos y diferencia con los anteriores mencionados enfocados en la promoción de habilidades blandas y no en la actualización constante del currículo. Entre grupos focales se definió con bastante fuerza algunas habilidades como resolución de problemas, pensamiento e implementación de tecnología y programación como las grandes líderes a tener en cuenta en el plan de estudios actual de la carrera de ingeniería industrial. Entre grupos focales se definió con bastante fuerza características relacionadas con el contenido y flexibilidad del plan de estudios, un equipo educador de calidad y con estudios e instalaciones de calidad para el desarrollo de actividades de tipo práctico, como grandes líderes a tener en cuenta en el plan de estudios actual de la carrera de ingeniería industrial. Se debe resaltar análisis encontrados en cada plan de estudios que son relevantes como por ejemplo la falta de habilidades blandas en la importancia de los aspirantes, la no percepción de un plan de estudios flexible por los egresados y la no esencialidad de espacios de integración o horarios flexibles en los estudiantes. Estos dos modelos permitieron ver cómo a pesar de los análisis previamente mencionados se tiene un comportamiento similar entre grupos focales que responde de manera positiva a la estructura y habilidades que refuerza la carrera de ingeniería industrial el día de hoy y que, más allá de una actualización constante, se debe enfocar el plan de estudios a todas aquellas similitudes descritas en este informe donde se identifica como se puede relacionar lo que se está realizando actualmente con la carrera de ingeniería industrial, con lo que desea el mercado y la industria. Cómo adicional de análisis que puede ser realizado en el QFD están los resultados GAP diseñados en el aplicativo para SERVQUAL, donde se busca poder comparar las características de las percepciones con las de las habilidades para determinar así una jerarquización grupal.

Figura 10. Jerarquización de requerimientos técnicos del plan de estudios AHP . Autoría propia

Comportamiento de los requerimientos técnicos en AHP										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Contenido en programación y simulación										
Implementación de énfasis y selección de enfoques										
Contenido en electivas y complementarias										
Contenido alto en cálculo y física										
Contenido en planeación y producción de operaciones										
Contenido relacionado con economía y finanzas										
Contenido relacionado con sistemas organizacionales y recursos										
Contenido relacionado con innovación, logística y mercadeo										
Contenido relacionado con ética y sentido social										
Contenido en automatización, optimización y estadística										
Peso relativo aspirantes	17,12%	10,88%	8,02%	9,65%	12,72%	4,73%	6,02%	8,76%	8,01%	14,10%
Peso relativo estudiantes	18,57%	10,30%	7,25%	10,55%	13,00%	4,89%	5,58%	7,71%	7,32%	14,83%
Peso relativo egresados	17,40%	10,00%	8,16%	10,18%	12,87%	3,87%	6,35%	8,75%	8,14%	14,28%
Peso relativo profesores	16,62%	10,45%	9,04%	9,69%	11,78%	4,00%	7,07%	9,22%	9,10%	13,04%
Peso relativo empleadores	16,89%	10,95%	8,29%	9,90%	12,29%	5,00%	6,39%	8,14%	8,24%	13,91%
Promedio	17,317%	10,518%	8,151%	9,993%	12,533%	4,499%	6,282%	8,515%	8,161%	14,032%
Jeraquización	1	4	8	5	3	10	9	6	7	2

Figura 11. Jerarquización de requerimientos técnicos del plan de estudios SERVQUAL expectativas . Autoría propia

Comportamiento de los requerimientos técnicos en expectativas SERVQUAL										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ocho semestres de duración										
Campus con instalaciones como laboratorios, salones de cómputo										
Campus con espacios de integración gimnasio, canchas, cafeterías										
Biblioteca y bases de datos virtuales con suficientes recursos										
Equipo de educadores con años de experiencia, estudios y prácticas										
Plan de estudios compuesto de N.F., electivas, complementarias										
Plan de estudios con componentes teóricos y prácticos										
Recursos de acompañamiento constante por parte de la facultad										
Contenido en el plan de estudios con enfoque a los valores, competencias										
Actualización constante del número de semestres y contenido										
Peso relativo aspirantes	3,45%	5,09%	4,09%	6,05%	15,24%	17,58%	14,35%	9,83%	6,76%	17,55%
Peso relativo estudiantes	3,64%	5,11%	4,40%	6,13%	15,24%	17,48%	14,23%	9,85%	6,78%	17,14%
Peso relativo egresados	3,38%	5,14%	4,25%	6,48%	15,22%	17,59%	14,26%	9,62%	6,75%	17,32%
Peso relativo profesores	3,52%	4,88%	4,06%	6,20%	15,27%	17,71%	14,39%	9,66%	6,75%	17,55%
Peso relativo empleadores	3,32%	5,13%	4,18%	6,26%	15,57%	17,48%	13,99%	9,92%	6,78%	17,37%
Promedio	3,462%	5,070%	4,195%	6,224%	15,309%	17,569%	14,244%	9,777%	6,764%	17,387%
Jeraquización	10	8	9	7	3	1	4	5	6	2

Figura 12. Jerarquización de requerimientos técnicos del plan de estudios SERVQUAL percepciones . Autoría propia

Comportamiento de los requerimientos técnicos en necesidades SERVQUAL										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ocho semestres de duración										
Campus con instalaciones como laboratorios, salones de cómputo										
Campus con espacios de integración gimnasio, canchas, cafeterías										
Biblioteca y bases de datos virtuales con suficientes recursos										
Equipo de educadores con años de experiencia, estudios y prácticas										
Plan de estudios compuesto de N.F., electivas, complementarias										
Plan de estudios con componentes teóricos y prácticos										
Recursos de acompañamiento constante por parte de la facultad										
Contenido en el plan de estudios con enfoque a los valores, competencias										
Actualización constante del número de semestres y contenido										
Peso relativo estudiantes	3,52%	5,07%	4,35%	6,14%	15,14%	17,66%	14,16%	9,68%	6,87%	17,41%
Peso relativo egresados	3,47%	5,09%	4,77%	6,61%	15,17%	17,29%	13,93%	9,78%	7,03%	16,86%
Peso relativo profesores	3,47%	5,03%	4,47%	6,43%	15,15%	17,56%	13,99%	9,76%	6,94%	17,22%
Peso relativo empleadores	3,56%	4,70%	4,41%	6,09%	15,54%	17,45%	14,01%	10,16%	7,03%	17,03%
Promedio	3,503%	4,972%	4,501%	6,315%	15,250%	17,491%	14,023%	9,848%	6,968%	17,130%
Jeraquización	10	9	8	5	3	1	4	5	6	2

4.5.1. Objetivo 5: Validar el modelo obtenido mediante indicadores estadísticos

De acuerdo con la herramienta construida para permitir el análisis de percepciones y percepciones de los grupos focales de la carrera de Ingeniería Industrial, se procedió a realizar la validación del diseño del aplicativo mediante la construcción de una rúbrica de validación, donde se busca la evaluación de expertos y, de esta forma analizar las oportunidades de mejora del diseño del aplicativo. En la rúbrica de validación se evalúa el cumplimiento de cada ítem de acuerdo con el funcionamiento y la practicidad de la herramienta establecida por la norma ISO 9126-1:2. 001, para poder identificar el cumplimiento de los atributos en el aplicativo diseñado y evaluar su calidad para el uso de los usuarios. La evaluación de los siete atributos descritos por la norma, se dieron por porcentaje de cumplimiento en cada ítem, es decir, 0-100%. Para lograr esta evaluación, se realizó reuniones con los expertos seleccionados, donde en un inicio se les dió introducción del objetivo de la creación de la herramienta y de la rúbrica para la respectiva calificación de cada ítem, además, se dejó registro de los comentarios finales de posibles oportunidades de mejora a futuro que sean de aplicación a la herramienta. Una extensión de este objetivo a futuro, con base en las validaciones que se realizaron con expertos, es la aplicación del método Delphi para generar un consenso entre las respuestas obtenidas por las personas seleccionadas, debido a que por la limitación de fecha del proyecto no se implementó. Así, analizando que el presente escrito tiene oportunidades de seguirse desarrollando en próximas oportunidades, para lograr una herramienta óptima como parte del diseño de un método multicriterio para analizar expectativas y percepciones en cualquier temática que se desee introducir.

Para medir la fiabilidad de los datos utilizados en el modelo de SERVQUAL se realizó una prueba con el coeficiente Alfa de Cronbach como el de la Fórmula (3) que indica la consistencia interna a la respuesta de cada una de las preguntas realizadas en las encuestas, para su realización el modelo se implementó dos veces, ya que se requería medir la fiabilidad de las respuestas obtenidas en la encuestas de percepciones y de expectativas respectivamente, el proceso se realizó en Excel donde se calcula en primer lugar la cantidad de ítems o preguntas que hay dentro de la encuesta (K), la sumatoria de varianzas de cada ítem ($\sum S_i^2$) y la varianza de la suma de los ítems (S_T^2), con esta información se procede a hacer uso de la fórmula para hallar el alfa de cronbach como se muestra en la siguiente ecuación (Fórmula 3). El criterio de evaluación utilizado en este método tiene una escala de medición de 0 a 1 que indica el rango en el que se encuentra el Alfa de Cronbach y de acuerdo con esto, se mide la fiabilidad de las respuestas, si se obtiene un resultado mayor a 0.9 indica que la consistencia interna de los datos es “Excelente”, mayor a 0.8 y menor a 0.9 “Bueno”, mayor a 0.7 y menor a 0.8 “Aceptable”, mayor a 0.6 y menor a 0.7 “Cuestionable”, mayor a 0.6 y menor a 0.5 “Pobre” y finalmente, un resultado menor a 0.5 indica que los resultados de la encuesta son “Inaceptables”.

K = Número de ítems en la encuesta

S_i^2 = Varianza del ítem i

S_T^2 = Varianza de la suma de los ítems

(3) Coeficiente Alpha de Cronbach

$$\alpha = \left(\frac{K}{K-1} \right) \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$$

De igual manera se realizó una prueba para la encuesta de AHP con el fin de medir el grado de consistencia del encuestado al emitir su juicio en las comparaciones pareadas que se realizó, para ello, se debe hallar el Índice de Consistencia (ICE) como se indica en la fórmula 4, definiendo n como el tamaño de la matriz y λ_{max} como la multiplicación del promedio de la matriz normalizada por el vector propio dividido en tamaño de la matriz n , una vez se halla ICE, es necesario determinar la razón de consistencia (RIC) como el de la Fórmula (5) emitiendo así un juicio de los datos que están dentro de la matriz, de modo que si se obtiene un valor mayor a 0.1 indica que existe una inconsistencia en los datos y que por el contrario si es menor a este valor, es una señal de un nivel de consistencia interna de datos razonable, para calcular ese valor se usa la fórmula 5, en donde CI es el numerador y el denominador es el Índice de consistencia aleatorio (ICA) que depende del tamaño de la matriz n como se observa en la Figura 13. con base a los resultados se reconsidera si es necesario realizar ajustes dentro de la matriz o continuar con el proceso para la realización de la AHP.

(4) Índice de Consistencia

$$ICE = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$$

(5) razón de consistencia

$$RIC = \frac{ICE}{ICA}$$

Figura 13. Índice aleatorio ICA para evaluación de resultados.

	Índice de acuerdo a tamaño n								
Tamaño de la matriz (n)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice de consistencia aleatorio (ICA)	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

4.5.2 Resultados Objetivo 5

Como resultado de la evaluación del modelo obtenido, se tiene la rúbrica de validación de acuerdo con la norma ISO 9126-1:2 001 ([Entregable 5](#)), y el [Entregable 6](#), que muestra las calificaciones obtenidas por cada experto en cada ítem y su ponderado final. Como análisis de estos resultados obtenidos y de la retroalimentación de los expertos, se realizaron dos infografías con el objetivo de definir AHP y SERVQUAL respectivamente, para el entendimiento de los usuarios que no están relacionados con estos modelos y que pueden ser aplicados con facilidad para cualquier persona que desee hacer uso de la herramienta. En las infografías mostradas en el [Anexo 16](#), se muestra la forma de llenar las matrices generadas para la realización del modelo AHP y, la forma de registrar las respuestas que obtuvo el usuario en las preguntas del SERVQUAL, además, se introdujo la descripción de cada botón asignado dentro de la herramienta, para mayor claridad en el uso de cada uno de estos. Por otra parte, como resultado del uso del coeficiente de Alpha de Cronbach en los datos recolectados de cada uno de los grupos de interés para la realización del SERVQUAL [Anexo 17](#), se obtiene un valor de $\alpha = 0.87$ en la encuesta “Percepciones”, que indica según la escala de fiabilidad que la consistencia interna de los datos es “Buena” y por ende con estos datos se puede realizar un análisis y utilizarlos en el modelo propuesto. En el caso de la encuesta “Expectativa” el alfa de Cronbach toma un valor de 0.92, es decir que hay un excelente nivel de confiabilidad en las respuestas de los encuestados y que se midió lo que se esperaba en cada una de las preguntas, sin embargo el obtener un puntaje por encima de 0.9 también indica que hubo respuestas muy similares en el test, esto se debe a que en su mayoría las personas que respondieron la encuesta consideran que cada uno de los aspectos que se preguntaron son esenciales para la carrera de ingeniería industrial y por ende las respuestas fueron muy similares entre los encuestados. En el caso de la AHP se realizó una prueba con el fin de medir el grado de consistencia de la matriz, según el análisis de los resultados ([Anexo 18](#)), se concluye que, el 41% de las matrices son inaceptables, lo anterior teniendo en cuenta que el porcentaje máximo del ratio de consistencia CR es del 0.12. Sin embargo, es importante mencionar que este porcentaje se atribuye en gran medida a los resultados obtenidos por los grupos focales de empleadores y aspirantes los cuales tienen un valor de 14% y 8% respectivamente. Lo anterior, corresponde a los porcentajes más altos en comparación a los demás grupos, debido a que los dos grupos focales mencionados anteriormente tienen en común que representan personas con menos conocimiento respecto al tema tratado en la encuesta, ya que los aspirantes hasta ahora están investigando acerca de la carrera de manera general y los empleadores culminaron sus estudios cuando se manejaba un pensum diferente, por lo que respondieron con base en su experiencia laboral según el sector en el que se encuentran. Por otro lado, los grupos focales que corresponden a profesores, estudiantes y egresados están más familiarizados con la carrera y las necesidades actuales del mercado laboral para un ingeniero industrial. Se recomienda que en el proceso de aplicar la AHP se considere estudiar a cada grupo focal antes de realizar la encuesta, y así disponer de información complementaria para guiar a los participantes durante la sesión. Finalmente en la tabla 6 se puede identificar como estas conclusiones tienen relevancia de acuerdo con la caracterización que lleva cada grupo focal, donde esto nos permite generalizar las conclusiones a las situaciones sociales y demográficas de estos grupos focales.

Tabla 6. Caracterización de los grupos focales con sus resultados

Focus Group	Characterization	Expectations		Perceptions	
		Characteristics of Lowest Importance	Characteristics of Highest Importance	Characteristics Not Perceived	Characteristics Perceived
Applicants	Top 200 ranking in Bogotá, A calendar and medium-high status	Individualized academic attention from teachers	Clear purpose of the program	N/A	N/A
		Program's length	Fulfillment of the objectives established at the beginning of the program	N/A	N/A
		Sense of belonging among students	Tools and labs available at the university	N/A	N/A
Students	9th and 10th semester of career, men and women, ages between 21	Convenient academic schedules for students	Good study facilities	Individualized academic attention from teachers	Adequate study facilities

	and 25, different career approaches		Fulfillment of the objectives established at the beginning of the program	Optimal program length	Program with sufficient practical components
		Constant updating of the curriculum	Program with sufficient practical components	Availability of convenient academic schedules for students	Optimal labs and spaces for the practical part of the program
Alumni	plus 2 years of graduation, men and women, currently working on the industrial sector	Program's length	Availability of databases, books and journals	Flexibility in the curriculum	Adequate study facilities
		Individualized academic attention from teachers	Good study facilities	Constant updating of the curriculum	Sense of belonging among students
		Constant updating of the curriculum	Fulfillment of the objectives established at the beginning of the program	Program with sufficient practical components	Availability of databases, books and journals
Teachers	currently working on the PUJ, plus 5 years of experience	Constant updating of the curriculum	Availability of databases, books and journals	Constant updating of the curriculum	Adequate study facilities
		Individualized academic attention from teachers	Updates that take into account contextual surrounding factors	Program with sufficient practical components	Availability of databases, books and journals
		Flexibility in the curriculum	Fulfillment of the objectives established at the beginning of the program	Individualized academic attention from teachers	Teaching based on real life situations
Employers	industrial and food sector, plus 10 years of experience, linked to the university job system	Program's length	Availability of convenient academic schedules for students	Availability of convenient academic schedules for students	Friendly relationship between students and teachers
		Flexibility in the curriculum	Updates that take into account contextual surrounding factors	Flexibility in the curriculum	Clear purpose of the program
		Sense of belonging among students	Availability of databases, books and journals	Tools and labs available at the university	Program with sufficient practical components

Medición del impacto

Este trabajo de grado posee distintos impactos de nivel alto a lo largo del desarrollo de cada uno de los objetivos que se pueden denominar de tipo social y académico, dado que este estudio aporta a la necesidad de investigación y definición de habilidades como parte del entendimiento de los currículos de ingeniería industrial en el proceso cambiante de la industria, al reconocer la necesidad

inminente de referentes bibliográficos para tener recursos de investigación que validen y justifiquen los planes de estudios de la carrera de ingeniería industrial. Adicional a eso se ve un impacto alto en la implementación que este estudio puede dar a los diferentes planes de estudio y sus diversas características acoplándose a un modelo de evaluación multicriterio donde las instituciones educativas pueden usar el aplicativo como herramienta propia que concluya aquellas habilidades fuertes y blandas que afecten de manera académica sus planes de estudios y las características relacionadas a la carrera de ingeniería industrial. Adicionalmente a esto, el aplicativo diseñado en VBA impacta de manera académica alta el aprendizaje de estudiantes en el uso de programación para diseñar herramientas de evaluación con fácil utilidad y comprensión, permitiendo estos conceptos impactar esta y otras áreas de diseño. El uso de herramientas como el AHP y SERVQUAL generan impacto medio social sobre la recopilación de herramientas dentro de distintos procesos de ingeniería que pueden ser implementados de igual o similar forma en empresas o procesos de la industria para evaluar jerarquización de indicadores o calidad. Finalmente la implementación de validación estadística genera un impacto de tipo académico y social alto al responder a la necesidad de tener indicadores para aplicativos o software que se acoplen a normas ISO y respondan a criterios de usabilidad, confiabilidad y funcionalidad, como guía para validación de otras herramientas.

5. Limitaciones, conclusiones y recomendaciones

Limitaciones

Como limitación se identificó la disponibilidad de tiempo de los distintos grupos focales para realizar los modelos de evaluación multicriterio de manera presencial, contando con la posibilidad de que los estudiantes a cargo de este estudio pudieran dirigir de manera más didáctica el diligenciamiento de los modelos de evaluación, logrando así una correcta comprensión de cada componente y logrando un espacio de dudas y consulta para claridad y facilidad en el diligenciamiento de la información que lleve a resultados certeros. Otra limitación identificada fue el registro de datos, pues la herramienta está diseñada para que el usuario que desee introducir la problemática a analizar dentro del aplicativo, deba registrar los datos de forma manual que recolectó con anterioridad, de esta forma generando demoras en el registro de cada grupo focal debido a su disponibilidad de horarios y por consiguiente, retrasaba el análisis de cada grupo respectivamente.

Conclusiones

- Se identificaron las habilidades blandas y técnicas en la Ingeniería Industrial, gracias a la revisión de literatura y de esta forma, poder generar un análisis de las habilidades destacadas de acuerdo con su frecuencia y agrupándolas de ser necesario, si estas eran similares con distintos términos. En el proceso de indagación, también se identificó los criterios en los que estas habilidades tenían cabida en la Ingeniería Industrial para poder analizar su importancia en cada uno de ellos.
- El modelo de evaluación del método multicriterio diseñado indaga y permite registrar expectativas y percepciones de los grupos de interés, identificando que se adaptó la evaluación de cada modelo para permitir recolectar los datos de forma más fácil y entendible para los usuarios.
- La herramienta diseñada a partir del método multicriterio permite el análisis de las percepciones y expectativas de los grupos de interés, respecto a distintos criterios que se identificaron influyentes en la labor del Ingeniero Industrial. Así mismo, el aplicativo tuvo en cuenta las restricciones de diseño para el manejo del usuario y las características que debe contener un software de acuerdo con la norma ISO 9126-1:2 001.
- Como parte del análisis de los resultados obtenidos por la herramienta, se identifica que el método QFD fue de suma importancia para poder procesar toda la información obtenida y de esta forma, reconocer la relación de las habilidades entre los grupos de interés y poder analizar también, la importancia que le dió cada grupo a cada habilidad y así, obtener un resultado general y completo.
- De acuerdo con la validación realizada por expertos, se evidencia que el aplicativo elaborado cumple casi en su totalidad las características que debe poseer una herramienta software, es por esto, que se analiza que se tuvo como prioridad el manejo del usuario para el uso del método multicriterio, además, respecto a las recomendaciones y sugerencias realizadas por los expertos seleccionados, se concluye que estos comentarios fueron direccionados a oportunidades de mejora a futuro del aplicativo.
- Según los resultados obtenidos en SERVQUAL y AHP, se utilizó los indicadores Alfa de Cronbach y Prueba de Consistencia respectivamente, obteniendo resultados de fiabilidad razonables en la consistencia interna de los datos, que permitió usar la información como base en el aplicativo diseñado. De acuerdo con los resultados arrojados por estos indicadores, surgieron recomendaciones para el proceso de recolección de datos con el fin de disminuir la cantidad de matrices que tienen porcentajes de inconsistencia y obtener un mejor análisis, ya que para el caso de AHP es importante que el encuestado tenga los conocimientos e información necesaria para emitir un juicio de forma correcta.

Recomendaciones

Se reconoce como recomendación llevar este estudio al análisis de los resultados obtenidos desde el punto de vista de la diferenciación en sexo, edad, estrato socioeconómico y otras características de tipo demográficas que no fueron tenidas en cuenta dentro de los grupos focales para identificar si alguna de estas variables impacta en la manera como los grupos focales identifican las percepciones y expectativas de la carrera de ingeniería industrial y las habilidades blandas y fuertes que consideran son relevantes para la construcción de ingenieros en la industrial actual. Adicional a eso, se recomienda para el correcto uso del aplicativo propuso que se siga el modelo de evaluación al pie de la letra como se construyó para este estudio con el propósito de tener una compatibilidad total con el formato de evaluación de la herramienta. Adicional a esto, este aplicativo puede ser utilizado en futuras ocasiones para distintos planes de estudio donde se ajustan los requerimientos a los deseos de los clientes dado que permite a aquel que lo implemente relacionar sus propios parámetros de evaluación que se ajusten a cualquier plan de estudios. Adicional a esto, se recomienda para futuros estudios aplicar en el caso de “Quality function deployment” (QFD) aplicar la parte de la matriz donde se evalúa los requerimientos técnicos del aspecto de competencia donde se pueden tomar otras instituciones educativas para evaluar las habilidades y la relación con los requerimientos técnicos para cada grupo focal, identificando los cambios en jerarquización. Finalmente se recomienda en futuros avances de este estudio identificar como el método Delphi, parte de la metodología inicial contribuye al análisis estadístico de resultados desde su implementación con participantes que aporten conclusiones y análisis relevantes sobre la herramienta elaborada. Se recomienda que como una futura aproximación de este estudio, se haga la definición de requerimientos técnicos, relación y correlación que compone la matriz mediante los profesores y/o directivos de la carrera en la universidad Javeriana, dado que desde el punto de vista de ellos se puede aproximar aún más a una versión profesional y más acertada de las relaciones que existen entre las habilidades y características con los componentes de la carrera.

6. Tabla Anexos

7. Tabla Anexos

	Nombre del anexo	Autoría	Implementación
Anexo 1	Tabla de análisis de referencias bibliográficas	Propia	Objetivo 1
Anexo 2	Tabla de frecuencias habilidades fuertes y blandas	Propia	Objetivo 1
Diagrama 1	Diagrama de flujo objetivo 1	Propia	Objetivo 1
Anexo 3	Habilidades blandas y fuertes resumidas con criterios	Propia	Objetivo 1
Anexo 4	Diagrama de pareto para selección de habilidades fuertes y blandas	Propia	Objetivo 1
Entregable 1	Informe de habilidades blandas y fuertes con los criterios a evaluar	Propia	Objetivo 1
Anexo 5	AHP- Diseño del modelo multicriterio	Propia	Objetivo 2
Diagrama 2	Diagrama flujo AHP objetivo 2	Propia	Objetivo 2
Entregable 2	Informe de modelo multicriterio para percepciones y expectativas	Propia	Objetivo 2
Diagrama 3	Diagrama de flujo funcionamiento aplicativo	Propia	Objetivo 3
Entregable 3	Aplicativo de modelo de evaluación multicriterio	Propia	Objetivo 3
Anexo 6	Formato virtual encuesta para estudiantes	Propia	Objetivo 4
Anexo 7	Carta de invitación para participación a egresados y empleadores	Propia	Objetivo 4
Anexo 8	Correo invitación para participación a grupo focal de profesores	Propia	Objetivo 4
Anexo 9	Evidencias asistencia a grupos focales presenciales con aspirantes en colegios de Bogotá	Propia	Objetivo 4

Anexo 10	Resultados obtenidos en la implementación de formulario virtual	Propia	Objetivo 4
Anexo 11	Base de datos obtenidos AHP	Propia	Objetivo 4
Anexo 12	Base de datos obtenidos SERVQUAL	Propia	Objetivo 4
Anexo 13	Bases de datos evaluadas en el aplicativo	Propia	Objetivo 4
Anexo 14	Diseño Matriz QFD	Propia	Objetivo 4
Anexo 15	Matrices QFD para análisis de AHP y SERVQUAL	Propia	Objetivo 4
Entregable 4	Informe de análisis del caso de estudio utilizando QFD	Propia	Objetivo 4
Entregable 5	Rúbrica de validación de la herramienta	Propia	Objetivo 5
Entregable 6	Informe resultados de validación	Propia	Objetivo 5
Anexo 16	Infografías definición e instructivo AHP y SERVQUAL	Propia	Objetivo 5
Anexo 17	Resultados indicador Alpha de Cronbach para SERVQUAL	Propia	Objetivo 5
Anexo 18	Prueba de consistencia AHP	Propia	Objetivo 5

Referencias

Ajit Kumar Singh and A.M. Rawani, Application of QFD in Education Sector: A Review, International Journal of Mechanical Engineering and Technology, 9(3), 2018, pp. 592–599.

Alberto R., Gustavo; Peña, Alejandro; Arturo C., Carlos; Alaguna, Angela; Areiza, Luz M.; Rincón, Rafael D., Modelo de Evaluación de Calidad de Software Basado en Lógica Difusa, Aplicada a Métricas de Usabilidad de Acuerdo con la Norma ISO/IEC 9126 Revista Avances en Sistemas e Informática, vol. 3, núm. 2, diciembre, 2006, pp. 25-29.

Alkahtani, M., El-Sherbeeney, A., Noman, M., Abdullah, F.. (2018) Trends in Industrial Engineering and the Saudi Vision 2030.

Baykasoglu, Adil & Dereli, Turkay. (2000). The role of industrial engineers in industry. 1. 83-97.

Bier, Ian D; Cornesky, Robert. (2001). Using QFD to construct a higher education curriculum. Quality Progress, 34, 4. ProQuest Central pg. 64.

Bruner, J. (2005). A Delphi method of teaching applied philosophy. Teaching philosophy (3), pp 2007-220.

Eskandari, H., Sala-Diakanda, S., Furterer, S., Rabelo, L., Cumpton-Young, L., and Williams, K. (2005) 'Enhancing the undergraduate industrial engineering curriculum: Defining desired characteristics and emerging topics', Emerald Education and Training, 49(1). doi: 10.1108/00400910710729875

Forman E. H., & Gass S.I. (1999) THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS-AN EXPOSITION. <https://www.jstor.org/stable/3088581?seq=1>

Freire Quintana, J., Páez Quinde, M., Núñez Espinoza, M., Narváez Ríos, M. and Infante Paredes, R., 2018. El diseño curricular, una herramienta para el logro educativo / Curriculum design, a tool for educational achievement. *Revista de Comunicación de la SEECI*, pp.75-86. doi: 10.15198/seeci.2018.45.75-86

González González, N.I. Patarroyo Durán. (2014). Competencias específicas solicitadas al recién egresado de Ingeniería industrial por el sector de servicios en Bogotá. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 24 (1), pp. 163 - 179. <http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v24n1/v24n1a09.pdf>

González-Masip, Jaime. (2018). Los Grupos de Interés y su importancia en la propuesta de valor de las empresas. *Boletín Económico de ICE*. 3096.

J. Balcar. *The Economic and Labour Relations Review*, 27 (4) (2016), pp. 453-470, [10.1177/1035304616674613](https://doi.org/10.1177/1035304616674613)

Kádárová, J., Kováč, J., Durkáčová, M., Kádár, G. (2014). Education in Industrial Engineering in Slovakia, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 143, 156-162.

Kelly, A.V., (2009). *The Curriculum Theory and Practice*-6th Edition. London: Sage Publications.

K. Kechagias (Ed.), *Teaching and assessing soft skills*, MASS Project report, Neapoli, School of Thessaloniki (2011)

- Lyu, W., & Liu, J. (2021). Soft skills, hard skills: What matters most? Evidence from job postings. *Applied Energy*, 300, 117307. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117307>
- Morales, J. C., & Rodriguez, S. A. (2019). ICT, INNOVATION IN THE CLASSROOM AND ITS IMPACT ON HIGHER EDUCATION.
- Oppenheimer, Andrés (2010), Basta de Historias, La historia latinoamericana con el pasado y las doce claves del futuro, pp. 190-201.
- Oviedo, G. L. (2004) La definición del concepto de percepción en psicología con base en la Teoría Gestalt. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-885X2004000200010
- Parasuraman, A., Zeithaml, V.A. and Berry, L.L., "A Conceptual Model of Service Quality and its Implications for Future Research", *Journal of Marketing*, Vol. 49, Autumn 1985.
- Pelegrín-Borondo, J., JuanedaAyensa, E., Olarte-Pascual, C. & Sierra-Murillo, Y. (2016). Diez tipos de expectativas. *Perspectiva Empresarial*, 3(1), 109-124. <http://dx.doi.org/10.16967%2Frpe.v3n1a7>
- Rabelo, L., Hernandez, E., Crumpton-Young, L., Eskandari, H., Sala-Diakanda, S., Furterer, S., and Williams, K. (2006) 'EMERGING TOPICS FOR INDUSTRIAL ENGINEERING CURRICULUM', American Society for Engineering Education. <https://www.researchgate.net/publication/286539660>
- Robbins, S., Judge, T. (2013) *Comportamiento organizacional*, Edición 15, pp 166.
- Roldán Santamaría, L., 2011. Elementos para evaluar planes de estudio en la educación superior. *Revista Educación*, 29(1), p.111. doi: 10.15517/revedu.v29i1.2040
- Sackey, S. M. and Bester, A. (2016) 'Industrial engineering curriculum in industry 4.0 in a South African context', *South African Journal of Industrial Engineering*, 27(4). doi: 10.7166/27-4-1579. <http://sajie.journals.ac.za/pub/article/view/1579/0>
- Serna, E., y Serna, A. (2013). La formación en ingeniería en Colombia: una situación que preocupa. Bogotá. Recuperado de <http://www.universidad.edu.co/images/cmlopera/descargables/formacioningenieria.pdf>
- Solís Delgadillo, D. (2017). Hacia una definición del concepto grupo de interés. *Perfiles Latinoamericanos*, 25(50), 83–101. <https://doi.org/10.18504/pl2550-005-2017>
- Spreng, R. A., Mackenzie, S. B., & Olshavsky, R. W. (1996). A reexamination of the determinants of consumer satisfaction. *Journal of Marketing*, 60(3), 15-32.
- Turan Erman Erkan, Babak Daneshvar Rouyendegh (2014). Curriculum Change Parameters Determined by Multi Criteria Decision Making (MCDM). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 116, pp 1744-1747. <https://www.researchgate.net/publication/275543495>
- Vargas Melgarejo, L., 1994. Sobre el concepto de percepción. *Alteridades*, Vol. 4(8), pp.47-53. <https://www.redalyc.org/pdf/747/74711353004.pdf>
- Zaharim, A., Ahmad, I., Yusoff, Y. M., Omar, M. Z., & Basri, H. (2012). Evaluating the Soft Skills Performed by Applicants of Malaysian Engineers. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 60, 522–528. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.417>
- Rivera, E. and Guerra, N., 2015. *LAS COMPETENCIAS DEL INGENIERO INDUSTRIAL SEGÚN LA PERCEPCIÓN DE LOS ESTUDIANTES: EL CASO DE LOS PROGRAMAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LAS UNIVERSIDADES CENTRAL Y JORGE TADEO LOZANO EN BOGOTÁ*. [online] *Acofipapers.org*. Available at: <<https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/download/1114/1116/2196>> [Accessed 20 September 2022].
- Motyl, B., Baronio, G., Uberti, S., Speranza, D. and Filippi, S., 2017. *How will Change the Future Engineers' Skills in the Industry 4.0 Framework? A Questionnaire Survey*. [online] *Science Direct*. Available at: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917304900>>
- Carina, P., Anabela, A., Joao, M. and Susana, g., 2018. *The Industrial Engineers' Essential Skills: Students, teachers and industry professionals' perspectives*. [online] *research gate*. Available at: <<https://www.researchgate.net/publication/323734617>> *The Industrial Engineers' Essential Skills Students teachers and industry professionals' perspectives*
- SANTITEERAKUL, S., SOPADANG, A. and SEKHARI, A., 2020. *Skill Development for Industrial Engineer in Industry 4.0*. [online] *Shyfte.eu*. Available at: <http://shyfte.eu/wp-content/uploads/2020/02/CEISEE_Manuscript-CMU_Final.pdf>
- Matias, J. and Acevedo, S., 2022. *The Challenges of Industrial Engineer Management Skills in Industry 4.0*. [online] *Research gate*. Available at: <<https://www.researchgate.net/publication/357494252>> *The Challenges of Industrial Engineer Management Skills in Industry 4.0/related*

Rosas, L. F., Quintero Fuentes, M. P., Ramírez, J. H., Torres López, M. T., & Pérez, M. G. (2022). Relación entre las Habilidades Blandas y la Inserción Laboral de Egresados de Ingeniería Industrial del Tecnológico de Tierra Blanca. *European Scientific Journal, ESJ*, 18(22), 297. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n22p297>

Rojas Gallo, R. (2020). Habilidades blandas en estudiantes de ingeniería, un estudio comparativo. *Revista IECOS*, 21(1), 71-87. <https://doi.org/10.21754/iecos.v21i1.1071>

Sánchez-Sánchez, J. (2022). Technical skills in the professional practice of engineering in Costa Rica: A neuro correlation analysis. *Uniciencia*, 36(1), 1-17. <https://doi.org/10.15359/ru.36-1.32>

Gurjanov, A., Zakoldaev, D., Shukalov, A., & Zharinov, I. (2022). The high industrial Education 4.0 soft skills and hard skills. Retrieved 20 September 2022, from <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1691/1/012022/pdf>

Olivia, G., & Nubia, P. (2014). COMPETENCIAS ESPECÍFICAS SOLICITADAS AL RECIÉN EGRESADO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL POR EL SECTOR SERVICIOS EN BOGOTÁ. Retrieved 20 September 2022, from <http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v24n1/v24n1a09.pdf>

Klass, S. (2022). A Soft Skills Experiment in an Industrial Engineering and Management Academic Course: A Demonstration of How to Develop Soft Skills. *Research gate*. https://www.researchgate.net/publication/357494045_A_Soft_Skills_Experiment_in_an_Industrial_Engineering_and_Management_Academic_Course_A_Demonstration_of_How_to_Develop_Soft_Skills

Cardoso-Espinosa, Edgar Oliver, & Zepeda-Hurtado, María Elena, & Rey-Benguría, Carmen (2019). El desarrollo de habilidades blandas en la formación de ingenieros. *Científica*, 23(1),61-67.[fecha de Consulta 20 de Septiembre de 2022]. ISSN: 1665-0654. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61458265007>

Martín Urbano, P., & Sánchez Gutiérrez, J. I. (2019). <https://revistas.uacj.mx/ojs/index.php/estudiosregionales/issue/view/661>. *Revistas Cuadernos de Trabajo de Estudios Regionales en Economía, Población y Desarrollo*, 9(54), 3–45. <https://doi.org/10.20983/epd.2019.54.1>

Ejsmont, W. (2016). <https://www.dbc.wroc.pl/dlibra/publication/44195/edition/39674>. *Didactics of Mathematics*, 13(17), 13–16. <https://doi.org/10.15611/dm.2016.13.02>

Sánchez Soto, R. . (2021). Las Habilidades Blandas Factor Clave Para El Desempeño De Los Ingenieros . *Revista Científica: BIOTECH AND ENGINEERING*, 1(02). <https://doi.org/10.52248/eb.Vol1Iss02.27>

Safarzadeh, M. S., Moats, M. S., & Miller, J. D. (2013). Erratum to “Acid bake-leach process for the treatment of enargite concentrates”, *Hydrometallurgy* 119–120 (2012), pp. 30–39 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304386X12000606>. *Hydrometallurgy*, 139, 100. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2013.07.001>

Saniuk, S., Grabowska, S., & Grebski, W. (2022). Knowledge and skills development in the context of the fourth industrial revolution technologies: Interviews of experts from pennsylvania state of the USA. *Energies*, 15(7) [doi:10.3390/en15072677](https://doi.org/10.3390/en15072677)

Francesco Lupi, Mohammed M. Mabkhot, Miha Finžgar, Paolo Minetola, Dorota Stadnicka, Antonio Maffei, Paweł Litwin, Eleonora Boffa, Pedro Ferreira, Primož Podržaj, Riccardo Chelli, Niels Lohse, Michele Lanzetta, Toward a sustainable educational engineer archetype through Industry 4.0, *Computers in Industry*, Volume 134, 2022, 103543, ISSN 0166-3615, <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103543>.

2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) | 978-1-6654-4434-7/22/\$31.00 ©2022 IEEE | DOI: [10.1109/EDUCON52537.2022.9766800](https://doi.org/10.1109/EDUCON52537.2022.9766800)