

---

30 de marzo de 2025

---

**TRABAJO FINAL**

# Indagaciones sobre la Teoría de la Decisión en Ingeniería

**Alumnos:** Patricio Castro Peña  
Bautista Gasparri  
Matías Melian Montesanto

**Tutor Titular:** Ing. Gustavo Giuliano  
**Tutor Adjunto:** Ing. Alejandro Mohamad



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

---

## AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos expresar nuestro sincero agradecimiento a todas las personas que participaron en los cuestionarios que forman parte fundamental de esta tesis. Su disposición para compartir sus experiencias y opiniones ha sido invaluable, y sin su colaboración, este trabajo no habría sido posible. Cada respuesta proporcionada ha contribuido significativamente a la comprensión del tema abordado y ha enriquecido la calidad de la investigación.

Además, también realizamos un profundo reconocimiento a la facultad por brindarnos el acceso a la base de datos de graduados, lo que nos permitió contactar a un grupo diverso de participantes. Sin esto, realmente hubiese sido muy complicado llevar adelante el trabajo.

No menos importante, queremos agradecer a nuestros tutores, el Ing. Gustavo Giuliano y el Ing. Alejandro Mohamad, quienes han sido guías y soportes fundamentales a lo largo de este proceso. Agradecemos sinceramente su constante disponibilidad para responder nuestras preguntas y su valiosa retroalimentación, que nos ha permitido mejorar cada aspecto de esta tesis. También le queremos agradecer a otros profesores que formaron parte de este proyecto.

Sus enseñanzas no solo nos han brindado las herramientas necesarias para realizar esta investigación, sino que también han fomentado en nosotros un espíritu crítico y analítico que llevaremos a lo largo de nuestro futuro profesional. Reconocemos el enorme tiempo, con infinitas reuniones de por medio, que dedicaron a este trabajo, y nos sentimos unos privilegiados de haber podido contar con su apoyo a lo largo de todo este proceso.

Además, una total gratitud hacia nuestras familias y amigos que con enorme aprecio y generosidad han sido capaces de acompañarnos y guiarnos. Su disposición y tiempo que nos entregaron para ayudarnos en los momentos más difíciles y para celebrar nuestros logros son una parte indudable de este recorrido universitario.

A todos ustedes, muchísimas gracias por su contribución y por ser parte de este viaje académico. Esperamos que este trabajo refleje en gran medida el esfuerzo colectivo y el conocimiento compartido que todos ustedes aportaron.

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
2.1. Las ingenieras y los ingenieros argentinos.....	6
2.2. La ingeniería como unión de dos mundos.....	8
2.3. Factores en la toma de decisión y la “mejor” alternativa .....	11
3. MARCO TEÓRICO.....	16
3.1. Teoría de sistemas y optimización aplicada al diseño y gestión en ingeniería .....	16
3.2. Concepto y definición de juicio .....	18
3.3. Relación entre intuición, experiencia y desarrollo profesional .....	20
3.4. Procesos cognitivos duales en el pensamiento crítico y la intuición.....	21
3.5. Estructura y factores del pensamiento.....	23
3.6. La retórica en el aspecto social del juicio ingenieril .....	25
3.7. La relación del juicio ingenieril con las decisiones éticas .....	27
4. HIPÓTESIS, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	29
4.1. Desarrollo de cuestionario.....	30
4.2. Selección de muestra y envío de cuestionarios .....	33
5. ORGANIZACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	35
5.1. Comparativa entre Industria e Infraestructura.....	37
5.2. Proyectos exitosos .....	37
5.3. Proyectos no exitosos .....	40
6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	43
6.1. Análisis de resultados de los proyectos exitosos.....	44
6.2. Análisis de resultados de los proyectos no exitosos.....	51
6.3. Influencia de la formación humanista y cristiana.....	57
7. CONCLUSIONES .....	60
8. BIBLIOGRAFÍA .....	63

## 1. INTRODUCCIÓN

Según la definición canónica, la ingeniería es la disciplina y profesión que aplica conocimientos técnicos y científicos y utiliza las leyes naturales y los recursos físicos, con el fin de diseñar e implementar materiales, estructuras, máquinas, dispositivos, sistemas y procesos para alcanzar un objetivo deseado, cumpliendo con una serie de requisitos específicos. Otra manera más concisa de definirla es como la aplicación de la ciencia en la transformación óptima de los recursos naturales para el uso de la humanidad (Serna-Montoya, 2009). Dos definiciones que, ante una primera lectura, parecieran enmarcar correctamente a esta disciplina, abarcando la gran cantidad de aspectos que utiliza en su normal desarrollo y demostrando la elevada generalidad de la aplicación de sus saberes. Los hombres y mujeres dedicados a la ingeniería pueden y deben poder desenvolverse en aquel aspecto de la realidad donde se aplique un proceso que busque transformarla<sup>1</sup>.

Sin embargo, al analizar las definiciones, surgen conceptos que abren un espacio para profundizar en un aspecto fundamental del actuar del ingeniero. En la primera definición, está implícito lo que suele ser en la mayoría de los casos la principal huella de la ingeniería en un proyecto. Al mencionar que se busca alcanzar un “objetivo deseado” implementando recursos físicos, sistemas y procesos, surge un interrogante ante los motivos por los que los profesionales toman la decisión de utilizar ciertos medios y no otros para cumplir la misma meta. Suele asociarse esta elección con factores meramente económicos, pero pareciera equivocado reducir el pensamiento del profesional a solo lo relacionado con el dinero. Por otra parte, en la segunda definición, se usa el término que cotidianamente se relaciona con la labor ingenieril: “transformación óptima”. En esta última palabra, en el intento de definir lo “óptimo” o lo “mejor” es donde surge el cuestionamiento válido de cómo es posible determinarlo. El propio avance de la ciencia es un fiel testigo de que la mejor solución en una época es casi inimaginable que sea utilizada en las siguientes, o que dos científicos alcancen dos modelos muy distintos entre sí para resolver el mismo problema.

En el presente trabajo se intentarán dilucidar aspectos del complejo proceso que constantemente afronta el ingeniero: la toma de decisiones. En esta disciplina, que se viene desarrollando casi desde el comienzo de las primeras civilizaciones, el profesional no solamente hace cosas, sino que debe, entre distintas alternativas, elegir la “mejor”. Por tanto,

---

<sup>1</sup> Debida a esta gran amplitud de la realidad, las carreras profesionales tienen diferencias, principalmente porque dos ingenieros se habrán enfrentado durante su vida a situaciones laborales muy distintas

para contribuir a dotar a la ingeniería con una más profunda percepción de su forma de desempeñarse, se indagará en los mecanismos y conocimientos que actúan sobre ella, buscando particularmente discernir la existencia de aspectos objetivos y subjetivos en su conformación, y para ello se indagará en cuáles son las principales herramientas con las que cuenta el ingeniero para realizar sus tareas, tanto las académicas como las que son fruto de la experiencia o de su propia intuición.

La ingeniería se ha convertido en un pilar fundamental en el desarrollo de la sociedad moderna. Desde el momento en que nos despertamos hasta que nos acostamos, las innovaciones ingenieriles están presentes, influyendo en cada aspecto de nuestras vidas. La ingeniería no solo consiste en la creación de nuevas tecnologías; también implica la mejora continua de lo existente, optimizando procesos y soluciones para hacer nuestra vida más cómoda, segura y eficiente. Este trabajo profundiza en la importancia de la ingeniería en el día a día, proporcionando ejemplos concretos de cómo los ingenieros contribuyen a nuestra rutina cotidiana y planteando interrogantes sobre las mejoras que podemos esperar en el futuro.

La influencia de la ingeniería puede observarse en actividades tan simples como el acto de encender la luz de nuestra habitación. Cada vez que presionamos un interruptor, no solo estamos aprovechando la electricidad, sino que también estamos haciendo uso de una compleja red de diseñadores eléctricos y expertos en energía que han trabajado para garantizar que esa luz esté disponible de manera segura y eficiente. Además, la infraestructura que permite que la electricidad llegue a nuestros hogares, como las redes de distribución y las plantas generadoras, es el resultado de la planificación y ejecución ingenieril.

El transporte es otro ámbito donde la ingeniería juega un papel crucial. Desde el diseño de automóviles más eficientes hasta la planificación de sistemas de transporte público, ingenieros mecánicos y civiles trabajan incansablemente para mejorar la movilidad y la accesibilidad. Por ejemplo, los vehículos eléctricos, fruto de la innovación en ingeniería, no solo representan una respuesta a la crisis ambiental, sino que ofrecen una alternativa más limpia a la dependencia de combustibles fósiles. La evolución de las carreteras, puentes y ferrocarriles también ha facilitado el comercio y las interacciones sociales, lo que demuestra cómo la ingeniería sirve a toda la sociedad.

La ingeniería también tiene un impacto significativo en la salud. Desde el diseño de equipos médicos avanzados hasta la optimización de procesos en hospitales, los ingenieros biomédicos están a la vanguardia de la mejora de la atención sanitaria. Dispositivos como resonancias

magnéticas o marcapasos son ejemplos emblemáticos de cómo la ingeniería puede salvar vidas y mejorar la calidad de vida de las personas. Igualmente, la investigación en materiales y estructuras ha permitido desarrollar soluciones más eficaces para el tratamiento de enfermedades, mejorando así la salud pública general.

La pregunta de "¿mejor para qué?" y "¿mejor para quién?" se hace pertinente al considerar el impacto de estas innovaciones. Cada mejora tecnológica en ingeniería tiene sus beneficiarios, que van desde individuos que experimentan una mayor calidad de vida hasta comunidades enteras que disfrutan de servicios públicos más eficientes y efectivos. Sin embargo, también es esencial tener en cuenta las implicaciones éticas y sostenibles de cada avance. La responsabilidad de los ingenieros no solo radica en la creación de soluciones, sino también en asegurarse de que estas soluciones sean accesibles y beneficiosas para todos, y que respeten el medio ambiente y los recursos del planeta.

Siguiendo con lo dicho en el párrafo anterior, las preguntas mencionadas son críticas a la hora de considerar la factibilidad de una mejora o una implementación determinada. Si bien cada mejora tecnológica en ingeniería tiene sus beneficios, nos preguntamos: "¿todos se benefician?". Inicialmente se piensa que sí, pero cuando uno se empieza a cuestionar sobre estos temas, se comienza a ver que tal vez no todo es como parece. Quizás no se beneficien todos. Entonces es ahí donde hay que hacer énfasis y buscar las consecuencias que tienen las distintas mejoras que se van realizando. Un ejemplo muy exagerado de esta situación sería realizar una mejora de una planta que involucre un impacto medio ambiental de manera muy negativa, pero que represente una gran fuente de ingresos para una empresa. Volviendo al planteamiento, sería mejor para los que ven las finanzas, pero sería un desastre para quienes se ocupan de Calidad, Medio Ambiente y el sector de Legales, que debería defender los intereses de la empresa ante una posible demanda por parte de municipios o de reclamos gremiales.

Por todo lo comentado previamente, resulta indispensable un análisis amplio previo a cualquier mejora o implementación que conlleve un impacto dentro de la estructura de una empresa. Hay que consultar y ponerse de acuerdo con todos los sectores para asegurarse que, al aplicar dicha propuesta, todos sean beneficiarios en alguna medida de esta y que esta no se torne en un dolor de cabeza para algunos.

En conclusión, la ingeniería es una fuerza vital que impulsa el progreso en nuestra vida diaria. Desde lo más sencillo, como encender una bombilla, hasta innovaciones complejas que impactan la salud y el bienestar mundial, la presencia de ingenieros e ingenieras es innegable.

Este trabajo explorará cómo la ingeniería toma decisiones que intentan mejorar continuamente nuestras vidas. Al comprender mejor su importancia, también podremos comprender lo que significa vivir en un mundo construido sobre su base.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El ingenio humano comenzó a desarrollarse desde antes de las primeras grandes civilizaciones, cómo aprovechar el fuego o cómo desplazarse a través de las grandes masas de agua. Actualmente, contamos con las pruebas de grandes desarrollos humanos como lo son los imponentes acueductos y los resistentes caminos del imperio romano, o los complejos sistemas de riego con acequias, aprovechando las crecidas del río Nilo en Egipto. Con el transcurso de los siglos, grandes ciudades fueron asentándose y la calidad de vida fue viéndose muy beneficiada gracias a grandes avances tecnológicos. Y hoy en día, en la vida cotidiana, las personas se relacionan, trabajan y subsisten mediante la tecnología, ya sea usándola de manera directa o aprovechando el resultado de un complejo eslabón productivo, como puede ser el caso de los alimentos o la vestimenta.

Sin embargo, ante la gran velocidad de avance de las innovaciones, las personas modernas se han desacostumbrado a cuestionar o analizar los nuevos dispositivos, artefactos o descubrimientos, quizás porque, en cuanto llegan a alguna conclusión, un nuevo avance estará disponible. Un ejemplo de esta realidad, sin ahondar en los detalles, es lo que acontece con la inteligencia artificial, ya que, día a día, se descubren nuevas posibilidades y funcionalidades, se logran enormes avances en menores tiempos. Por esto mismo, si se hace una abstracción de la realidad, por más rápida que sea, un primer interrogante que surge es qué sucedería si quienes lo diseñaron hubiesen optado por otra alternativa. Tal es el caso de la disputa entre Edison y Tesla, surgida en el siglo XIX, y que enfrentó a ambos ingenieros en el intento de imponer la corriente continua o la alterna, respectivamente. Actualmente, el mundo es testigo del triunfo de la idea de la corriente alterna de Tesla, pero en dicho siglo, ambas teorías presentaban sus ventajas y desventajas. Mientras que la corriente alterna era altamente eficiente, aunque peligrosa, la propuesta de Edison era más segura de operar, pero presentaba mayores pérdidas en su traslado (Endesa, 2019). Por lo tanto, si intentáramos hacer un análisis de sensibilidad<sup>2</sup>, como si la propia realidad fuese un modelo matemático, el cambio en las costumbres y vidas rutinarias sería inimaginable, y se trata de tan solo una disputa del siglo XIX sobre cómo distribuir la energía eléctrica. Ante esto queda claro que las decisiones condicionan el futuro. Sin embargo, es importante detenerse a qué llevó que dicha decisión sea tomada. En el ejemplo

---

<sup>2</sup> Definición de análisis de sensibilidad: “Estimación de la medida en que la modificación de una variable afecta a un resultado” (Real Academia Española, 2024)

citado, aparentemente fue priorizado el aspecto económico, pero ¿se hubiese tomado la misma decisión si el factor de la seguridad de manipulación hubiese sido lo más importante?

### 2.1. Las ingenieras y los ingenieros argentinos

En 1870 se graduaron en la UBA los “doce apóstoles”, los primeros doce ingenieros argentinos. El más recordado es Luis Augusto Huergo, el primero en entregar su tesis el 6 de junio de ese año, y en su memoria se celebra cada año el día de la Ingeniería Argentina. Desde entonces comenzó a trazarse un extenso recorrido de grandes ingenieros que marcaron el rumbo del país con sus intervenciones, formando a los profesionales de la rama en suelo nacional y dejando de depender únicamente de los que provenían del exterior.

Sin embargo, a pesar del hito que significó disponer de los primeros ingenieros formados en nuestro país, este acontecimiento se desarrolló en medio del primer contagio masivo de fiebre amarilla en la ciudad de Buenos Aires, la cual se convirtió en epidemia en 1871, habiendo atravesado ya dos brotes de cólera en los años 1867 y 1868. Esta propagación estaba agravada por la ausencia de agua potable y red cloacal en la ciudad, además de que gran parte de la población vivía en condiciones de hacinamiento. Debido a esta difícil realidad social, las tesis de los primeros ingenieros argentinos eran fiel reflejo de la preocupación por el contexto en el que se encontraban viviendo. Entre ellos, Valentín Balbín, realizó su trabajo final referido a Aguas Corrientes de la Ciudad de Buenos Aires, analizando las formas más convenientes de potabilizar agua, y, por otra parte, Luis Silveyra tituló su tesis como “Mejoras de las vías públicas de la ciudad de Buenos Aires”, buscando abordar la problemática del desarrollo urbano (Cristal, 2020).

Entonces, sus trabajos marcan dos focos principales: la mejora de la salubridad de la ciudad y la optimización del acelerado crecimiento urbano. En cuanto a este último factor, los ingenieros ingleses John Coghlan y John La Trobe Bateman estaban trabajando en un plan para abastecer de agua potable en una zona de la ciudad y para realizar un sistema de alcantarillado para la eliminación de aguas residuales. Estos proyectos se vieron beneficiados gracias a la participación de los jóvenes ingenieros argentinos. No obstante, encontraron dificultades y no lograron cumplir sus objetivos por no contemplar adecuadamente el acelerado crecimiento demográfico.

En los primeros años del siglo XX, grandes e importantes proyectos de la misma índole fueron finalizados, reflejándose su beneficio inmediato en la disminución de la mortalidad y logrando hacer desaparecer casi por completo las epidemias en la ciudad. Estos méritos no son

sólamamente atribuibles a los “doce apóstoles”, sino que en el desarrollo de estos trabajos estuvieron involucrados otros ingenieros provenientes de distintos países del mundo, como los son, por ejemplo, los ingleses antes mencionados, Coghlan y Bateman. Sin embargo, la importancia de este hecho histórico recae en que empieza a vislumbrarse la gestación de un nuevo perfil de ingenieros, no desde el punto de vista académico o meramente técnico, sino desde la forma de afrontar los contratiempos, y de solucionar los problemas ante la escasez de los recursos. La unión entre la cultura local y los saberes ingenieriles formales dan como resultado una interesante mezcla que genera un interés sobre el ingeniero argentino. Esto es percibido ante las numerosas noticias de soluciones que no son estrictamente metodológicas y que generan asombro en distintas partes del mundo, e incluso es aceptado en los ámbitos académicos<sup>3</sup>. Por lo tanto, corresponde preguntarnos sobre esta habilidad o capacidad que surge en la labor habitual del ingeniero, pero que, sin embargo, no es enseñada, desarrollada o definida en los libros más comunes de la enseñanza de esta profesión.

Por otra parte, en este gestar de la profesión en Argentina, en 1918 se graduó en la Universidad de Buenos Aires la ingeniera civil Elisa Bachofen, convirtiéndose no sólo en la primera ingeniera del país, sino que de América Latina (Centro Argentino de Ingenieros, 2018). Su título era de “ingeniero”, hasta que, 10 años después, en 1929, la Real Academia Española reconoció la denominación femenina de “ingeniera” (Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires).

Se caracterizó por una gran capacidad inventiva, demostrándolo al presentar numerosas patentes, entre ellas, el algodonímetro, una maquinaria capaz de clasificar algodón, permitiendo medir con exactitud la calidad del tejido. Su inclinación a este tipo de inventos se debe a la familiaridad que tiene con los tejidos gracias a su padre, que era de origen suizo, y uno de los fundadores de la Fábrica Argentina de Alpargatas. Por otra parte, se desempeñó en el INTI, el Conityc (antecesor del Conicet) y en lo que hoy en día se conoce como la Dirección Nacional de Vialidad. Ante esto, es importante destacar el aspecto cultural que integró con su profesión, no solamente su capacidad inventiva, sino que su fortaleza y perseverancia de desenvolverse en un ámbito que, por ese entonces, era meramente masculino. Su templanza en la lucha por sus objetivos la condujo a promover la capacitación técnica de las mujeres. En definitiva, Elisa

---

<sup>3</sup> Véase como ejemplo el caso de la reparación de la central nuclear argentina “Atucha II” del año 2023. (<https://www.argentina.gob.ar/noticias/royon-atucha-ii-se-reparo-en-tiempo-record-gracias-al-talento-argentino>)

enseña que la ingeniería argentina posee tanto las ideas innovadoras como la valentía para afrontar los obstáculos y objeciones que se interponen en su ejecución.

## 2.2. La ingeniería como unión de dos mundos

En toda charla, desde la que es de la índole más informal hasta los círculos más académicos, es inevitable tratar de indagar cuál es la función o la labor propia de un ingeniero. Es habitual oír dos corrientes de pensamientos aparentemente opuestas: por un lado, se representa al ingeniero como un técnico más especializado en algún área, por ejemplo, en la industria, construcción o en los sistemas informáticos, mientras que, por otro lado, se piensa en la ingeniería como un metódico, estructurado y metodista solucionador de problemas. En algo coinciden ambas posturas, en que es una profesión sumergida en normas, métodos y rigurosos procedimientos que convierten al que la ejerce en un seguidor de los protocolos y ejecutor de procedimientos para alcanzar un mismo fin ante distintas situaciones.

En contraposición a lo expuesto, pero también mediando entre ambas posturas, surge la concepción de que, en la realidad, el ingeniero resuelve problemas, en su mayoría complejos, con una fuerte base de herramientas técnicas, así como también mediante el uso de un juicio crítico, como lo destacaba la definición que realiza la ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) sobre la profesión. Esta organización introduce un nuevo elemento a la discusión, muchas veces dejado de lado, pero que sin dudas es parte de los fundamentos de la ingeniería: el buen juicio.

Los problemas dependen de múltiples variables, ya sea de forma directa o indirectamente, e incluso están condicionados por el lugar y momento en el que se presentan. Aquí es donde cumple un gran rol el ingeniero, como el encargado de adecuar las técnicas, mejores prácticas, normas, estándares y otras herramientas metodológicas, a una situación particular para lograr el mejor resultado posible. Y al adentrarse en estas ideas, surgen dos nuevos términos que introducen con mayor firmeza la cuestión relativa: “adecuar” y “mejorar”.

En la definición utilizada por la ABET, la organización destaca que los conocimientos se aplican con juicio para lograr un resultado. No consiste en simplemente aplicar de manera idéntica lo conocido previamente en una nueva situación, sino que debe realizarse razonando qué utilizar y de qué manera para hallar una solución, realizando un juicio previo del problema que se presenta y el contexto en el que se desarrolla.

Esta situación es comparable con lo que debe realizar un juez a la hora de impartir justicia en un caso. A pesar de algunas situaciones particulares en las que es posible aplicar sin más la norma correspondiente, en la mayoría de los casos es necesario que quienes dictan la sentencia realicen un análisis profundo del hecho en cuestión, haciendo uso, no solo de las leyes, sino de su experiencia, de su sentido común como persona, de la moral y de múltiples constitutivos más de la razón humana que suelen ser complicados de identificar y exteriorizar.

De manera similar al ámbito de las leyes, la tarea de los ingenieros se encuentra frente a numerosas tareas comunes en su profesión, que fueron resueltas por ellos mismos, u otros profesionales, por lo que la solución a estos problemas sencillos ya se encuentra en diferentes normas o estándares técnicos o de buenas costumbres. Sin embargo, las carreras profesionales de los ingenieros e ingenieras se forjan cuando deben enfrentarse a grandes proyectos, con una multitud de variables, las cuales pueden haber sido ya estudiadas por separado, pero que en su conjunto forman un complejo sistema de causas y efectos. Por lo tanto, para hallar una solución, el profesional debe recurrir tanto a los estándares y normas del tema que está trabajando, como también utilizar su conocimiento, memoria de experiencias similares, consultas a colegas, ya sea de su propia área como de otras. Aquí es donde se materializa la comparación antes propuesta entre el ámbito de las leyes jurídicas y el de la ingeniería. El ingeniero, al igual que un juez, debe basar sus decisiones en las normas ya establecidas, pero gran parte de su labor no está en la lectura de éstas, sino más bien se encuentra en interpretarlas, aplicarlas y complementarlas con su riqueza personal, compuesta por su propio juicio, su experiencia profesional e ideas.

Con lo anteriormente desarrollado, comienza a vislumbrarse lentamente un componente principal en la tarea del ingeniero, pero que no es posible que sea materializado de manera exhaustiva en libros, estándares, o simplemente en definiciones teóricas. La decisión del ingeniero depende en gran medida de sus conocimientos técnicos, pero también de su capacidad de aplicar su criterio como profesional.

Por otra parte, anteriormente se resaltaba el hecho de que el ingeniero busca el “mejor resultado posible”. Resulta sencillo interpretar que lo “posible” refiere a aquello que es factible realizar, no sólo dentro del marco de las leyes físicas, sino también teniendo en consideración otras variables como las económicas, las culturales, las políticas y otras más que muchas veces son subyacentes, pero de vital importancia. Sin embargo, es importante poner el foco en el

concepto de “mejor”: aquella palabra que suele ser un simple adjetivo en términos gramaticales, pero que a la hora de tomar decisiones es capaz de introducir grandes disidencias.

Cuando se establece que se realizó la mejor obra, o la mejor gestión, o el mejor trabajo, lo que se busca es establecer que lo realizado cumple con los requerimientos y expectativas de la manera más completa, dentro de las restricciones del asunto. Sin embargo, no se habla de un trabajo o resultado perfecto, quienes lo hacen suelen decirlo para exagerar los logros conseguidos, porque, al fin y al cabo, un pequeño cambio en una restricción o nuevos descubrimientos técnicos pueden llevar a que la solución sea superada. Además, dentro de todo problema, en cierta medida grande y complejo, la respuesta que puede ser dada muchas veces lleva a que surjan debates en cuanto a lo que debió sacrificarse para obtener un mejor resultado en un aspecto específico. De forma más pragmática, una solución puede producir un enorme beneficio económico, o ser de gran belleza estética, a costas de provocar un gran impacto ambiental.

Con todo esto, nuevamente se reafirma la idea de un conocimiento que debe poseer el ingeniero, pero que una fórmula matemática no puede resolver, incluso convirtiéndose en algo muy complejo el hecho de intentar expresar en términos algebraicos una función a optimizar que involucre la multiplicidad de variables y condicionantes, y que, en caso de que esto se realice, siempre requerirá de su percepción y razonamiento para que le permita identificar cuáles son específicamente aquellas variables y restricciones que debe gestionar. Por lo tanto, se reafirma aún más la posibilidad de que la ingeniería no solamente sustenta su actuar en la ejecución de saberes técnicos, sino que emerge como un factor muy importante su manera de concebir la realidad, abstraerla, adaptarla a modelos y, con todo este ejercicio de pensamiento, resolver un problema con su multiplicidad de particularidades y circunstancias propias. La relación que hay entre esta capacidad para razonar y la solución alcanzada puede sintetizarse en la siguiente frase: “*The quality of thinking of engineers, and how they think, determines the quality of what they design and produce.*” (Ahern, Dominguez, McNally, O’Sullivan, & Pedrosa, 2019). El resultado obtenido no dependerá solamente de aplicar unas ciertas técnicas, incluso, siquiera la solución que se buscará o que se considerará satisfactoria puede encontrarse por completo en los libros o manuales, sino que dependerá de la mente del que trabaja en el problema, que es quien conoce las limitaciones y priorizará ámbitos o cuestiones para fundar en base a ello la *mejor* solución posible.

Para ejemplificar la relevancia de considerar este factor asociado a la razón, así como también lo relacionado a lograr lo “mejor”, se recurre, a continuación, a la construcción del Paseo del Bajo, una obra de suma importancia de los últimos años en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

### 2.3. Factores en la toma de decisión y la “mejor” alternativa

Ciudades tan concurridas, como lo es la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, presentan un problema central: la conectividad. Los ciudadanos y sus visitantes buscan cruzar las largas y concurridas calles citadinas de la forma más rápida, y con el menor nivel de preocupación y frustración posibles. Circular como peatón es sencillo en una ciudad con cierto orden, pero no es posible alcanzar grandes distancias. La bicicleta comienza a ser una alternativa en las ciudades modernas, pero no es posible alcanzar la rapidez de desplazamiento deseada en la rutina actual, además que la capital argentina cuenta con distancias que suelen ser demasiado extensas. Por lo tanto, para el correcto funcionamiento de las actividades del día a día es necesario recurrir a los vehículos a combustión cotidianos, ya sean los automóviles, así como los camiones para el transporte de mercadería, o los colectivos para el desplazamiento de las personas. Esta realidad conlleva a enormes valores de ingreso vehicular diario, que contribuyen a formar un inmenso tráfico de los 3 millones de personas que transitan la ciudad.

La ciudad porteña argentina cuenta desde hace muchos años con eficientes autopistas que conectan el oeste con el este, desde la provincia de Buenos Aires con las costas del Río de la Plata. El llamado Anillo Vial de la ciudad está formado por los caminos de circunvalación que constituyen las avenidas General Paz al norte y oeste, Cantilo y Leopoldo Lugones al noreste y 27 de Febrero al sur, siendo complementadas por la autopista Illia para el acceso al centro de la ciudad. Además, se buscó aumentar las arterias viales que hicieran más fluido el tránsito inaugurando las autopistas 25 de Mayo y Perito Moreno. Sin embargo, se presentaba el problema de la conectividad entre el norte y el sur, con las particularidades de que la ciudad cuenta con uno de los principales puertos de Iberoamérica, la necesidad de unir los centros de transbordo de Retiro y Constitución, y el traslado constante de mercaderías. En conjunto a todo esto, la situación era agravada por la ausencia de arterias viales en el centro histórico, administrativo y comercial de la ciudad.

Esta problemática fue estudiada durante largos años, pero apenas en la década de 1960 surgió el primer boceto del proyecto llamado “Autopista Ribereña”. A partir de entonces, comenzó el análisis de varias alternativas propuestas, alcanzándose un total de 28 opciones

para intentar lograr la misma solución (Gómez, 2020). Una de las opciones consistía en construir una autopista por debajo de los diques de Puerto Madero, conectándose en sus cabeceras la autopista Illia, Buenos Aires-La Plata y la 25 de Mayo. Finalmente, la elección de la alternativa que hoy en día está construida requirió de diferentes instituciones y entes gubernamentales, y de los aportes de distinguidos arquitectos, ingenieros, entidades e instituciones privadas.

La actual obra Paseo del Bajo consiste en un corredor vial de 7,1 kilómetros que conecta las autopistas Illia, Buenos Aires-La Plata y la 25 de Mayo, tal como se deseaba desde un principio. Se ubica entre la avenida Alicia Moreau de Justo y la avenida Huergo-Madero, estando conformada por dos carriles en cada sentido de circulación, con la particularidad de que es exclusivo para camiones y micros de larga distancia, a excepción de los fines de semana y feriado, que se habilita para los automóviles. Esto permite una mayor agilidad en los accesos al puerto y a la terminal de Retiro, descomprimiendo también el tránsito de vehículos livianos de la zona, ya que, antes de la construcción de esta autopista, el flujo constante de los micros y los camiones pesados provocaban el colapso de las avenidas y calles que no estaban preparadas para la inmensa circulación de vehículos. Por lo tanto, además de la conectividad norte-sur, el Paseo del Bajo ayudó a conectar la zona de Puerto Madero con el resto de la ciudad, ya que antes se presentaba una grieta constituida por las arterias viales colapsadas que representaban un verdadero obstáculo a cruzar.

Retomando su historia, fueron muchos los años en los que el proyecto existía pero que la obra no estaba siquiera iniciada. El ingeniero José Pablo Chelmicki, presidente honorario del Consejo Profesional de Ingeniería Civil en el año 2020, escribió en referencia al Paseo del Bajo que “los costos de la no ejecución de diferentes proyectos superan con creces los costos propios de las obras.” (Guitelman, Dunkerley, Sánchez, & Bersanker, 2020). Luego de esta sentencia, explica que hace referencia a las ineficiencias, contaminación ambiental y baja productividad económica que la sociedad padece por la ausencia de las obras verdaderamente importantes, haciendo referencia a este proyecto de la ingeniería en el que pasaron varias décadas antes que pueda llevarse a cabo y, mientras duró la espera, los embotellamientos y los colapsos viales eran parte de la rutina, afectando a miles de ciudadanos a diario. Sin embargo, a pesar de las pérdidas producidas por la dilatación de la ejecución de la obra, el Consejo Profesional de Ingeniería Civil destaca, como aspecto positivo de la demora de casi 30 años, la aparición de nuevas tecnologías que permitieron una mejor construcción del corredor vial.

Por otro lado, actualmente la obra sigue siendo víctima de varias críticas desde distintos puntos de vista y en diferentes aspectos. El costo económico de la obra es parte de las objeciones, así como también el efecto “isla de calor” que produce la gran extensión de concreto y hormigón (Gómez, 2020).

Siendo el Paseo del Bajo uno de los tantos trabajos realizados, dentro de los incontables ejemplos de los proyectos de ingeniería, permite profundizar en la cuestión de que en toda obra influyen múltiples factores, no sólo el económico, que es el más reconocido y el primero en el que suele pensarse. En el ejemplo descrito, también se mencionan cuestiones ambientales, ya sea por los atascos que se producían antes de la construcción, así como la “isla de calor”, y hay aspectos de índole políticos que provocaron que el proyecto tardase décadas en comenzar a ejecutarse. Esto es señal de que la toma de decisión del ingeniero no está únicamente limitada por las leyes físicas, o que sólo convive con sus planos y cálculos, todo lo contrario, tiene la tarea de involucrar y conciliar múltiples aspectos que puedan llegar a afectar al proyecto, y que es posible que sean, además de los recientemente mencionados, cuestiones relacionadas con la cultura, la sociedad y la tecnología.

Por otra parte, la historia de la construcción de dicho corredor vial narra la multiplicidad de alternativas que surgieron mientras la obra era concebida. Fue necesario descartar 27 opciones para finalmente escoger aquella que luego sería llevada a cabo. En consecuencia, surge una pregunta: ¿las alternativas descartadas no cumplían los requisitos básicos, o simplemente no eran “mejores” que la opción finalmente elegida? Suponiendo que la segunda hipótesis sea correcta, y que se haya escogido “la mejor posible entre todas las propuestas”, ¿cómo es posible que, incluso con el uso de la tecnología de vanguardia, todavía se presenten quejas sobre el resultado final? Si la “mejor” alternativa no es capaz de contentar a todos, esto sugiere que no es sinónimo de “perfecto”. Entonces, es posible sostener que posee una gran influencia subjetiva por parte de quien está analizando o tomando la decisión a la hora de ponderar los requisitos, y así elegir entre alternativas muy similares.

No obstante, justamente por la valoración subjetiva, quien toma la decisión no es capaz de lograr un consenso absoluto sobre la conveniencia de la alternativa escogida. Esto genera disidencias entre los grupos de interés o *stakeholders*, quienes evalúan los beneficios y contras del proyecto de manera diferente. Como resultado, cada grupo o individuo puede aspirar a elegir otra opción, ya que la prefiere en base a sus criterios propios.

En conclusión, tanto para grandes como pequeños proyectos, las decisiones que se toman se ven afectadas por una gran multiplicidad de variables, alguna de ellas más evidentes, como lo es el resultado económico. Estas decisiones, además, recaen sobre el ingeniero, quien, debido a su preparación profesional, resulta ser el más idóneo para afrontar estos desafíos, por lo que también le implica una mayor responsabilidad. Los planes de estudios universitarios, en línea con lo expuesto, tienden a centrar su atención en el área económica de los proyectos, logrando ingenieros con una excelente capacidad para buscar menores costos y mayores beneficios, lo cual no es negativo en sí mismo. Sin embargo, esta postura tiene el riesgo de obnubilar la capacidad crítica de quienes ejercen la ingeniería, centrándolos principalmente en los componentes monetarios, y que pierdan de vista otros factores, que incluso pueden ser vitales para la consecución de los objetivos del proyecto.

El presente trabajo detecta esta realidad expuesta en los ejemplos anteriores, que atañe a la esencia de la ingeniería. En la actualidad, el ingeniero interviene en una gran variedad áreas, desde la construcción o fabricación de los productos más cotidianos, como en el diseño y distribución de prótesis e insumos médicos, o desarrollando los avances tecnológicos que maravillan a toda la sociedad. Por este motivo, los factores presentes en el momento de tomar decisiones están aumentando y complejizándose. Como consecuencia, es necesario realizar un estudio que identifique las variables que actualmente son importantes para alcanzar la “mejor” solución, la cual, tal como se fue desarrollando, se basa en parte en una valoración subjetiva de quien toma las decisiones. Esta valoración integra conocimientos no formales inherentes al propio ingeniero, por lo que es fundamental indagar en la relevancia de su capacidad para combinar en su facultad intelectual, su experiencia, sensaciones, analogías con otros casos y otras cualidades difíciles de describir, siendo todo esto lo que puede llamarse como “intuición” ingenieril.

Este término comenzó a tomar relevancia en el ámbito académico porque constituye una habilidad que todo ingeniero debe dominar, incluso si a veces la emplea de manera inconsciente. Los profesionales lo utilizan a diario en aquellas decisiones que pueden tomar sin recaer en cálculos exhaustivos, o cuando, con sólo algunas aproximaciones, pueden elegir una solución adecuada. Si fuese necesario sustentar de manera integral hasta la más pequeña decisión, en el caso cuando esto fuera posible, el proceso conllevaría mucho tiempo. Pero, como el ingeniero requiere de respuestas acertadas lo más rápido posible, su “arte” requiere de algo más que solo saber qué cálculos hacer.

Por lo tanto, es crucial indagar las variables que influyen en el éxito o fracaso de los proyectos, los ámbitos que deben explorarse para fundamentar la decisión a tomar y la relevancia de la intuición, así como la existencia de otras técnicas no estrictamente metodológicas, en la toma de decisiones del ingeniero ante el problema que tenga que afrontar.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Teoría de sistemas y optimización aplicada al diseño y gestión en ingeniería

Los ingenieros desarrollan su vida profesional tomando decisiones para resolver problemas, prevenirlos y emprender proyectos que mejoren el estado actual sobre lo que trabaja. Esta búsqueda de alcanzar la mejor alternativa no la realiza de manera aislada del mundo o del contexto en el que está inmerso, así como no puede lograrlo con una decisión única, sino que depende del entorno social y tecnológico para tomar un gran conjunto de sucesivas elecciones interrelacionadas. Este panorama se adecua con lo que es un sistema, entendido como un “conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto” (Real Academia Española, 2024). Por este motivo, la toma de decisiones de un ingeniero es mejor entendida desde una perspectiva de sistema, que permite abordar la complejidad y la interdependencia propia de los problemas del mundo real.

Esta concepción de la teoría de sistemas en la ingeniería permite definir ampliamente el uso del juicio ingenieril, que, citando a Giuliano et al. (2022), puede expresarse como: “*An agent A uses judgment if and only if, given a space of possible courses of action C, agent A chooses course of action  $C_i$ , where  $C_i$  is satisfactory according to rationality  $R_j$ ; and  $R_j$  is the rationality that agent A considers the most suitable to reach the ends E, selected within a space of rationalities R by means of critical thinking*”. Este proceso se repite para alcanzar los sucesivos fines E dentro del sistema de la toma de decisiones. Además, la citada definición permite vislumbrar que hay diferentes cursos de acción C para alcanzar el mismo fin E, y que la elección entre uno y otro se basará en aquel  $C_i$  más adecuado para el agente A. Por este motivo, es importante indagar cuál es el aporte del agente A y qué significa que sea el “más adecuado”.

Por un lado, el agente que toma las decisiones lo realiza él mismo, de forma íntegra, de manera tal que aquel que elige lo hace con todo su ser y lo que ello implica. En otras palabras, cuando el ingeniero selecciona una alternativa u otra, lo hace la persona que porta el título, y no solo la faceta “profesional” del sujeto, como si fuera posible escindir al ser humano en distintas partes según el ámbito en el que se encuentra. Entonces, el agente A influye en la decisión que se tomará directamente, de forma consciente o, incluso, inconsciente. Hazelrigg y Saari (2022) sostienen que los sistemas ingenieriles “*are more likely to be preference-based than based on physical principles or ‘laws of nature’*”, siendo una preferencia “*a statement*

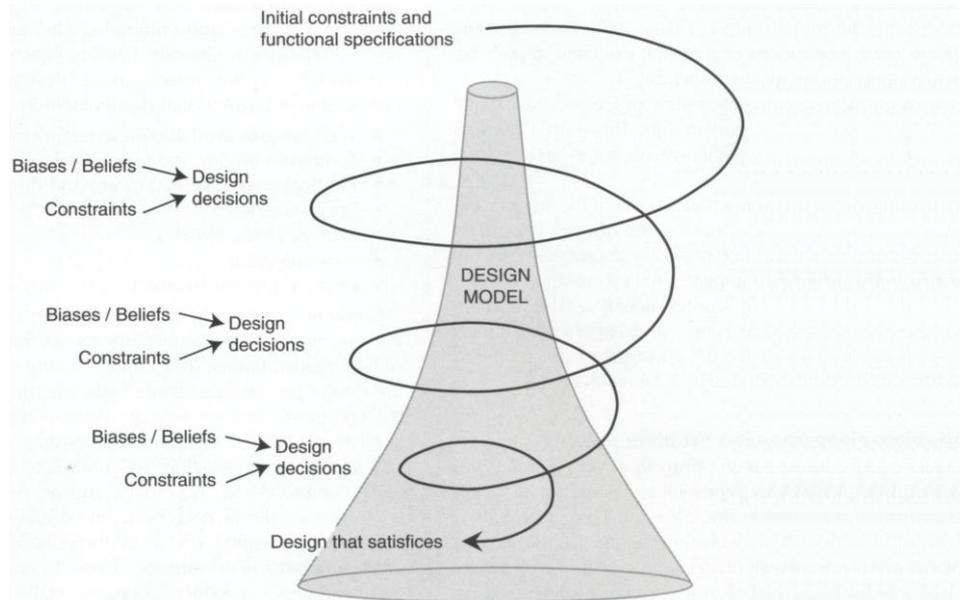
*made by a decision maker that rank orders outcomes by desirability in the mind of the decision maker*”, por lo que es un concepto “*entirely subjective*”.

En la búsqueda de lograr un diseño óptimo del sistema ingenieril, algunas corrientes de pensamiento sostienen que hay que reducir el nivel de preferencias en la toma de decisiones. Sin embargo, esto no produciría otra cosa que una restricción y una limitación nunca produce un resultado óptimo (Hazelrigg & Saari, 2022). El enfoque que se debe considerar es otro, uno en el que las preferencias deben estar ante la inminente existencia de los limitantes, ya que las restricciones simplemente definen las alternativas que no están permitidas, mientras que las preferencias permiten llevar a cabo la elección. Entonces, es importante el desarrollo de un correcto conjunto de preferencias del profesional que lo posibiliten a evitar ciertas restricciones y lograr un mejor resultado.

Por otra parte, es necesario indagar qué significa elegir la alternativa “más adecuada”. Este término se relaciona con el concepto de “lo mejor”, que es muy difundido al plantear los objetivos de una decisión ingenieril: “*I want the best system I can get*”. En cuanto a esto, para hablar de “mejor” es necesario un agente que tenga una preferencia (Hazelrigg & Saari, 2022). Puede ser tan sencillo como desear ganar la mayor cantidad de dinero posible, permitiendo esta simple manifestación elegir entre distintas alternativas. Sin embargo, en la realidad, el sujeto posee una gran variedad de preferencias que conviven en simultáneo, aunque solo sea consciente de algunas pocas e incluso exteriorice muchas menos, Hazelrigg y Saari (2022) sostienen que una decisión bien considerada y racional tiene que ser preferida por el agente.

Finalmente, tal como la definición de sistema lo requiere, las preferencias, restricciones, decisiones y el propio agente son parte de gran conjunto. El diseño en la ingeniería engloba estos componentes y constituye un sistema iterativo de toma de decisiones. Para poder partir de una idea general a lograr un resultado bien definido y real se requiere de estar tomando múltiples decisiones que permitan ir alcanzando los fines E, según el proceso descrito por Giuliano et al. (2022). El diseño se convierte en un proceso recursivo debido a la simultánea satisfacción y propagación de restricciones: cuando se logra cumplir con una restricción, una nueva aparece (Jonassen, 2008). Esta realidad produce que los grados de libertad se reduzcan, haciendo que el diseño converja a una solución que satisfaga un gran número de limitantes. Además, otros componentes de este sistema de decisiones son el sujeto que realiza las elecciones, sus creencias y preferencias. Esto produce que se integre el lado cognitivo que

involucra a las restricciones con el lado afectivo de la persona que está actuando. La siguiente imagen ilustra este proceso.



**Imagen 1.** Sistema del proceso iterativo de diseño y sus componentes (Jonassen, 2008)

### 3.2. Concepto y definición de juicio

En el desempeño habitual de un proyecto o de una parte de éste, el ingeniero o ingeniera a cargo tiene un grupo de trabajo que plantea los problemas a resolver y que espera soluciones. En algunos casos, estas soluciones pueden esperar y ser debidamente fundamentadas con extensos procedimientos metodológicos, cumpliendo el procedimiento académico que se enseña en las universidades. Sin embargo, muchas de las situaciones que presenta la vida profesional ingenieril requieren de una respuesta rápida y, en el mejor de los casos, aproximada a aquella que será la definitiva. Entonces, el ingeniero se encuentra ante el dilema de buscar de alguna forma conseguir cierto tiempo que muy pocas veces se consigue; o puede basarse en su “corazonada”, “sexto sentido”, “instinto” o cuanto otro sinónimo pueda aplicarse a ese conocimiento que el profesional posee y que le permite sortear velozmente la problemática con una respuesta muchas veces de gran valor. En términos académicos, este presentimiento originado de la experiencia y habilidad del profesional es denominado intuición.

La intuición es un concepto que conlleva mucha bibliografía por su surgimiento espontáneo en el actuar humano y por su aplicación reconocida en otras profesiones. Sin embargo, particularmente en la ingeniería, los intentos por definirla y convertirla en un concepto más cercano de sintetizar y enseñar han sido escasos. Ante este panorama, se cita una definición

que conserva la generalidad requerida por la propia ingeniería: *“Intuition has been described as leveraging experience, feelings, and emotions to make decisions as well as affectively charged judgments that arise through rapid, unconscious, and holistic associations”* (Miskioğlu, y otros, 2023).

De la definición citada, es importante hacer hincapié que menciona los sentimientos y emociones dentro del proceso de la toma de decisiones en la ingeniería, ambiente que suele considerarse como frío y calculador. Además, como tercer sustento de la intención destaca a la experiencia. Por otra parte, involucra a la intuición en aquellos juicios, o prejuicios, que permiten aquellas respuestas rápidas, al integrar toda la situación de manera genérica y que, muchas veces, actúa de manera inconsciente. En definitiva, los autores citados plantean una utilidad de la intuición tanto para lo que puede ser más superficial o inmediato, así como aquello que es lo más substancial de los proyectos, en la toma de las decisiones más vitales, introduciendo allí también el distintivo subjetivo que aporta el profesional a cargo de las decisiones.

En el análisis de la esencia de los proyectos, en compañía de la intuición, el ingeniero debe poder hacer uso de su criterio que le permita aceptar o rechazar conceptos, ideas o juicios. Más allá de las cuestiones accesorias o accidentales, en términos filosóficos, que atañen los proyectos, el actuar ingenieril es puesto a prueba en aquellas decisiones que pueden condicionar la vida del proyecto o que pueden cambiar su rumbo, produciendo resultados muy distintos según la alternativa que se opte. Por ejemplo, es más trascendente elegir y diseñar correctamente el sistema de distribución de agua de una planta industrial en función de sus requerimientos antes que deliberar en la elección de tal o cual marca de los caños, cuyas características son similares. Ante tales decisiones cruciales y complejas, el ingeniero que posee al menos algo de experiencia puede comenzar a descartar o considerar, según corresponda, diferentes alternativas de manera rápida y acertada, ya que es capaz de identificar y predecir qué opciones funcionarán y cuáles están destinadas no ser de utilidad en las condiciones que se presenta el problema. Esta capacidad de discernir se denomina pensamiento crítico, que también es conocido como el criterio que posee el profesional.

Dentro del esfuerzo por conceptualizar esta habilidad inherente a la ingeniería y a cada persona, se han desarrollado distintas definiciones. Una de ellas sostiene que el pensamiento crítico es la determinación cuidadosa y deliberada de si debemos aceptar, rechazar o suspender el juicio sobre una afirmación, y del grado de confianza con la que la aceptamos o la

rechazamos (Ceylan & Lee, 2023). Este discernimiento de ideas nos permite examinar el propio pensamiento y el de los otros, pudiendo aclarar la comprensión de la realidad, tal como sostienen los autores mencionados, quienes además afirman que esta habilidad es de vital importancia, ya que nuestra vida depende de lo que creemos.

En consonancia con lo anterior, Adair y Jaeger (2016) abordan la definición de pensamiento crítico en función de los estudiantes de ingeniería y amplían el rango de aplicación que tiene al recomendar que los alumnos deben ser capaces de “*assess and apply different views of the relationship between science, technology and society; consider rights, justice, freedom and ethics and illustrate their relation to engineering practice; and compare and critique local and global technological practices*”. Con estas palabras buscan incluir distintos aspectos que, aunque no son propios de la ingeniería, interactúan con ella directa y constantemente, denotando que el pensamiento crítico no es solo pensar claramente, sino que también requiere de conectar diferentes cuestiones subyacentes, poco conectadas o aparentemente inconexas.

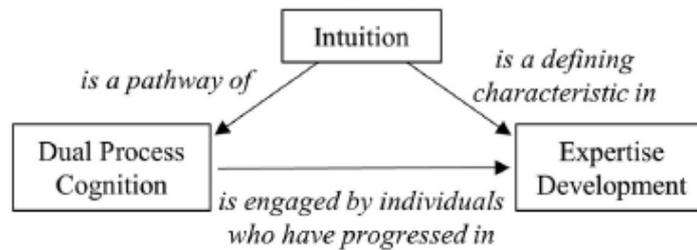
### 3.3. Relación entre intuición, experiencia y desarrollo profesional

Miskioğlu (2023) menciona en su definición de la intuición antes citada que hay un aprovechamiento de la experiencia por parte del ingeniero y ella es parte constitutiva de la intuición. En otras palabras, el profesional ingenieril de mayor experiencia tendrá una intuición más desarrollada, lo que le permitirá tomar decisiones correctas más rápidamente.

El ingeniero o ingeniera recibe su título luego de haber estudiado una gran cantidad de conceptos académicos, tantos generales como particulares de su orientación, pero sus primeros pasos profesionales son como novatos en el área, con el objetivo que adquieran experiencias de los problemas que pueden observar o verse involucrados. Con el transcurso de los años, comienza a adquirir experiencia y todo su conocimiento teórico se ve enriquecido por sus experiencias vividas. Con el tiempo, el ingeniero comienza a resolver basándose en su experiencia, ya que “*experience recommends solutions*” (Jonassen, Strobel, & Lee, 2006). Por este motivo, Francis et al. (2022) destacan que múltiples estudios indican que, ante mayor complejidad de la situación, los individuos optan por recurrir a su experiencia o a la de otros para resolverla. Entonces, la experiencia desarrolla la intuición y, a su vez, es el camino para el crecimiento profesional.

Sin embargo, sería un error asumir que el desarrollo profesional depende únicamente de la experiencia. Miskioğlu et al. (2023) mencionan otros factores para lograr la pericia como ingeniero, siendo éstos la habilidad de aprender de la retroalimentación propia como externa,

la capacidad de crear rápidamente asociaciones o realizar simulaciones mentales y la automaticidad. Estos componentes de la pericia ingenieril pueden considerarse como parte del pensamiento crítico, el cual, en conjunto con la intuición, conforman un sistema dual de cognición. Es posible resumir estas relaciones en la siguiente imagen.



**Imagen 2.** Relación entre experiencia, sistema dual de cognición y pericia (Miskioğlu et al., 2023)

Con el objetivo de reforzar la importancia de la experiencia y la intuición, se han realizado estudios que comparan la resolución de problemas de un estudiante de ingeniería respecto con un profesional experimentado. Éstos han demostrado que el primer grupo mencionado sostiene que el enfoque técnico es el principal componente para tomar decisiones correctas, mientras que el intuitivo solo cumple un rol complementario o, incluso, no desempeña ningún papel. En contraposición, los profesionales con experiencia reconocen que el punto de vista técnico es limitado, por lo que consideran necesario un enfoque intuitivo. (Leonard, Guanés, & Dringenberg, 2023). Además, a la hora de resolver problemas, los estudiantes analizan el éxito de sus soluciones en base a criterios técnicos, pero los ingenieros experimentados reconocen que generalmente no conocen el camino que los conduce a la mejor alternativa y que el problema involucra múltiples factores, por lo que inevitablemente requieren de utilizar su juicio profesional o confiar en su experiencia. (Jonassen, Strobel, & Lee, 2006).

Por este motivo, distintos autores buscan incluir en el plan de estudios de las universidades diferentes métodos que acerquen más al estudiante a la realidad que deberá enfrentar. Ahern et al. (2019), por ejemplo, proponen actividades similares a la realidad, tal como el estudio de casos, debates y, especialmente, la técnica PBL (*Problem-Based Learning*), ya que sostienen que “*The quality of thinking of engineers, and how they think, determines the quality of what they design and produce*”.

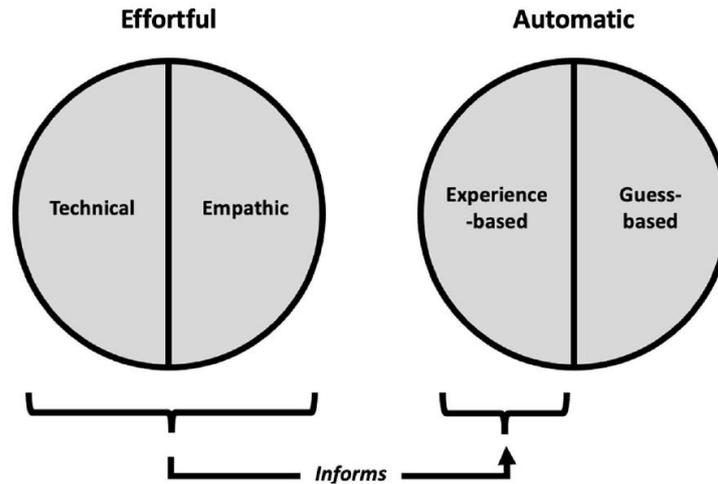
### 3.4. Procesos cognitivos duales en el pensamiento crítico y la intuición

Tanto el pensamiento crítico como la intuición se encuentran dentro de la estructura mental del ingeniero y le permiten llevar a cabo la toma de decisiones. Para profundizar en la relación

que tienen entre sí, es interesante abordar la perspectiva del proceso dual de cognición (*Dual Process Cognition*). Esta teoría se basa en dos mecanismos opuestos presentes en el funcionamiento de la mente. Por un lado, considerando la velocidad del pensamiento, se sostiene que hay un Sistema 1 que es rápido, intuitivo y emocional, por el otro, existe un Sistema 2 que es reflexivo y lento. La intuición suele vincularse con la velocidad del Sistema 1 (Miskioğlu et al., 2023). Mientras que el pensamiento crítico lo hacen con el Sistema 2, ya que valida las decisiones del otro sistema mediante un análisis más lento y detallado.

Además, estos autores distinguen entre las formas de procesar la información que tienen los individuos: una manera más lógica y racional, basada en la evidencia, y otra experimental, automática e irracional, aclarando que “irracional” es equivalente a que no está basado en la evidencia directamente. De este modo, se asemeja la intuición a la forma más experimental, mientras que puede asumirse que el pensamiento crítico se relaciona con la manera más racional de procesar lo que se conoce. Por último, los autores contrastan dos maneras de recibir información. Por un lado, hay un procesamiento sistemático que involucra una alta implicación de las tareas cognitivas que requiere de más recursos mentales y de tiempo de análisis, mientras que el procesamiento heurístico requiere de una baja implicación cognitiva. Debe entenderse por heurístico a un procesamiento de la información basado en atajos mentales, que requiere menor cantidad de tiempo o recursos disponibles. Es por esto que se asocia la intuición a esta segunda forma más simplificada y rápida de tomar decisiones.

El Sistema 1 de pensamiento es considerado como “automático”, debido a su rapidez y uso de un “presentimiento” (*gut-feeling*) sobre experiencias pasadas, mientras que el Sistema 2 se relaciona con un enfoque de “esfuerzo” por ser más lento y requerir de un proceso consciente de análisis (Leonard, Guanés, & Dringenberg, 2023). Con el fin de dar una mayor claridad a cada uno de los procesos cognitivos, los autores estipulan cuatro subgrupos de enfoques necesarios para la toma de decisiones, estando dos subgrupos en cada sistema de pensamiento. Dentro del enfoque de esfuerzo ubican a los subgrupos técnicos, siendo los primeros un análisis de la decisión desde un punto de vista ingenieril, y los segundos son empáticos, que corresponde a analizar la alternativa considerando cómo afectará a los otros. Y, por otro lado, en el enfoque automático se define primero el subgrupo de basado en la experiencia, que sustenta la decisión en una intuición surgida de experiencias pasadas, y segundo el basado en suposiciones, el cual permite tomar decisiones en base a una conjetura sin información y corroborar si funciona. Cabe destacar que el enfoque basado en la experiencia es alimentado por los análisis realizados por el subgrupo técnico y el empático.



**Imagen 3.** Subgrupos en el proceso cognitivo dual (Leonard, Guanes, & Dringenberg, 2023)

Sin embargo, a pesar de la distinción posible entre ambos enfoques de procesar la información, su integración es esencial. Un proyecto sin intuición es lento y muy difícil de ajustar a cambios del contexto, mientras que uno sin pensamiento crítico puede desarrollar ideas difícilmente aplicables a la realidad. En el ámbito empresarial, esta combinación puede notarse cuando la organización dispone que los mismos empleados que realizaron la estrategia sean parte de la implementación, permitiendo una retroalimentación basada en la experiencia (Sistema 1); y, al mismo tiempo, la compañía debe disponer de un proceso formal y estandarizado para analizar y registrar lo aprendido (Sistema 2) (The Economist Intelligence Unit, 2013).

### 3.5. Estructura y factores del pensamiento

El ser humano se distingue de las demás especies por su capacidad racional, de pensar y elaborar juicios complejos. Niewoehner (2006) destaca elementos que están siempre presentes, en algunos casos más que en otros. Según este autor, “*whenever we think, we think for a purpose within a point of view, based on assumptions, leading to implications or consequences. We use data, facts and experiences, to make inferences and judgments, based on concepts and theories, to answer a question or solve a problem*”.<sup>4</sup> Estos ocho componentes son aplicables a cualquier ámbito, pero en ingeniería permiten confeccionar preguntas que mejoran el análisis. A su vez, a través de estos elementos es donde los factores externos e internos al sujeto influyen en su pensamiento.

---

<sup>4</sup> Subrayado propio.

Los factores que influyen al pensamiento y al juicio del ingeniero pueden ser separados en dos grandes grupos: factores internos y factores externos. Los internos son aquellos propios del sujeto, que corresponden con sus características personales y procesos cognitivos. En cambio, los factores externos provienen del entorno en el que se lleva a cabo el juicio y la toma de decisión, estando involucrado desde el contexto hasta las condiciones específicas del trabajo.

En cuanto a los factores internos, la experiencia cumple un rol central. Tal como se describió anteriormente, las experiencias vividas conforman una manera de pensar, enseñan los métodos para resolver y proponen soluciones haciendo analogía con casos similares. Además, en conjunto con la experiencia, es importante el respaldo por lo que el sujeto cree de sí mismo. Francis et al. (2022) sugiere que *“part of making and negotiating engineering judgments is the process of being recognized – by oneself and others – as someone who can make engineering judgments”*. En otras palabras, al momento de tomar decisiones, el pensamiento del ingeniero se ve influenciado por la percepción propia como alguien que puede emitir juicios y actuar sobre asuntos abiertos y ambiguos.

Por otra parte, los factores externos se deben a que el trabajo del ingeniero se centra en realizar complejos razonamientos dentro de un gran rango de las dimensiones técnicas, sociales y retóricas (Francis, Paretti, & Riedner, 2022), pudiéndose entender al último ámbito mencionado como aquel que se relaciona con el aspecto de transmitir el juicio elaborado con el grupo más cercano. En un sentido más amplio, Miskioğlu et al. (2023) definen a los factores externos como aquellos que *“are external to intuition and the problemsolving process”*. En cuanto a esto, los autores distinguen dos grandes grupos, las restricciones y los resultados, mencionando que los resultados obtenidos enseñan al ingeniero, favoreciendo en su desarrollo profesional, mientras que las restricciones, como por ejemplo el tiempo, el dinero y la seguridad, aplican presión al problema y originan que se recurra a la intuición.

El entorno organizacional en el que se desenvuelve el profesional afecta directamente a sus razonamientos y decisiones. Debido a que su trabajo suele realizarse dentro de una estructura empresarial, la cultura y el ambiente laboral influyen en la búsqueda de soluciones. Esto se refleja en que el ingeniero sabe que no podrá optimizar o resolver en base a un total entendimiento de la situación, por lo que estará satisfecho con lograr lo mejor posible en función de los objetivos que tenga la cultura en la que está (Giuliano et al., 2022). Esto implica que la toma de decisiones de un mismo ingeniero puede producir diferentes resultados según el entorno donde opere. Por ejemplo, empresas donde la alta gerencia no se involucra en las

iniciativas estratégicas, habiendo una escasez de liderazgo y, por consecuencia, de proactividad por parte de los empleados, conlleva a que solo puedan implementar correctamente el 47% de sus estrategias, respecto al 59% de éxito que tienen aquellas empresas que sí brindan el apoyo necesario (The Economist Intelligence Unit, 2013). Este caso muestra cómo las personas y la cultura organizacional influyen en aquellas decisiones que un ingeniero puede desarrollar.

Sin embargo, aunque el entorno organizacional inmediato es el lugar donde las ideas se desarrollan, estas se implementan en su mayoría en la sociedad. Por lo tanto, si el resultado de la toma de decisiones influye a las personas fuera de la empresa, entonces el ingeniero debe considerar más factores que solo lo referido a la compañía en la que trabaja. Ferguson (2023) desarrolla los conceptos de *small world*, refiriéndose al pequeño entorno organizacional, y *large world*, que es un entorno más amplio y difuso, el cual abarca temas sociales, de comportamiento humano y medioambientales. En esta necesidad de ampliar el entorno considerado, aparece otro factor que condiciona el pensamiento del ingeniero: la incertidumbre. La imposibilidad de conocer la totalidad del impacto de las decisiones en el comportamiento humano influye en lo que piensa el profesional y lo obliga a combinar el análisis cuantitativo con el juicio o intuición ingenieril.

En definitiva, el pensamiento del ingeniero no es una realidad impermeable a aquello que sucede en el interior del profesional o en el mundo que lo rodea, sino que lo nutre y limita en cada circunstancia. Los ocho elementos del pensamiento expuestos por Niewoehner (2006) se enriquecen y fortalecen en la experiencia y la propia estima del ingeniero, mientras que el mundo que lo rodea le impone restricciones de tiempo, incertidumbre, dinero y seguridad, entre otras. Además, la cultura organizacional donde se lleva a cabo la toma de decisiones afecta al desarrollo del pensamiento, desviando principalmente el objetivo hacia las preferencias de la organización, y, cuando busca pensar más allá, se encuentra con la incertidumbre propia de no poder conocer la totalidad del *large world*, que incluye al comportamiento humano de la sociedad, al medioambiente y todo aquello que se presenta en la realidad fuera de las paredes de la empresa.

### 3.6. La retórica en el aspecto social del juicio ingenieril

El ingeniero comúnmente lleva a cabo su labor en una organización, en la que integra un grupo de trabajo, y las decisiones que toma tienen un cierto grado de exposición social. Por este motivo, el juicio ingenieril no debe desarrollarse tan solo en los aspectos que le permite nutrirse, como la experiencia, las analogías con casos similares o la información teórica, sino

que también es importante la capacidad de edificar relaciones interpersonales. En cuanto a esto, Francis (2022) destaca la naturaleza social del trabajo de la ingeniería, en la que “*communication plays a central role and the disposition to render judgments also always involves the recognition of the capacity to express, defend, and negotiate those judgments*”. Esta habilidad para expresar el juicio y convencer sobre su corrección se la denomina retórica<sup>5</sup>.

Un parte importante de cualquier trabajo o proyecto de ingeniería incluye implementar lo que previamente fue diseñado, siendo necesario lograr un consenso en el diseño a concretar, lo cual demanda un extenso tiempo de discusión para descartar alternativas posibles. Estos pasos sucesivos involucran a varias personas, que poseen sus propias experiencias, creencias y preferencias, y esto complejiza el alcanzar la conformidad de todos con una única solución. Ante este panorama, el ingeniero debe ser capaz de convencer a quienes lo rodean, y en esta ardua misión, el juicio ingenieril cumple un rol principal. Dicho juicio, además de ser un proceso cognitivo de razonamiento, “*is made and validated in and through communication*”. Esta validación se hace tanto para las demás personas como para el propio sujeto, y esta habilidad para alcanzar un consenso o acuerdo presupone que hay algo comunicable, por lo que el juicio no es meramente subjetivo o privado, es decir, “*judgment is social*” (Weedon, 2019).

Ante esta realidad que contempla más allá del sujeto e involucra a las demás personas, Weedon (2019) advierte que, aunque el juicio ingenieril es definido en varios estudios solamente desde la perspectiva cognitiva, dichas descripciones “*are not sensitive enough to the sociotechnical environments where judgment is done*”. Entonces, el autor está marcando la inevitable y necesaria complementariedad de los dos mundos o facetas del juicio ingenieril: por un lado, la parte cognitiva e interna del sujeto, que permite analizar y decidir; por el otro, la habilidad narrativa para expresar, debatir y convencer a sí mismo y a los demás del juicio realizado. Esto permite que el ingeniero pueda resolver problemas con una incertidumbre irresoluble haciendo uso de un proceso narrativo que combine el análisis cuantitativo con el juicio ingenieril. Esta narración permite encontrar coherencia en su pensamiento y dar un sustento a su decisión (Ferguson, Drobac, & Bryden, 2023).

La capacidad retórica y de elaborar una narrativa convincente influye a toda la disciplina de la ingeniería. En primer lugar, en un ámbito laboral, los equipos de trabajos deben hallar

---

<sup>5</sup> Definición de retórica: “Arte de bien decir, de dar al lenguaje escrito o hablado eficacia bastante para deleitar, persuadir o conmover” (Real Academia Española, 2024).

respuesta a un mismo problema. Por más capaces que sean cada uno de los miembros, Jonassen et al. (2006) sostienen que “*knowledge is often useless unless it is shared*”, por lo que reconocen como importante que los ingenieros desarrollen sus capacidades de comunicarse para una mejor resolución de problemas. Además de que sean capaces de comunicar, es importante cómo lo hacen. Según afirma Francis et al. (2022), la capacidad para que el ingeniero o ingeniera se reconozca y sea reconocido por el grupo como alguien capaz de hacer juicios se logra también mediante el lenguaje. Por último, en cuanto al desarrollo del propio arte de la ingeniería, en los círculos más académicos de la disciplina, la narrativa permite estructurar la investigación, dar forma a las preguntas y permitir a los investigadores relacionar sus conocimientos con una comunidad más amplia (Berry, 2021).

### 3.7. La relación del juicio ingenieril con las decisiones éticas

En distintas profesiones, el uso de la intuición es ampliamente reconocido e incluso se vincula con el trabajo cotidiano. La medicina, la administración de negocios e incluso la abogacía, donde las leyes parecen ser lo predominante, reconocen la utilidad de la intuición por parte del profesional. Incluso, los estudios sostienen que la intuición de los jueces tiene gran influencia en las decisiones que toman (Miskioğlu et al., 2023). En estas profesiones también es posible reconocer que tiene un gran peso la ética en cada decisión: un médico debe decidir entre ciertas maniobras contemplando los derechos del paciente, se debe administrar una empresa de forma que haya transparencia y cuidado de la comunidad, y el abogado debe defender lo justo. Por lo tanto, por ser una profesión como las anteriores y por el gran campo donde afectan las decisiones que toma, sería absurdo considerar que la ingeniería nada tiene que ver con la ética.

Es importante considerar el aspecto ético a la hora de abordar todo lo relacionado a las decisiones, la intuición y el pensamiento crítico en la ingeniería. Las acciones del ingeniero están en constante interacción con factores sociales, tecnológicos, culturales y medioambientales, los cuales involucran a las personas y al mundo y, por consiguiente, demandan de decisiones que obren correctamente según un punto de vista ético. Decisiones que en sí misma son malas han producido tecnologías que han perjudicado sociedades y dañado la naturaleza. De forma determinante se afirma que “*there is no good engineering, no good science, and so on without good judgment and no good judgment in these disciplines without ethics*” (Davis, 2012). Davis sostiene que “enseñar la ética es enseñar la disciplina”, dado que ellas forman parte fundamental de la profesión. Además, aclara que se refiere a la ética como

aquella conducta aceptada o estándar de un grupo por el simple hecho de pertenecer a él, por lo que los hombres y mujeres de la ingeniería deben conocer sobre la ética de su profesión y no la ética médica o similares.

Por lo tanto, hay una constante interacción entre la ética y el juicio ingenieril. Esta vinculación mutua se basa en que la ética constituye un correcto juicio, lo nutre y permite que se vaya formando correctamente, tal como sostiene Davis (2012). No obstante, un buen juicio también permitirá que se logren decisiones moralmente correctas. En cuanto a esto, Weedon (2019) sostiene que el “*engineering judgment governs the appropriate and ethical application of engineering knowledge*”. El juicio del ingeniero será el encargado de situarlo frente a la sociedad e indicarle el correcto camino para obrar, ya que la ingeniería es para el bien de la sociedad y debe responder frente a ella. Por ello es por lo que se ha prestado especial atención a la toma de decisiones éticas en la ingeniería, el impacto social de la tecnología que desarrolla y la postura del profesional frente a la justicia social (Adair & Jaeger, 2016). Entonces, el juicio ingenieril, además de lo que fue desarrollado anteriormente, contiene la habilidad de reconocer las responsabilidades éticas y profesionales de la ingeniería en los entornos globales, económicos, medioambientales y sociales en los que se desarrolla (Weedon, 2019).

## 4. HIPÓTESIS, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

La formulación de hipótesis es una etapa de suma importancia dentro del proceso de una investigación científica, especialmente dentro de un campo tan dinámico y multifacético como la ingeniería. Una hipótesis bien planteada actúa como un faro que ilumina el camino del investigador, orientando el enfoque hacia áreas específicas que requieren análisis y exploración. Por otro lado, establecer objetivos claros es una práctica indispensable que se complementa con la formulación de la hipótesis. La claridad en los objetivos proporciona dirección y propósito a la investigación, facilitando la identificación de las preguntas relevantes que deben abordarse. Sin objetivos bien definidos, el estudio puede volverse difuso y perder su enfoque, lo que podría resultar en la recolección de datos irrelevantes o, peor aún, en la confusión sobre los hallazgos.

En esta investigación, la hipótesis subyacente señala que dentro de los saberes ingenieriles ocupa un rol central la competencia del “buen juicio”, la cual incluye aspectos técnicos-instrumentales-objetivos junto con otros sociales-actitudinales-subjetivos, los que configuran una forma de “racionalidad ampliada” que hace que el proceso no sea susceptible de ser totalmente reducido a un algoritmo, resaltando que, a pesar de lo declarado sobre este aspecto, todavía falta mucho por indagar y dilucidar respecto del concepto del buen juicio ingenieril. Además, se estudiará el impacto de la experiencia a lo largo de la toma de decisiones y en la conformación de la intuición.

Por otro lado, el objetivo principal de la investigación es contribuir a dilucidar, mediante estudios empíricos, las características epistemológicas de los saberes ingenieriles que se encuentran presentes al momento de la toma de decisiones tecnológicas concretas.

La metodología o diseño de la investigación será del tipo exploratoria-descriptiva con trabajo de campo. Se identificarán y definirán variables cuantitativas y cualitativas. Los instrumentos de recopilación de la información serán encuestas y entrevistas.

El trabajo de campo se realizará sobre la población de graduados de ingeniería que cumplan las siguientes condiciones:

- ❖ Graduados de la UCA de las carreras Ingeniería Industrial, Ingeniería Civil e Ingeniería en Informática, con fecha de graduación a partir de 2008.
- ❖ Que haya, o estén desarrollando, actividades profesionales relacionadas con la concepción, planificación, ejecución y gestión de proyectos de ingeniería.

Para evaluar cuales son los aspectos más importantes de la toma de decisiones de los ingenieros, se hará uso de una herramienta denominada el “Diagrama de Pareto”. Esta herramienta gráfica, la cual se basa en varios principios que se detallan en el apéndice, permitirá diferenciar porcentajes particulares y acumulados de los distintos factores que alteran los proyectos de ingeniería.

#### 4.1. Desarrollo de cuestionario

Los diferentes elementos que se encuentran dentro del marco teórico y que intervienen dentro de la toma de decisiones serán tenidos en cuenta en esta investigación. Por ello, en esta primera parte de la investigación, se optó por un cuestionario como la mejor alternativa para evaluar el comportamiento de ingenieros e ingenieras ante determinados proyectos laborales.

Para el trabajo de campo, se buscó plasmar las experiencias y accionares en proyectos realizados en los respectivos trabajos de los graduados en la UCA. Para ello, se planteó un desarrollo de preguntas precisas acerca de los factores que aparecieron, tanto en proyectos considerados como “exitosos” y “no exitosos” (entendiendo como “exitosos”, aquellos que lograron cumplir con las expectativas u objetivos establecidos, y “no exitosos”, aquellos que no lo lograron).

Planteada la idea, se desarrolló un formato del mismo cuestionario de manera tal que fuera lo más llevadero posible para aquellos que los contestarán y relativamente sencillo para que se puedan sacar conclusiones a partir de las respuestas de los ingenieros.

El cuestionario se dividió en 2 grandes secciones. Como introducción, previo a las 2 partes principales, se pidió a los encuestados que comentaran algunos datos biográficos básicos. Dentro de estos datos, se encuentran características como:

- ❖ Nombre y apellido.
- ❖ Título de grado.
- ❖ Año de graduación.
- ❖ Títulos de posgrado (si es que los hubiere).
- ❖ Principales cargos y tareas desarrollados en su trayectoria profesional.

Todas estas características permiten una mayor caracterización del encuestado y, ante posibles incógnitas que surgen a lo largo del análisis de los datos de las respuestas de ellos,

permiten resolver dudas. Por otro lado, se establece una clara separación entre los perfiles más seniors y los perfiles más juniors, que recién se están incorporando al entorno profesional. De la misma manera, se separan el título de grado de los ingenieros.

En la primera parte, se hace énfasis en algún proyecto exitoso en el que el encuestado o encuestada haya participado. Primero, se pide que complete con el nombre que se le haya dado al proyecto y el año en el cual fue ejecutado el mismo, o en caso contrario, el período de años dentro del cual se llevó a cabo. Luego, se solicita una descripción de alrededor de 300 palabras, relatando la idea principal del proyecto, las distintas variables que se tuvieron en cuenta y los resultados a los cuales se llegaron. Finalizada esta parte, se pasa al análisis de las herramientas utilizadas a lo largo de la etapa de diseño del proyecto. Para este caso, se les pide a los profesionales que marquen con una “X” las metodologías utilizadas. Se dieron las siguientes opciones:

Cálculo matemático simple	
Cálculo matemático avanzado	
Simulación computacional simple	
Simulación computacional avanzada	
Modelado físico	
Análisis probabilístico	
Gestión del riesgo	
Teoría de propagación de errores	
Consulta de normativas específicas	
Aplicación de certificaciones	
Consulta interdisciplinar	
Otras (especificar cuáles)	

**Tabla 1.** Metodologías de proyectos exitosos.

Por otro lado, a continuación de la selección de las herramientas utilizadas, se les pide a los ingenieros que seleccionen alguno de los siguientes criterios con una “X”, si es que los tuvieron, para el proyecto en cuestión:

Analogías con casos previos	
Consultas con “expertos”	
“Intuición” ingenieril	

Aproximación (“rules of thumb”)	
Indecidibilidad (“tirar la moneda”)	
Razonamiento no convencional (1)	
Otros (especificar cuáles)	

**Tabla 2.** Herramientas de proyectos exitosos.

Finalmente, para cerrar la parte de los proyectos exitosos por parte de los ingenieros, se pedía completar con un porcentaje de ponderación qué indicadores fueron tomados como relevantes para la toma de decisiones. Se dio una serie de opciones que se describen a continuación:

Económicos	
Medioambientales	
Sociales/culturales	
Laborales	
Pragmáticos	
Tecnológicos	
Temporales (“time to market”)	
Otros (especificar cuáles)	

**Tabla 3.** Indicadores de proyectos exitosos.

En la segunda parte, se hace énfasis en algún proyecto fallido o no exitoso en que el encuestado o encuestada haya participado. Primero, se pide que complete con el nombre que se le haya dado el proyecto y el año en el cual fue ejecutado el mismo, o en caso contrario, el período de años dentro del cual se llevó a cabo el mismo. Luego, se pide una descripción de alrededor de 300 palabras, describiendo la idea principal del proyecto, las distintas variables que se tuvieron en cuenta y los resultados a los cuales se llegaron. Finalizada esta parte, se pasa a lo que son el análisis de los tópicos que se vieron relacionados a la ausencia de éxito en el proyecto en cuestión. Para ello, se da una lista de causas posibles, a los cuales se les pide a los ingenieros que marquen con “X” aquellos que sintieron que influyeron en el fracaso de dicho proyecto:

Problemas de presupuesto	
Apremios temporales	
Mala comunicación	

Errores de modelado	
Errores de cálculo	
Inexperiencia	
Especificaciones ambiguas	
Situaciones no previstas	
Problemas de mercado	
Desconexión con el cliente	
Conflictividad del equipo de trabajo	
Incompatibilidades normativas	
Restricciones insalvables	
Conflictividad social	
Cambio en las políticas públicas	
Otros (especificar cuáles)	

**Tabla 4.** Tópicos de proyectos no exitosos.

Como conclusión del formulario se le da un espacio a los encuestados para sugerir algún error que hayan visualizado a lo largo de la resolución del cuestionario o también alguna cuestión a mejorar por parte nuestra. Por otro lado, se le da unos renglones también para comentar sobre el impacto que la formación humanista y cristiana tuvo en su carrera, lo cual desde la Facultad resulta imprescindible. De esta manera, se concluye el cuestionario, se lo saluda cordialmente y se le agradece por el tiempo dedicado al proyecto de investigación en cuestión por parte de la Universidad.

#### 4.2. Selección de muestra y envío de cuestionarios

Realizado el formulario, se procedió a mandar los cuestionarios a distintos profesionales de la Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA). En una futura investigación, se tomará también testimonio de profesionales de otras universidades. Para la selección de a quiénes enviar el cuestionario a responder y, consecuentemente, participar del proyecto. Tal como se mencionó con anterioridad, se priorizó un grupo de profesionales de la Universidad Católica Argentina, en este caso, aquellos que se graduaron entre 2008 y 2021.

Los participantes seleccionados fueron ingenieros industriales, civiles e informáticos. De esta manera, se aseguró así la inclusión de diversas áreas dentro del campo de la ingeniería para enriquecer el estudio. Al seleccionar esta cohorte de manera aleatoria y considerando tanto

varones como mujeres, se buscó obtener puntos de vista de aquellos que han completado su formación en un período relativamente reciente, lo que aportó opiniones relevantes sobre las tendencias y desafíos actuales en el sector.

Adicionalmente, se amplió el alcance del cuestionario incluyendo otros perfiles más *senior*, es decir, profesionales que cuentan con mayor experiencia en la industria y han desarrollado sus carreras en diversos contextos laborales. Esta inclusión tuvo como objetivo contrastar las opiniones y experiencias de los egresados más recientes con las de aquellos que han desarrollado aún más sus cualidades como ingenieros. Al obtener retroalimentación de ambas poblaciones, se pretende enriquecer el análisis, permitiendo una comprensión más completa de las dinámicas que afectan a los ingenieros en sus distintos momentos de carrera.

La combinación de estas dos muestras, la de egresados recientes y la de profesionales experimentados, se diseñó para facilitar un análisis comparativo que ilumine las diferencias en percepciones, habilidades requeridas y expectativas laborales. A través de esta estrategia de muestreo, se buscó proponer que los resultados del cuestionario proporcionen un panorama integral que contribuya al reflejo de la realidad del ámbito ingenieril en la actualidad.

Para la selección de la muestra, se respetó que se contemple las proporciones adecuadas en relación con la cantidad de ingenieros industriales, civiles e informáticos. Esto considera las diferentes cantidades de graduados por año. Y, a su vez, se realizó la misma consideración de acuerdo con los varones y las mujeres.

## 5. ORGANIZACIÓN DE LOS RESULTADOS

Una vez reunida toda la información, se procedió a la creación de un archivo Excel, con toda la información recolectada de los cuestionarios para poder comenzar el análisis de datos de las respuestas obtenidas.

Dentro del Excel creado, lo primero que se hizo fue armar una tabla con los datos del graduado, como por ejemplo nombre, apellido y carrera de la cual se recibió, y los títulos de los proyectos exitosos como no exitosos, en los que habían participado. También se aclaró el año en que se habían llevado a cabo los mismos y un resumen del texto que los graduados habían escrito acerca del proyecto. Por último, se dejó como material de back-up una columna con los distintos hipervínculos de los proyectos. Se adjunta una imagen a continuación para ilustrar lo explicado.

Ingeniería	Apellido	Nombre	Proyecto exitoso		Proyecto no exitoso		Link al formulario
			Nombre del proyecto	Año	Proyecto no exitoso	Año	
Civil	Castro Peña	Iván	Infraestructura Barrio Virazón	2020	Puente sobre arroyo, partido de Tigre		<a href="#">Castro Peña, Iván</a>
Civil	De Larminat	Juan	Remodelación Citicenter – Citi Bank	2021-2022	Arrendamiento de campo para ganado en Provincia de Chubut	2023-2024	<a href="#">De Larminat, Juan</a>
Civil	Minochio	Franco Gabriel	Ingeniería de detalle para planta potabilizadora	2023	Calculo Banco de trabajo metalico	2024	<a href="#">Minochio, Franco Gabriel</a>
Civil	Ouret	Javier	Red de fibra óptica	1994	Paradas Seguras (AMBA)	2019	<a href="#">Ouret, Javier</a>
Civil	Reviriego	Emilio	Puentes AVE SEVILLA-HUELVA (España)	2010	Torres La Lucila	2020	<a href="#">Reviriego, Emilio</a>
Industrial	Arena	Tomás Luis	Proyecto 640A (Preparación de proveedores para "full model change" de Hiltix)	2015	Mejora de Logística interna y Delivery rate	2022	<a href="#">Arena, Tomás</a>
Industrial	Arribas-Medrano	Federico	Pilar SAP 6.0	2008-2010	MoB (make or buy)	2019	<a href="#">Arribas-Medrano, Federico</a>
Industrial	Bianchi Pintos	Luis	Coordinador de Proyectos de Ahorro para LATAM – SC Johnson & Son Argentina	2012-2013	Cambio de proveedor de Cajas de Cartón Corrugado	2021	<a href="#">Bianchi Pintos, Luis</a>
Industrial	Blacker	Agustín	Síntesis de ingredientes de alto valor cosmético y nutricional usando biotecnología (Hedonix Bio)	2022 - Actualidad	Venta de productos regionales. Compramos productos regionales, le aplicamos un branding y lo vendíamos en buenos aires.	2012-2014	<a href="#">Blacker, Agustín</a>
Industrial	Casanova	Agustín	Modificación de layout - warehouse	2020	Time truck in Plant	2020	<a href="#">Casanova, Agustín</a>

**Tabla 5.** Detalles de los graduados y sus proyectos.

Luego, se propusieron dos páginas dentro del mismo archivo, resumiendo toda la información de los cuestionarios. Una destinada a la información acerca de los proyectos exitosos de los encuestados y, por otra parte, una con los proyectos no exitosos de los mismos (las “X” de los cuestionarios se transformaron en “√” dentro del archivo). En el caso de los proyectos exitosos, se propusieron en el eje horizontal todas las variables de las distintas categorías que se presentaron en el cuestionario, siendo estas:

- Metodologías.
- Metodologías no rigurosas o criterios.



### 5.1. Comparativa entre Industria e Infraestructura

Como se puede observar dentro de las tablas adjuntas, se realizó una primera separación de los proyectos en las siguientes categorías:

- **Industria:** abarca los proyectos que están relacionados con la gestión, la producción y la fabricación de bienes. Incluye procesos de gestión, optimización y mejora continua en entornos industriales.
- **Infraestructura:** se centran en el desarrollo y mantenimiento de las estructuras físicas que son fundamentales para la operación de la economía. Dentro de estos, se pueden incluir construcciones de obras públicas o privadas, la gestión de recursos y las regulaciones ambientales.
- **Tecnología informática:** incluye proyectos que se enfocan en sistemas y soluciones tecnológicas, especialmente aquellos relacionados con el software y la gestión de datos. Los proyectos en cuestión podrían enfocarse en desarrollo de software, implementación de tecnologías y la gestión de datos.

Al realizar la separación en las 3 categorías mencionadas, se observó una cantidad muy menor de respuestas de proyectos involucrando “Tecnología informática”. Esto se debe, en parte a las pocas repuestas que se recibieron por parte de los ingenieros informáticos, lo cual es un poco lógico debido a que representaban la menor cantidad de profesionales entre las categorías de “Industriales”, “Civiles” o “Informáticos”. Por lo tanto, se decidió trasladar las respuestas de “Tecnología informática” a las otras 2 categorías propuestas para poder hacer un mejor análisis de los datos.

### 5.2. Proyectos exitosos

se tuvieron 17 respuestas de “Industria” y 7 respuestas de “Infraestructura”. Al tener distintas cantidades de respuestas, se compararon las distintas variables propuestas a partir de porcentajes en relación con la respuesta de dicha categoría. Se asignaron colores para los distintos rangos para hacer más fácil de entender las respuestas. A continuación, se dan los distintos rangos propuestos y las tablas obtenidas por parte de los proyectos exitosos.

Referencias		
Color	Rango	
	0%	24,99%
	25%	49,99%
	50%	74,99%
	75%	100%

**Tabla 8.** Detalles de las referencias a utilizar en el primer análisis de datos.

		Metodologías										
		CMS	CMA	SCS	SCA	MF	AP	GdR	TPE	NE	Cert	Inter
Total	Suma	19	4	16	9	5	13	15	2	18	11	14
	Porcentaje	79,17%	16,67%	66,67%	37,50%	20,83%	54,17%	62,50%	8,33%	75,00%	45,83%	58,33%
Industria	Suma	13	0	11	7	4	10	11	2	12	6	9
	Porcentaje	76,47%	0,00%	64,71%	41,18%	23,53%	58,82%	64,71%	11,76%	70,59%	35,29%	52,94%
Infraestructura	Suma	6	4	5	2	1	3	4	0	6	5	5
	Porcentaje	85,71%	57,14%	71,43%	28,57%	14,29%	42,86%	57,14%	0,00%	85,71%	71,43%	71,43%

**Tabla 9.** Comparación de las distintas metodologías aplicadas entre las 2 categorías principales.

Se observa que las 2 categorías en cuestión comparten los mismos colores en 7 de las 11 metodologías propuestas. De las 4 en las que se difieren en los colores, la más notable es evidentemente “CMA”, Cálculo Matemático Avanzado, lo cual es bastante lógico debido a la notoria cantidad de cálculos complejos requeridos para asegurar la viabilidad de las estructuras que se construyen. Por otro lado, el otro ítem que más varía entre ambas categorías es “Cert”, que significa Aplicación de Certificaciones. En el caso de Infraestructura, se tiene prácticamente el doble de porcentaje con respecto a Industria. Esto se debe probablemente al alto riesgo que suelen conllevar los proyectos de una nueva estructura y la necesidad de estar certificados para dejar tranquilos a los clientes. Las otras 2 metodologías que no comparten colores o rangos de porcentajes tienen una diferencia de 15% aproximadamente, la cual no se considera tan influyente.

Enunciadas ya las diferencias entre las 2 categorías estudiadas, se concluye que resultan muy similares en cuanto a los comportamientos de los ingenieros al utilizar las metodologías, tanto sea en proyectos de infraestructura o industria. A continuación, se estudiará de la misma manera la diferencia entre los criterios utilizados.

		Metodologías no rigurosas o criterios					
		ACP	CEx	II	Aprox	Indec	RNC
Total	Suma	20	20	21	15	1	8
	Porcentaje	83,33%	83,33%	87,50%	62,50%	4,17%	33,33%
Industria	Suma	15	13	14	11	1	7
	Porcentaje	88,24%	76,47%	82,35%	64,71%	5,88%	41,18%
Infraestructura	Suma	5	7	7	4	0	1
	Porcentaje	71,43%	100,00%	100,00%	57,14%	0,00%	14,29%

**Tabla 10.** Comparación de los distintos criterios aplicados entre las 2 categorías principales.

Se observa que las 2 categorías en cuestión comparten los mismos colores en 4 de los 6 criterios propuestos. De las 2 en las que se difieren en los colores, el más notable es evidentemente “RNC”, Razonamiento No Convencional, lo cual incluye pensamiento lateral, tormenta de ideas, entre otros. Los proyectos industriales a menudo involucran la implementación de nuevas tecnologías, la adaptación a tendencias de mercado y la búsqueda de ventajas competitivas, lo que requiere un enfoque flexible y una disposición para experimentar con ideas inusuales. Por otro lado, los proyectos de infraestructura tienden a estar más regulados y estructurados, implicando adherencia a normativas estrictas y estándares establecidos. Estos proyectos suelen requerir un enfoque más convencional y sistemático, dado que involucran la construcción de estructuras físicas, como puentes, carreteras y edificios, donde la seguridad y la funcionalidad son de primordial importancia. En este contexto, los ingenieros suelen seguir métodos de resolución de problemas establecidos, que han sido probados y refinados a lo largo del tiempo, lo que limita la aplicación de razonamientos más innovadores. El otro criterio que no comparte colores o rangos de porcentajes tiene una diferencia de 15% aproximadamente, la cual, al igual que en el caso anterior, no se considera influyente.

Enunciadas ya las diferencias entre las 2 categorías estudiadas, se concluye que resultan muy similares en cuanto a los comportamientos de los ingenieros al utilizar los diferentes criterios, tanto sea en proyectos de infraestructura o industria. A continuación, estudiaremos de la misma manera la diferencia entre los indicadores o factores utilizados.

		Indicadores o factores						
		Econ	Medioamb	Soc/Cul	Labo	Prag	Tecno	Temp
Total	Prom total	77,5%	32,5%	42,7%	41,7%	53,7%	64,8%	52,9%
	Desvio	20,1%	32,6%	38,3%	36,9%	37,2%	28,3%	38,2%
Industria	Prom ind	82,4%	31,2%	37,4%	45,3%	51,6%	63,8%	54,1%
	Desvio	13,0%	34,4%	37,5%	36,9%	39,9%	31,6%	39,2%
Infraestructura	Prom infraestruc	65,7%	35,7%	55,7%	32,9%	58,6%	67,1%	50,0%
	Desvio	29,4%	29,9%	39,9%	38,2%	32,4%	19,8%	38,3%

**Tabla 11.** Comparación de los distintos indicadores o factores aplicados entre las 2 categorías principales.

Se observa que las 2 categorías en cuestión comparten los mismos colores en 5 de los 7 indicadores o factores propuestos. De los 2 en las que se difieren en los colores, el más notable es evidentemente “Soc / Cul”, Factores Sociales o Culturales, lo cual es lógico debido a la distinta cultura que se tienen en distintos lados para la infraestructura y la construcción, por lo tanto, suele ser un factor determinante para decidir cómo se realizará una obra en un determinado lugar y contexto. El otro indicador o factor que no comparte colores o rangos de porcentajes tiene una diferencia de 15% aproximadamente, la cual, al igual que en casos anteriores, no se considera influyente.

Enunciadas ya las diferencias entre las 2 categorías estudiadas, podemos decir que resultan muy similares en cuanto a los comportamientos de los ingenieros al analizar la importancia de los diferentes indicadores o factores, tanto sea en proyectos de infraestructura o industria.

### 5.3. Proyectos no exitosos

A continuación, se estudiarán de la misma manera la diferencia entre los proyectos no exitosos de los encuestados.

		Metodologías														
		PPres	Temp	Comu	EM	EC	Inex	EA	SNP	PM	DC	CET	IN	RI	CSoc	CPP
Total	Suma	7	8	13	5	3	12	10	13	10	7	5	5	3	2	5
	Porcentaje	29,17%	33,33%	54,17%	20,83%	12,50%	50,00%	41,67%	54,17%	41,67%	29,17%	20,83%	20,83%	12,50%	8,33%	20,83%
Industria	Suma	5	6	11	5	3	12	8	10	7	5	5	5	2	1	3
	Porcentaje	26,32%	31,58%	57,89%	26,32%	15,79%	63,16%	42,11%	52,63%	36,84%	26,32%	26,32%	26,32%	10,53%	5,26%	15,79%
Infraestructura	Suma	2	2	2	0	0	0	2	3	2	2	0	0	1	1	2
	Porcentaje	40,00%	40,00%	40,00%	0,00%	0,00%	0,00%	40,00%	60,00%	40,00%	40,00%	0,00%	0,00%	20,00%	20,00%	40,00%

**Tabla 12.** Comparación de las distintas metodologías aplicadas entre las 2 categorías principales.

Se observa que las 2 categorías en cuestión comparten los mismos colores en 9 de las 15 metodologías propuestas. Dentro de las otras 6 categorías, hay varias que están asociadas. Tanto “CPP”, que se refiere a Cambio en las Políticas Públicas, como “Comu”, que se refiere

a Mala Comunicación tienen diferentes rangos, pero tienen un porcentaje de alrededor del 20% de diferencia, por lo que se interpreta que no es necesario un análisis exhaustivo de la situación.

Un factor que aparece como gran diferencia en la comparación entre estas dos categorías es “EM”, Errores de Modelado. Esto solo aparece en el caso de proyectos de Industria, mientras que en los de Infraestructura no aparece en ningún caso. La combinación de la complejidad de los procesos, la menor estandarización, la innovación frecuente, la presión por resultados rápidos y la variabilidad en la gestión de cambios en proyectos industriales contribuyen a una mayor aparición de errores de modelado en comparación con los proyectos de infraestructura, los cuales suelen ser más lineales y obvios, ya que suelen responder a “una especie de receta de cocina”.

El segundo factor, y el que a su vez más resalta, en la comparación entre las categorías en cuestión es “Inex”, que hace referencia a la Inexperiencia. Aquí es donde mayor diferencia se tiene en lo que son los porcentajes de Industria e Infraestructura, con un 60%. Esta gran diferencia se le atribuye a lo parecidos que tal vez suelen ser los proyectos de Infraestructura entre sí mismos vs los de Industria, los cuales suelen ser mucho más cambiantes e involucran innovaciones constantes de factores que uno debe tener en cuenta.

Por otro lado, en Industria se tiene un factor presente que en Infraestructura no se ve en los números que es el “CET”, Conflictividad en el Equipo de Trabajo. Esto se puede deber a la variedad de equipos con los que se trabaja en la Industria, en donde al abordar diferentes proyectos en diferentes rubros, uno trabaja con personas distintas y a veces puede resultar en un problema debido a una falta de coordinación dentro del equipo. En el caso de los proyectos de Infraestructura, los equipos suelen tener mucha menor rotación y los proyectos hacia los cuales se suele apuntar son similares.

De la misma manera, en Industria se tiene un factor presente que en Infraestructura no se ve en los números que es el “IN”, Incompatibilidad Normativa. Esto se debe a que muchas veces los proyectos de índole industrial no contemplan tanto los términos legales a la hora de llevarse a cabo, y luego causa como consecuencia que se terminan trabando debido a que no se tuvieron en cuenta ciertos factores normativos. Por otro lado, para los proyectos de Infraestructura, una de las primeras cosas que se analiza para ver la viabilidad de un proyecto es su relación con los requerimientos, como podría ser que en tal área de la Ciudad no se puede hacer un edificio con determinada cantidad de pisos. Entonces, al ser uno de los primeros factores a saber, nunca termina siendo un problema en el desarrollo del proyecto que se esté realizando.

Enunciadas ya las diferencias entre las 2 categorías estudiadas, se concluye que resultan muy similares en cuanto a los comportamientos de los ingenieros al analizar la importancia de las distintas metodologías, tanto sea en proyectos de infraestructura o industria. A raíz de lo estudiado, se puede observar un patrón dentro de las diferencias encontradas, que es la falta de experiencia, desde distintos puntos de vista, en los proyectos no exitosos de Industria con relación a los de Infraestructura.

A partir de todo lo expuesto sobre el estudio de todas las metodologías, criterios y factores tanto de los proyectos exitosos como de los proyectos no exitosos, se puede anunciar que, a modo general, tanto en el grupo de Infraestructura como de Industria, se obtienen resultados similares en cada categoría. Ante esto, se decidió no separar los proyectos de industria y de infraestructura en el análisis, sino considerarlos como un conjunto homogéneo. Esta decisión está fundamentada en la observación de que, independientemente del contexto específico, ambos tipos de proyectos exhiben comportamientos y patrones paralelos en su desarrollo y manejo, sin evidenciar una diferencia significativa entre sí. Al integrar esta perspectiva unificada, se brinda la oportunidad de obtener un entendimiento más completo y coherente de las prácticas de ingeniería, lo que a su vez puede facilitar el intercambio de conocimientos y la mejora continua en ambos ámbitos.

## 6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Tal como se mencionó anteriormente, basado en los resultados obtenidos, se concluyó que no hay grandes diferencias entre los grupos de análisis propuestos, que se diferenciaban según el foco del proyecto, ya sea del ámbito industrial o de infraestructura. Por lo tanto, el análisis de las respuestas obtenidas se continuará haciendo sin realizar dicha distinción, agrupando todas las respuestas, para así realizar un estudio general de la toma de decisiones del ingeniero, independientemente de la rama de la ingeniería al que éste pertenezca.

Como primera profundización en los datos recolectados, se indagará en la posibilidad de que distintas variables tengan una relación subyacente o, al menos, un patrón que indique que dos factores suelen estar presente en los mismos casos. Para ello, se realizó en Excel, mediante la herramienta para programar “Macros” o *scripts*, un conteo de la cantidad de veces que dos variables fueron marcadas en el mismo cuestionario. De forma más concreta, si las opciones de “Cálculo Matemático Avanzado” y “Consultas con expertos”, por ejemplo, fueron seleccionadas en simultáneo, el macro aumenta en una unidad su contador. Este procedimiento se llevó a cabo en dos oportunidades, primero revisando todos los cruces posibles entre los 17 factores analizados en los proyectos exitosos y, luego, para las 15 opciones propuestas en la etapa de proyectos no exitosos. Además, con el objetivo de favorecer el análisis y para expresar los resultados en una unidad de medida comparable, se obtuvo el porcentaje que corresponde y la cantidad de coincidencias entre dos variables respecto al total de veces que fue seleccionada una de ellas. De esta forma, es posible expresar un resultado que considere la cantidad de veces que un factor fue seleccionado, ya que no es lo mismo estar analizando las coincidencias respecto a la “Intuición Ingenieril” que fue más elegido que “Indecidibilidad”.

Para una mayor claridad, esta información procesada se recopiló en una tabla de doble entrada, en la que la primera columna y la segunda fila indican las variables, ya que la primera fila fue reservada para colocar los totales de cada categoría. Mediante el cruce de una fila con una columna se pueden observar la cantidad de coincidencias y el respectivo porcentaje. Un esquema que facilita la lectura se presenta a continuación.

	Total de X ( Nx )	
	X	
Y	Veces que X e Y estuvieron juntas ( n )	Porcentaje de coincidencia X-Y respecto del total de X $\left( \frac{n}{N_x} \cdot 100 \right)$

**Tabla 13.** Referencia para las tablas de doble entrada

6.1. Análisis de resultados de los proyectos exitosos

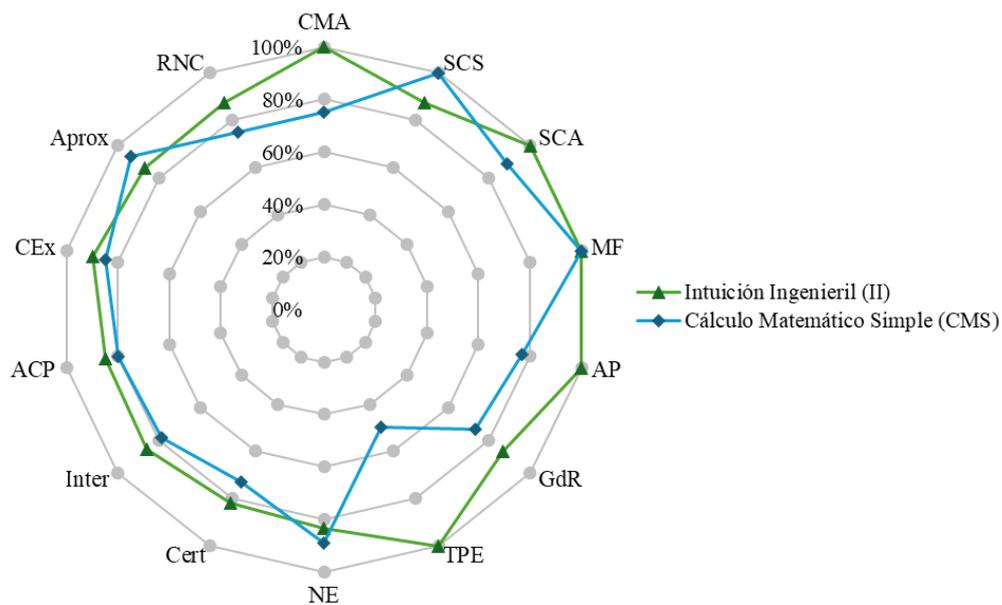
Total por categoría	19	4	16	9	5	13	15	2	18	11	14	20	20	21	15	1	8
	CMS	CMA	SCS	SCA	MF	AP	GdR	TPE	NE	Cert	Inter	ACP	CEx	II	Aprox	Indec	RNC
CMS		3 75,00%	16 100,00%	8 88,89%	5 100,00%	10 76,92%	11 73,33%	1 50,00%	16 88,89%	8 72,73%	11 78,57%	16 80,00%	17 85,00%	17 80,95%	14 93,33%	0 0,00%	6 75,00%
CMA	3 15,79%		3 18,75%	1 11,11%	1 20,00%	2 15,38%	3 20,00%	0 0,00%	3 16,67%	3 27,27%	2 14,29%	3 15,00%	4 20,00%	4 19,05%	2 13,33%	0 0,00%	1 12,50%
SCS	16 84,21%	3 75,00%		8 88,89%	5 100,00%	9 69,23%	10 66,67%	1 50,00%	13 72,22%	8 72,73%	9 64,29%	13 65,00%	14 70,00%	14 66,67%	12 80,00%	0 0,00%	6 75,00%
SCA	8 42,11%	1 25,00%	8 50,00%		2 40,00%	6 46,15%	7 46,67%	2 100,00%	8 44,44%	6 54,55%	5 35,71%	8 40,00%	7 35,00%	9 42,86%	8 53,33%	1 100,00%	3 37,50%
MF	5 26,32%	1 25,00%	5 31,25%	2 22,22%		4 30,77%	4 26,67%	0 0,00%	4 22,22%	2 18,18%	4 28,57%	3 15,00%	4 20,00%	5 23,81%	2 13,33%	0 0,00%	4 50,00%
AP	10 52,63%	2 50,00%	9 56,25%	6 66,67%	4 80,00%		10 66,67%	2 100,00%	9 50,00%	6 54,55%	9 64,29%	11 55,00%	11 55,00%	13 61,90%	7 46,67%	1 100,00%	6 75,00%
GdR	11 57,89%	3 75,00%	10 62,50%	7 77,78%	4 80,00%	10 76,92%		2 100,00%	12 66,67%	10 90,91%	11 78,57%	13 65,00%	12 60,00%	13 61,90%	9 60,00%	1 100,00%	7 87,50%
TPE	1 5,26%	0 0,00%	1 6,25%	2 22,22%	0 0,00%	2 15,38%	2 13,33%		2 11,11%	2 18,18%	1 7,14%	2 10,00%	2 10,00%	2 9,52%	2 13,33%	1 100,00%	2 25,00%
NE	16 84,21%	3 75,00%	13 81,25%	8 88,89%	4 80,00%	9 69,23%	12 80,00%	2 100,00%		10 90,91%	11 78,57%	15 75,00%	16 80,00%	15 71,43%	12 80,00%	1 100,00%	6 75,00%
Cert	8 42,11%	3 75,00%	8 50,00%	6 66,67%	2 40,00%	6 46,15%	10 66,67%	2 100,00%	10 55,56%		8 57,14%	9 45,00%	10 50,00%	9 42,86%	7 46,67%	1 100,00%	5 62,50%
Inter	11 57,89%	2 50,00%	9 56,25%	5 55,56%	4 80,00%	9 69,23%	11 73,33%	1 50,00%	11 61,11%	8 72,73%		11 55,00%	11 55,00%	12 57,14%	7 46,67%	0 0,00%	6 75,00%
ACP	16 84,21%	3 75,00%	13 81,25%	8 88,89%	3 60,00%	11 84,62%	13 86,67%	2 100,00%	15 83,33%	9 81,82%	11 78,57%		17 85,00%	17 80,95%	14 93,33%	1 100,00%	5 62,50%
CEx	17 89,47%	4 100,00%	14 87,50%	7 77,78%	4 80,00%	11 84,62%	12 80,00%	2 100,00%	16 88,89%	10 90,91%	11 78,57%	17 85,00%		18 85,71%	14 93,33%	1 100,00%	7 87,50%
II	17 89,47%	4 100,00%	14 87,50%	9 100,00%	5 100,00%	13 100,00%	13 86,67%	2 100,00%	15 83,33%	9 81,82%	12 85,71%	17 85,00%	18 90,00%		13 86,67%	1 100,00%	7 87,50%
Aprox	14 73,68%	2 50,00%	12 75,00%	8 88,89%	2 40,00%	7 53,85%	9 60,00%	2 100,00%	12 66,67%	7 63,64%	7 50,00%	14 70,00%	14 70,00%	13 61,90%		1 100,00%	5 62,50%
Indec	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	1 11,11%	0 0,00%	1 7,69%	1 6,67%	1 50,00%	1 5,56%	1 9,09%	0 0,00%	1 5,00%	1 5,00%	1 4,76%	1 6,67%		1 12,50%
RNC	6 31,58%	1 25,00%	6 37,50%	3 33,33%	4 80,00%	6 46,15%	7 46,67%	2 100,00%	6 33,33%	5 45,45%	6 42,86%	5 25,00%	7 35,00%	7 33,33%	5 33,33%	1 100,00%	

- Referencias:
- CMS: Cálculo Matemático Simple
  - SCA: Simulación Computacional Avanzada
  - GdR: Gestión del Riesgo
  - Cert: Aplicación de Certificaciones
  - CEx: Consultas con Expertos
  - Indec: Indecidibilidad
  - CMA: Cálculo Matemático Avanzado
  - MF: Modelado Físico
  - TPE: Teoría de Propagación de Errores
  - Inter: Consulta Interdisciplinar
  - II: Intuición Ingenieril
  - RNC: Razonamiento No Convencional
  - SCS: Simulación Computacional Simple
  - AP: Análisis Probabilístico
  - NE: Consulta de Normativas Específicas
  - ACP: Analogía con Casos Previos
  - Aprox: Aproximación ("Rules of thumb")

Tabla 14. Recuento de coincidencias entre dos factores de los proyectos exitosos

Para los proyectos exitosos, tal como se mencionó anteriormente, se consideraron los 17 factores, que abarcan a las metodologías propiamente dichas y las metodologías no rigurosas o criterios, que se identifican con color rojo y celeste, respectivamente.

En primera instancia, es de utilidad observar el comportamiento de los factores a lo largo de su propia fila, principalmente a través de la escala de colores. Esto permite observar su vinculación con las otras variables, es decir, aquellos que poseen más verde a lo largo de su propia fila representan una mayor presencia en cualquier circunstancia. Cabe aclarar que esto depende de la cantidad de veces que dicha metodología fue marcada en los cuestionarios, pero también permite inferir en qué circunstancias o con cuáles variables se vincula más. Por ejemplo, observando lo que sucede con la intuición ingenieril (II), que fue la opción más respondida, se corrobora que posee una amplia presencia en todas las demás metodologías. En cuanto a esto, es esclarecedor compararlo con la situación del cálculo matemático simple (CMS), que tiene una cantidad de respuestas similar, pero que presenta un comportamiento distinto respecto a las respuestas de la intuición ingenieril.

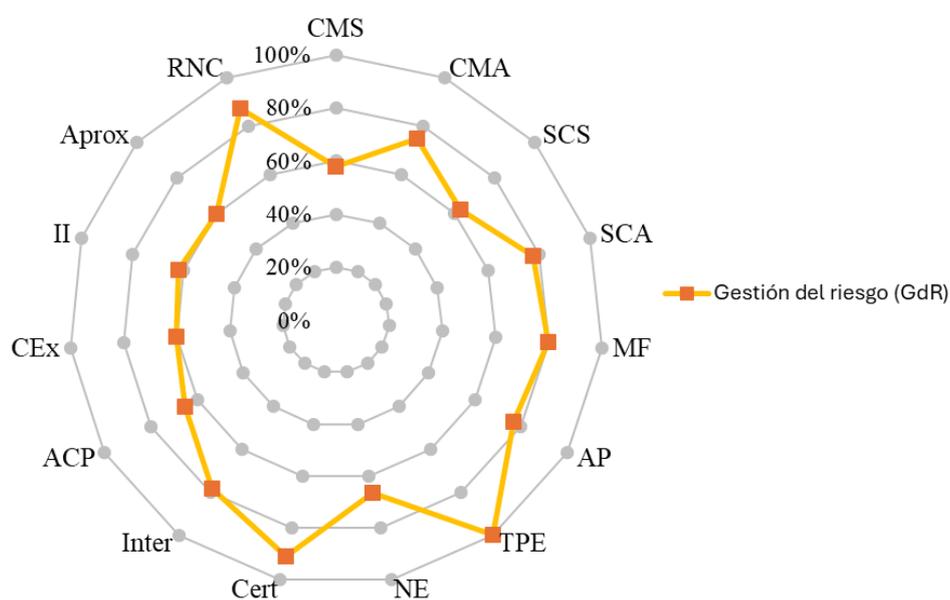


**Gráfico 1.** Comparación entre II y CMS respecto a las coincidencias con las otras metodologías

En el gráfico anterior, es posible observar cómo la intuición y el cálculo matemático simple tienen un comportamiento distinto, aunque el número de veces de respuestas sea similar. La intuición ingenieril presenta una distribución más uniforme respecto a todas las demás variables, con incluso una elevada presencia (mayor al 80%) en cada una de ellas. Mientras que el CMS presenta áreas con resultados similares o mejor que II, pero hay otras donde su presencia disminuye. Esta diferencia se aprecia en las metodologías de cálculo más complejas,

donde las operaciones matemáticas básicas no son de utilidad para lograr respuestas, en tanto que la intuición presenta un alto grado de correlación en todos los aspectos, mostrando indicios de una alta presencia en todos los ámbitos de resolución de problemas.

Además de comparar entre variables, otra alternativa de análisis es estudiar el uso que realizan los graduados de cierta metodología en conjunto con las demás, y de esta manera indagar la aplicación real de la herramienta y verificar la integridad del pensamiento del ingeniero. Para ilustrar esta forma de abordar la tabla de doble entrada, se toma como ejemplo el caso de “Gestión del Riesgo” (GdR). Esta variable obtuvo un total de 15 respuestas en los cuestionarios y presentó los siguientes grados de coincidencia con las demás metodologías.



**Gráfico 2.** Porcentajes de coincidencia de GdR con las demás metodologías

Como resultado del gráfico expuesto, se evidencia una mayor participación en conjunto con herramientas de cálculo aplicadas a situaciones de mayor complejidad, como es la “Teoría de Propagación de Errores” (TPE) o el “Modelado Físico” (MF), o en la metodología de “Razonamiento No Convencional” (RNC). En cambio, demuestra una falta de presencia en las metodologías no rigurosas, como lo es en la “Consulta con Expertos” (CEx), “Intuición Ingenieril” (II), “Aproximación” (Aprox) o en las herramientas de cálculo más sencillas, pudiendo deberse a que estas se utilizan en otras situaciones en las que la gestión de riesgo no está involucrada, o por una ausencia de capacidad de los ingenieros para integrar estas herramientas.

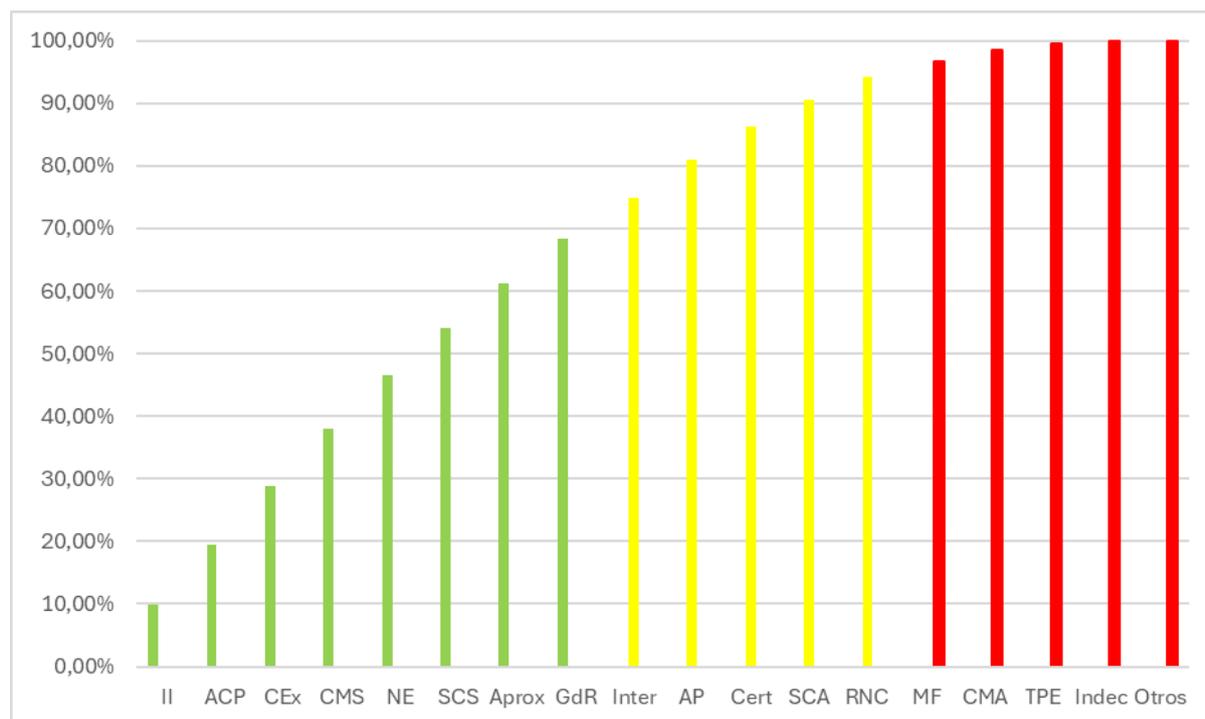
Continuando con el análisis de los datos recopilados en las respuestas de los graduados, se planteó, a partir de la herramienta “Diagrama de Pareto”, ver cuáles son los factores más

tenidos en cuentas por parte de los profesionales a la hora de realizar proyectos de ingeniería. Como resultado se obtuvo la tabla final mostrada a continuación, en la que se observa el total de respuestas, porcentajes relativos y acumulados, y finalmente, la categoría de los distintos aspectos.

Metodología (Referencia)	Total de respuestas	Porcentaje relativo	Porcentaje acumulado	Categoría
"Intuición" Ingenieril (II)	21	9,95%	9,95%	A
Analogía con Casos Previos (ACP)	20	9,48%	19,43%	A
Consultas con "Expertos" (CEx)	20	9,48%	28,91%	A
Cálculo Matemático Simple (CMS)	19	9,00%	37,91%	A
Consulta de Normativas Específicas (NE)	18	8,53%	46,45%	A
Simulación Computacional Simple (SCS)	16	7,58%	54,03%	A
Aproximación ("Rules of thumb") (Aprox)	15	7,11%	61,14%	A
Gestión del Riesgo (GdR)	15	7,11%	68,25%	A
Consulta Interdisciplinar(Inter)	14	6,64%	74,88%	B
Análisis Probabilístico (AP)	13	6,16%	81,04%	B
Aplicación de Certificaciones (Cert)	11	5,21%	86,26%	B
Simulación Computacional Avanzada (SCA)	9	4,27%	90,52%	B
Razonamiento No Convencional (RNC)	8	3,79%	94,31%	B
Modelado Físico (MF)	5	2,37%	96,68%	C
Cálculo Matemático Avanzado (CMA)	4	1,90%	98,58%	C
Teoría de Propagación de Errores (TPE)	2	0,95%	99,53%	C
Indecidibilidad ("Tirar la moneda") (Indec)	1	0,47%	100,00%	C
Otros	0	0,00%	100,00%	C

**Tabla 15.** Análisis de Pareto de los distintos factores.

Por otro lado, el gráfico que habrá que representa el gráfico, será:



**Gráfico 3.** Análisis de Pareto, con las categorías con sus colores.

Viendo el número de la cantidad de respuestas de cada uno de los aspectos evaluados, se puede concluir que la escala tomada para formar las distintas categorías fue:

Respuestas	
Color	Rango
	0 a 7
	8 a 14
	14 a 21

**Tabla 16.** Rango de respuestas para las distintas categorías.

Ahora bien, siguiendo el análisis previo de la relación entre los distintos aspectos, se puede observar cómo en las distintas categorías resultantes, hay muchos aspectos muy relacionados entre sí, lo cual, de alguna manera, resultaría en una reducción de la cantidad de alternativas del estudio en cuestión. Los datos que se darán fueron demostrados en la Tabla 14. A continuación, se dan varios ejemplos:

- SCS (Simulación Computacional Simple) y CMS (Cálculo Matemático Simple) vienen muy de la mano. Tienen un 84,21 % de coincidencia. Esto tiene su lógica debido a la necesidad de realizar simulaciones a partir de los cálculos hechos. Este es un fenómeno, que, sobre todas las cosas, se presenta en el caso de los proyectos de infraestructura, donde se necesitan verificar la resistencia de las estructuras a partir

de cálculos y simulaciones. También sucede en proyectos de Industria, donde muchas veces la simulación se utiliza como prueba de un nuevo proyecto que se va a instalar, como podría ser un robot actuando, a partir de algún programa de computación. Lógicamente, los factores CMA y SCA estarán relacionados de la misma manera, pero contando con herramientas más avanzadas.

- Otros aspectos muy relacionados son ACP (Análisis de Casos Previos) y CEX (Consulta con Expertos), dentro de los cuales prevalece una herramienta fundamental que es la Experiencia. Es más, estos dos fueron dos de los tres factores más seleccionados por partes de los profesionales, lo cual confirma la hipótesis planteada, que la Experiencia es muy importante dentro del día a día.
- De la misma manera, dos aspectos que se relacionan mucho son GDR (Gestión del Riesgo) y AP (Análisis Probabilístico). Si bien en la categorización final, resultaron en distintas categorías, hay solo 2 respuestas de diferencia entre estos, y hay un 80% de coincidencia, en cuanto a las respuestas de ambos factores en simultáneo. Esto se debe a que el análisis probabilístico es una herramienta clave en la gestión del riesgo, ya que proporciona un enfoque estructurado y cuantitativo para abordar la incertidumbre en proyectos de ingeniería. Esto permite tomar decisiones más informadas y crear planes de acción más efectivos para maximizar la probabilidad de éxito del proyecto.

La Intuición Ingenieril merece un párrafo aparte. Contabilizando un total de 21 respuestas, fue la más votada por parte de los profesionales. Dentro del marco teórico planteado, fue uno de los puntos más recurrentes y, a su vez, fue una de las hipótesis planteadas, la cual resultó ser verificada. De esta manera, se confirma otra de las hipótesis, que hablaba sobre la capacidad de los profesionales de, a partir de ciertas opciones, discernir y optar por cual era la mejor alternativa, y cómo este criterio va evolucionado de manera progresiva a lo largo del tiempo.

Por otro lado, queda analizar también los indicadores y su respectiva relevancia que los profesionales tomaron como referencia en sus proyectos correspondientes. Para ello, al haber solo 7 categorías, no se realizará un análisis de Pareto como en el caso anterior. Esto se debe a que, al haber pocas variables en cuestión, no tiene mucho sentido aplicar una herramienta hecha para el análisis de muchas variables. Por lo tanto, se realizará un análisis mucho más directo. A continuación, se reflejan los resultados obtenidos en todos los proyectos exitosos.

	Indicadores o factores						
	Econ	Medioamb	Soc/Cul	Labo	Prag	Tecno	Temp
Promedio	77,5%	32,5%	42,7%	41,7%	53,7%	64,8%	52,9%

**Tabla 17.** Promedios obtenidos de los distintos indicadores.

Por lo que se puede ver en la Tabla 17, el factor Económico es el más recurrente, con un 77,5% de aprobación. Siempre será algo indispensable dentro de los proyectos de la Ingeniería, debido a que es uno de los 3 factores que forma parte de la famosa triple restricción de los proyectos: dinero, Tiempo y Alcance o Calidad.

Por otro lado, se puede ver que el segundo indicador más utilizado es el de la tecnología. Esto resulta lógico debido a que ésta es un elemento crucial, que impulsa la eficiencia, precisión, innovación y sostenibilidad en los proyectos de ingeniería. A medida que la tecnología continúa evolucionando, su impacto en la ingeniería y la construcción se volverá aún más significativo, permitiendo la creación de infraestructuras más inteligentes y resilientes que respondan a las necesidades del futuro. Por eso, parece indispensable estar atento a las distintas nuevas tecnologías que vayan surgiendo a lo largo del tiempo y replantear cómo se pueden aplicar en los distintos proyectos y eficientizar más los distintos procesos a los cuales estamos en contacto.

Finalmente, llama la atención la falta de importancia que se le da al aspecto Medioambiental. Hoy en día, la gran mayoría de la empresas e instituciones están en campaña para concientizar sobre los impactos que la actividad humana tiene sobre el planeta y para reducir al mínimo la Huella de Carbono generada; la cual se intenta reducir a partir de diversas estrategias:

- Eficiencia Energética.
- Transporte Sostenible.
- Consumo Responsable.
- Compensación Carbono.

A partir de esto, resulta muy llamativo la falta de votos respecto a este indicador. Creemos que esto se debe a varias razones posibles. Dentro de estas, se encuentran:

- ◆ Costos iniciales elevados.
- ◆ Falta de regulaciones y normativas.

- ◆ Enfoque en resultados inmediatos.
- ◆ Choque de intereses.
- ◆ Poca consideración del costo ambiental

Sin embargo, es fundamental que tanto la industria de la ingeniería como los formuladores de políticas trabajen para fomentar un cambio hacia prácticas más sostenibles y que se integren firmemente las consideraciones medioambientales desde la fase de planificación hasta la ejecución de los proyectos.

## 6.2. Análisis de resultados de los proyectos no exitosos

Para los casos de proyectos no exitosos, tal como se mencionó anteriormente, se optó por una metodología de análisis similar. En primer lugar, se realizó el conteo de coincidencias en los cuestionarios entre las distintas variables a analizar, utilizando el mismo *script* que se aplicó para los proyectos exitosos. En este caso, se consideran las 15 variables propuestas en el cuestionario, entre las que se destacan la mala comunicación, las situaciones no previstas y la inexperiencia como aquellas que han sido más seleccionadas por los profesionales encuestados.

A continuación, se presenta la tabla obtenida en base a las respuestas de los cuestionarios y con el conteo de las coincidencias entre las distintas variables. Para una correcta interpretación, referirse a la tabla de referencias utilizada para los proyectos exitosos (Tabla 13), ya que la distribución de los valores y porcentajes, y su método de cálculo, son los mismos.

Total por categoría	7	8	13	5	3	12	10	13	9	7	5	5	3	2	5														
	PPres	Temp	Comu	EM	EC	Inex	EA	SNP	PM	DC	CET	IN	RI	CSoc	CPP														
PPres		2	25,00%	4	30,77%	1	20,00%	1	33,33%	4	33,33%	3	30,00%	5	38,46%	3	33,33%	2	28,57%	2	40,00%	2	40,00%	2	66,67%	1	50,00%	1	20,00%
Temp	2	28,57%		4	30,77%	2	40,00%	0	0,00%	4	33,33%	3	30,00%	5	38,46%	5	55,56%	3	42,86%	1	20,00%	0	0,00%	0	0,00%	1	50,00%	2	40,00%
Comu	4	57,14%	4	50,00%		2	40,00%	1	33,33%	6	50,00%	7	70,00%	7	53,85%	4	44,44%	5	71,43%	3	60,00%	3	60,00%	1	33,33%	2	100,00%	1	20,00%
EM	1	14,29%	2	25,00%	2	15,38%		1	33,33%	4	33,33%	3	30,00%	3	23,08%	2	22,22%	2	28,57%	0	0,00%	1	20,00%	0	0,00%	0	0,00%	1	20,00%
EC	1	14,29%	0	0,00%	1	7,69%	1	20,00%		2	16,67%	2	20,00%	3	23,08%	0	0,00%	1	14,29%	1	20,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Inex	4	57,14%	4	50,00%	6	46,15%	4	80,00%	2	66,67%		4	40,00%	8	61,54%	5	55,56%	4	57,14%	3	60,00%	4	80,00%	2	66,67%	0	0,00%	3	60,00%
EA	3	42,86%	3	37,50%	7	53,85%	3	60,00%	2	66,67%	4	33,33%		6	46,15%	3	33,33%	2	28,57%	2	40,00%	2	40,00%	1	33,33%	1	50,00%	3	60,00%
SNP	5	71,43%	5	62,50%	7	53,85%	3	60,00%	3	100,00%	8	66,67%	6	60,00%		5	55,56%	5	71,43%	1	20,00%	1	20,00%	2	66,67%	1	50,00%	3	60,00%
PM	3	42,86%	5	62,50%	4	30,77%	2	40,00%	0	0,00%	5	41,67%	3	30,00%	5	38,46%		1	14,29%	2	40,00%	2	40,00%	2	66,67%	1	50,00%	4	80,00%
DC	2	28,57%	3	37,50%	5	38,46%	2	40,00%	1	33,33%	4	33,33%	2	20,00%	5	38,46%	1	11,11%		1	20,00%	2	40,00%	1	33,33%	2	100,00%	0	0,00%
CET	2	28,57%	1	12,50%	3	23,08%	0	0,00%	1	33,33%	3	25,00%	2	20,00%	1	7,69%	2	22,22%	1	14,29%		1	20,00%	1	33,33%	0	0,00%	0	0,00%
IN	2	28,57%	0	0,00%	3	23,08%	1	20,00%	0	0,00%	4	33,33%	2	20,00%	1	7,69%	2	22,22%	2	28,57%	1	20,00%		2	66,67%	1	50,00%	2	40,00%
RI	2	28,57%	0	0,00%	1	7,69%	0	0,00%	0	0,00%	2	16,67%	1	10,00%	2	15,38%	2	22,22%	1	14,29%	1	20,00%	2	40,00%		0	0,00%	2	40,00%
CSoc	1	14,29%	1	12,50%	2	15,38%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	1	10,00%	1	7,69%	1	11,11%	2	28,57%	0	0,00%	1	20,00%	0	0,00%		0	0,00%
CPP	1	14,29%	2	25,00%	1	7,69%	1	20,00%	0	0,00%	3	25,00%	3	30,00%	3	23,08%	4	44,44%	0	0,00%	0	0,00%	2	40,00%	2	66,67%	0	0,00%	

Referencias:

**PPres:** Problemas de Presupuesto  
**Temp:** Apremios Temporales  
**Comu:** Mala Comunicación

**EM:** Errores de Modelado  
**EC:** Errores de Cálculo  
**Inex:** Inexperiencia

**EA:** Especificaciones Ambiguas  
**SNP:** Situaciones No Previstas  
**PM:** Problemas de Mercado

**DC:** Desconexión con el Cliente  
**CET:** Conflictividad del Equipo de Trabajo  
**IN:** Incompatibilidades Normativas

**RI:** Restricciones Insalvables  
**CSoc:** Conflictividad Social  
**CPP:** Cambio en las Políticas Públicas

**Tabla 18.** Recuento de coincidencias entre dos factores de los proyectos no exitosos

En primera instancia, es importante destacar la diferencia de comportamiento respecto a lo que mostraba la tabla análoga de los proyectos exitosos. En este caso, los puntos de coincidencia elevados son menores, pudiendo comprobarse con la poca cantidad de celdas rellenas de color verde que se observan. Sin embargo, hay algunas variables que presentan elevados niveles de coincidencia, como es el caso de la “mala comunicación” (Comu) y la “conflictividad social” (CSoc). A pesar de las pocas respuestas de esta segunda variable, las dos veces que fue seleccionada también fue elegida la mala comunicación como causa de la falta de éxito del proyecto. Este resultado introduce la posibilidad de analizar que no solo debe interesar la comunicación interna, sino que es importante considerar cómo se dialoga con los sectores interesados fuera de la empresa y, de igual manera, a la sociedad. Por lo tanto, esta realidad es un llamado a indagar que, además de formular un juicio correcto, es necesario transmitirlo adecuadamente. Esta habilidad se denomina retórica y Weedon (2019) expresa que *“rhetoric, as the invention of the available means of persuasion in a given situation, seeks to understand an appropriate action for a particular time, place, people, or task”*.

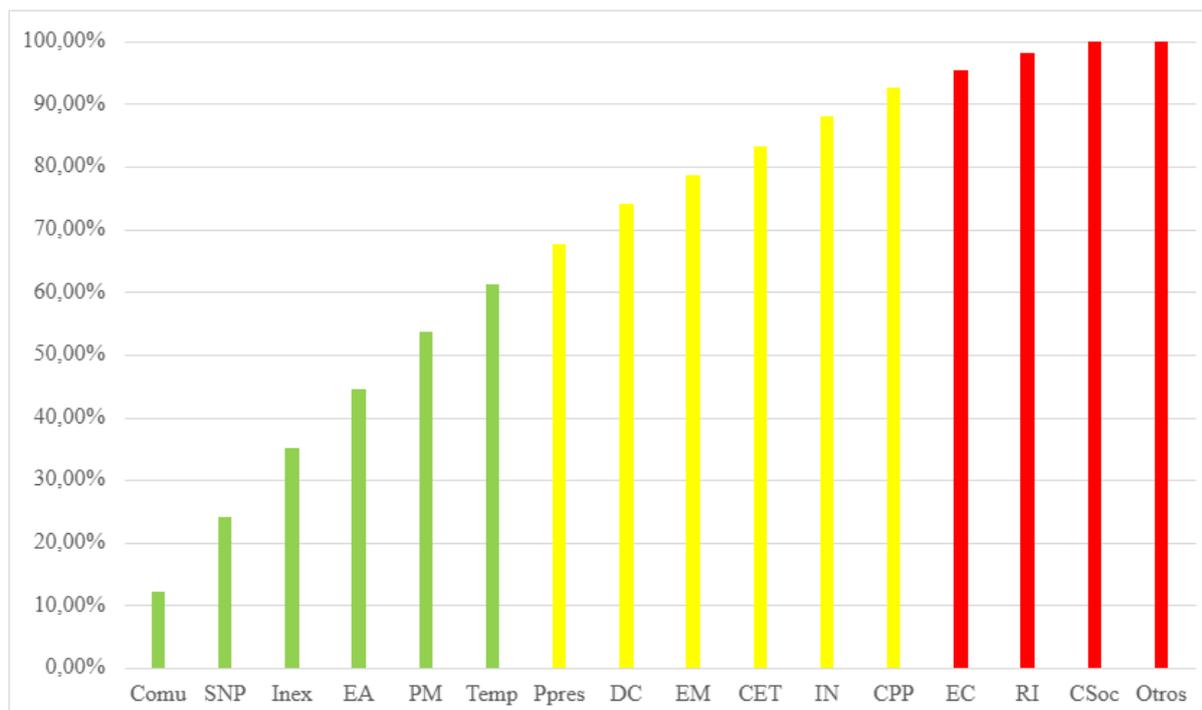
Por otra parte, resulta interesante el comportamiento que presenta la “inexperiencia” (Inex), principalmente respecto a las variables “errores de modelado” (EM) e “incompatibilidades normativas” (IN), en las que la inexperiencia fue escogida el 80% de las veces que cada una de las variables también fueron escogidas. En este caso, es destacable que estas causas para que no se alcancen los objetivos del proyecto, que corresponden a un aspecto más propiamente técnico, la mayoría de las veces fueron acompañadas por el factor de la falta de experiencia, que está vinculado a un ámbito de mayor subjetividad del ingeniero. Dos aspectos de la tarea habitual del profesional se manifiestan y resultan ser independientes, por un lado, la intuición que se ve limitada por la inexperiencia, lo que provoca errores en diseño y fallas en la adecuación a la normativa, problemas de la índole técnica y objetiva. Ante este escenario, la relevancia del juicio ingenieril se refuerza, demostrándose que es de ayuda para alcanzar la meta deseada de manera óptima, pero que es importante para disminuir la posibilidad de error al descartar de manera rápida ciertas alternativas y permitiendo a los ingenieros e ingenieras focalizarse en aquellas que ya intuyen que podrán cumplir con las expectativas.

Por otro lado, siguiendo con la misma línea del análisis de los resultados de los casos exitosos, se presenta a continuación el resultado de implementar el diagrama de Pareto para indagar cuáles son los factores que impiden el éxito en algunos de los proyectos de la Ingeniería.

Metodología (Referencia)	Respuestas totales	Porcentaje relativo	Porcentaje acumulado	Categoría
Mala Comunicación (Comu)	13	12,04%	12,04%	A
Situaciones No Previstas (SNP)	13	12,04%	24,07%	A
Inexperiencia (Inex)	12	11,11%	35,19%	A
Especificaciones Ambiguas (EA)	10	9,26%	44,44%	A
Problemas de Mercado (PM)	10	9,26%	53,70%	A
Apremios Temporales (Temp)	8	7,41%	61,11%	A
Problemas de Presupuesto (PPres)	7	6,48%	67,59%	A
Desconexión con el Cliente (DC)	7	6,48%	74,07%	A
Errores de Modelado (EM)	5	4,63%	78,70%	B
Conflictividad del Equipo de Trabajo (CET)	5	4,63%	83,33%	B
Incompatibilidades Normativas (IN)	5	4,63%	87,96%	B
Cambio en las Políticas Públicas (CPP)	5	4,63%	92,59%	B
Errores de Cálculo (EC)	3	2,78%	95,37%	C
Restricciones Insalvables (RI)	3	2,78%	98,15%	C
Conflictividad Social (CSoc)	2	1,85%	100,00%	C
Otros (Otros)	0	0,00%	100,00%	C

**Tabla 19.** Análisis de Pareto de los distintos factores.

Por otro lado, el gráfico del Diagrama de Pareto será:



**Gráfico 4.** Análisis de Pareto, con las categorías con sus colores.

Viendo el número de la cantidad de respuestas de cada uno de los aspectos evaluados, se puede concluir que la escala tomada para formar las distintas categorías fue:

Respuestas	
Color	Rango
	0 a 4
	5 a 6
	8 a 13

**Tabla 20.** Rango de respuestas para las distintas categorías.

A partir de la Tabla 16 y la Tabla 20, se puede observar una gran diferencia en la uniformidad de los rangos. En el primer caso, el de los proyectos exitosos, se observa una linealidad de, cada 7 respuestas, un cambio de categoría dentro del modelo planteado. Por otro lado, en el caso de los proyectos no exitosos, se pueden ver una inconsistencia, si se toma como referencia lo sucedido en el caso anterior. Esto se debe al hecho de un que un gran número de factores fueron respondidos con la misma frecuencia, un total de 5 respuestas. En la Tabla 18, tal como se dio a detallar en instancias anteriores, en comparación con la tabla de las similitudes de los proyectos exitosos, se encuentran mucha menor cantidad de puntos de encuentros entre las distintas variables planteadas.

A continuación, al igual que se hizo en el análisis de los proyectos exitosos, se indagará para ver cuál es la relación que hay entre esos factores u otros que puedan estar relacionados:

- El primer punto sobre el que se hará énfasis es en la poca cantidad de respuestas por variable. En el caso de los proyectos exitosos, se tenía un promedio de 12,42 respuestas por factor, mientras que, en el caso de los proyectos no exitosos, se tiene un promedio de 7,14 respuestas por factor. Esto es una diferencia muy grande, las respuestas de los exitosos es un 74% mayor. A su vez, la variable más elegida en los proyectos exitosos contabiliza 21 respuestas, mientras que la variable más elegida en la otra sección recién llega a las 13 respuestas. A partir de esto, se puede explicar la gran diferencia que hay entre los distintos rangos de respuestas obtenidos entre las dos categorías en cuestión.
- En cuanto al por qué de la gran diferencia explicada en la viñeta anterior. Se interpreta que los profesionales, al estar en la planificación de un proyecto, intentan abordar todos los detalles posibles, lo cual explica la gran cantidad de respuestas de los exitosos, pero son muy pocos los detalles que generan desastres en el desarrollo de un proyecto, lo cual hace referencia a las pocas respuestas obtenidas en los proyectos no exitosos. Entonces, se remarca la importancia de la conocida frase “El detalle más mínimo provoca el peor impacto”, lo cual sucede en muchas facetas de la vida.
- A partir de lo explicado en las 2 viñetas anteriores, también se podría empezar a entender la falta de coincidencias entre las variables planteadas dentro del formulario. Todos los proyectos son distintos, no hay proyectos iguales. Por ende, siempre habrá distintas trabas que permitan el desarrollo de los mismos. Entonces, no se puede esperar la misma correlación que había en el caso de los proyectos exitosos, ya que en esos casos había distintas metodologías que requieren de una interrelación entre ellas para poder usarse.
- Como se explicó previamente, es muy difícil determinar una importante correlación entre variables debido a la particularidad de cada caso. Pero, al igual que en la sección de los proyectos exitosos, resaltaremos la importancia de la Experiencia, en este caso la Inexperiencia, y como la misma se relaciona con otros factores. Se puede ver en la Tabla 18 que la misma tiene mucha influencia en algunas variables fundamentales. Dentro de estas, se encuentra:
  - EM (Errores de Modelado). Se tiene una coincidencia de un 80% de las respuestas de EM con Inexperiencia. Y en estos casos, suele ser fundamental tener una retroalimentación previa o de alguien con experiencia, porque si no

la posibilidad de error se incrementa a pasos muy grandes. La falta de conocimiento técnico, la limitada familiaridad con las herramientas y la incapacidad para anticipar problemas, todos factores relacionados con la inexperiencia resultan en problemas al momento de plantear un modelo.

- IN (Incompatibilidades Normativas). Se tiene una coincidencia de un 80% de las respuestas de IN con Inexperiencia. Muchas veces, la falta de experiencia puede llevar a depender demasiado de modelos anteriores sin considerar las particularidades del nuevo proyecto, lo que puede resultar en la inaplicabilidad de ciertos criterios normativos.
- SNP (Situaciones No Previstas). Se tiene una coincidencia de un 62% de las respuestas de SNP con Inexperiencia. Si bien el porcentaje de coincidencia es menor que en los casos previos, la cantidad de respuestas que coinciden es bastante mayor. De aquí la importancia de esta variable, la cual se considera que siempre estará muy ligada con la experiencia que se tenga para tomar medidas ante situaciones de riesgo en la planificación y desarrollo de proyectos.
- A partir de todo lo descrito y, viendo como la categoría de Inexperiencia es de las más correlacionadas con el resto se confirma, al igual que en el caso de los proyectos exitosos, lo planteado en la hipótesis. La experiencia tiene mucho valor. Y muchas veces, al carecer de ella, se cometen errores que terminan definiendo el rumbo de proyectos, como en estos casos.

### 6.3. Influencia de la formación humanista y cristiana

Por último, previo a pasar a las conclusiones, se hará un enfoque en la parte final del cuestionario, donde se les pedía a los encuestados que, a voluntad propia, describieran el impacto que había tenido la formación humanista y cristiana proporcionada por la Universidad a lo largo de sus correspondientes carreras. A partir de una lectura general de todas las opiniones proporcionadas, se enunciarán algunas conclusiones. El 83% de los graduados afirmaron que la formación humanista y cristiana que ofrece la Universidad ha sido muy positiva, resaltando que la formación los dotó de un marco ético, además de fortalecerles las habilidades interpersonales y permitirles afrontar complejas situaciones en el ámbito laboral. El 17% restante indica que no les ha sido muy relevante dicha formación para el desarrollo

profesional, aunque algunos destacan cierto valor formativo, pero que no está ligado a herramientas prácticas. Cabe destacar que ninguno de los encuestados consideró que dicha formación haya sido negativa. El 25% de los ingenieros comentaron cómo la educación humanista y cristiana influyó directamente en la toma de decisiones de los proyectos antes mencionados. Para conceder algunos ejemplos, en los proyectos que involucran *Change Management*, fue importante en la gestión de implicancias humanas y culturales. Otro graduado indicó que le ha sido muy útil para lidiar con aspectos ligados a las relaciones humanas, especialmente en entornos de alta presión, o en circunstancias que requieren de negociación o mediaciones entre distintos actores. Pasando a otra respuesta, uno de los profesionales remarca que, a la hora de enfrentar momentos críticos, esta formación orienta a las personas a consultar internamente si el camino elegido es el correcto, considerando no sólo aspectos técnicos, sino también éticos y morales. Finalmente, uno de los ingenieros comentó que las relaciones humanas fortalecidas por esta formación ayudan a tener una mejor comunicación en los equipos de trabajo, y que colaboran a trabajar la confianza al momento de relacionarse con los clientes.

Sumado a todo esto, se puede hablar también de los conceptos más mencionados por todos los entrevistados. Dado que, en su gran mayoría, la formación fue muy positiva para el desarrollo personal, podemos entender que la mención de estos conceptos sigue esta misma tendencia.

Por un lado, nos encontramos con “Valores y Ética”, donde las personas hacen mucho énfasis en un marco ético que guíe su actuar como profesionales, llevando a su vez un comportamiento coherente tanto dentro, como fuera del ámbito laboral. Por otro lado, un concepto muy mencionado es el de “Filosofía” (en la mayoría de los casos mencionando la primera materia que tienen todos los alumnos de la Universidad), donde cuentan que, si bien se cuestiona su aplicabilidad, se reconoce su relación directa con la formación del pensamiento crítico, así como en la moral profesional y la toma de decisiones. Otro muy interesante que mencionaron fue la “Visión Holística”, este último concepto se refiere a tener una visión integral de las cosas, que permitan a los profesionales tomar decisiones considerando las múltiples consecuencias posibles, abarcando aspectos tanto técnicos, como humanos. Por último, se destacan varios conceptos muy relacionados entre sí, como la Versatilidad Profesional, la Responsabilidad Social, el Trabajo en Equipo/Relaciones Humanas, Negociación y la Comunicación.

De todo esto se puede empezar a vislumbrar algunos hechos muy interesantes. Varios de los conceptos que se repiten están muy asociados a competencias que hoy se exigen en las empresas: las habilidades blandas. Cosas que hoy nos resultan más familiares (y en algunos casos, obvias), como la buena comunicación o la importancia de las relaciones humanas, son un valor agregado muy solicitado en cualquier lugar de trabajo. Las empresas en general, pero especialmente las grandes corporaciones, suelen incluso ofrecer distintos cursos para capacitar a sus empleados en esta clase de habilidades. La formación humanista y cristiana, que fue siempre un distintivo de esta Universidad, complementó de gran manera a la formación de estos profesionales, y les sumó un valor agregado complicado de encontrar en los libros más rigurosos de matemática, física o química. En resumen, la formación humanista y católica hizo de estos graduados, profesionales más completos.

## 7. CONCLUSIONES

El presente trabajo se ha orientado a indagar en la compleja naturaleza de la toma de decisiones en el ámbito de la ingeniería. La misma se define como la disciplina que aplica conocimientos técnicos y científicos para diseñar materiales, estructuras y sistemas que cumplan objetivos específicos. Aunque estas definiciones pueden parecer completas, es necesario indagar sobre la importancia que tiene la toma de decisiones de los ingenieros e ingenieras en este proceso de diseño.

En primer lugar, se planteó cómo la ingeniería afecta de manera significativa cada momento de la vida cotidiana, desde el suministro de electricidad hasta sistemas de transporte o médicos, buscando mejorar la calidad de vida humana. Sin embargo, la evolución de estas innovaciones también plantea interrogantes sobre a quién benefician y si sus impactos son verdaderamente equitativos, surgiendo de esta cuestión otra pregunta: ¿cuál es el rol del ingeniero, por medio de sus decisiones, en los resultados obtenidos? Este trabajo atiende esta realidad, indagando tanto en las herramientas técnicas como en la intuición de los ingenieros para realizar su labor.

Por lo tanto, se presentó de manera precisa el problema, contextualizando la evolución de la ingeniería en Argentina y la necesidad de identificar las variables que afectan la búsqueda de la “mejor” solución en proyectos reales. Se enfatizó cómo la toma de decisiones implica no solo la aplicación de cálculos y normativas, sino también un fuerte componente de juicio crítico y experiencia, elementos que se exploran en detalle a lo largo del trabajo.

Posteriormente, se presentó un marco teórico que contiene las bases conceptuales necesarias para comprender el proceso de toma de decisiones. Se abordaron temas fundamentales como la teoría de sistemas, la definición del juicio ingenieril, la relación entre intuición y experiencia, y los procesos cognitivos duales que permiten al profesional tomar decisiones rápidas y fundamentadas. Este marco permitió situar el proceso de toma de decisiones en un ámbito complejo debido a que está compuesto por una multiplicidad de elementos, donde también se ve afectado por la interacción de variables tanto objetivas como subjetivas.

La hipótesis planteada señala que dentro de los saberes ingenieriles ocupa un rol central la competencia del “buen juicio”, conformado por la integración de conocimientos técnicos, de experiencia y elementos subjetivos, tales como la intuición o la formación humanística. Además, se planteó que existe un impacto de la experiencia a lo largo de la toma de decisiones y en la conformación de la intuición. Por otro lado, el objetivo principal de la investigación es contribuir a dilucidar, mediante el análisis empírico de casos reales contados por los propios

graduados, las características epistemológicas y operativas de los saberes ingenieriles que se encuentran presentes al momento de la toma de decisiones tecnológicas concretas.

La metodología adoptada combinó el enfoque exploratorio-descriptivo con un trabajo de campo basado en cuestionarios dirigidos a graduados de ingeniería de la UCA. El cuestionario se diseñó para capturar tanto datos cuantitativos como cualitativos, permitiendo analizar en profundidad casos de proyectos exitosos y no exitosos. Este instrumento fue fundamental para obtener una visión integral de la toma de decisiones, ya que permitió identificar las herramientas, metodologías y criterios empleados en situaciones reales de la práctica profesional.

La organización de los resultados se realizó de forma que se pudiera establecer una comparativa entre trabajos tanto del sector de la industria como de infraestructura y, a su vez, se diferenciara el análisis de proyectos que culminaron con éxito de aquellos que no lo hicieron. Sin embargo, la primera distinción llevó a la conclusión que el comportamiento de los ingenieros e ingenieras de ambas áreas es similar, por lo que no se mantuvo en el análisis posterior.

El análisis de los resultados constituyó el núcleo del trabajo, donde se aplicaron técnicas como el Diagrama de Pareto para identificar y ponderar las variables críticas en la toma de decisiones. En el estudio de los proyectos exitosos y no exitosos, se evidenció que en aquellos en los que se aplicó un proceso de evaluación, en donde se cuantificaron las variables críticas, y se usaron herramientas analíticas en conjunto, como simulaciones con un nivel de significancia bien definido, se tendieron a conseguir resultados más favorables. En general, los proyectos no exitosos tendieron a realizar omisiones en los detalles o se encontraron con situaciones no previstas, lo que desencadenó en fallas en la implementación de ideas, y, en consecuencia, un fuerte contraste entre las expectativas y los resultados.

Finalmente, la investigación se complementó con un análisis cualitativo de testimonios y datos empíricos que reflejaron la diversidad de experiencias y enfoques de los profesionales. Este aspecto no solo refuerza la importancia de una perspectiva integral en la toma de decisiones, sino que también subraya la necesidad de que los futuros ingenieros desarrollen un criterio que combine lo técnico con lo humano y ético.

Además, se constató que la experiencia y la formación humanista que posea el profesional enriquecen el juicio ingenieril y permiten una mayor adaptabilidad ante las incertidumbres propias de cualquier proyecto. Luego de los testimonios, se puede afirmar una educación

humanística y católica aporta en gran medida a la formación integral del profesional. Particularmente, en cuanto los ingenieros de la UCA poseen una ventaja en estas cuestiones por la formación que han recibido. Está claro que, a pesar de la formación que se posee, siempre es posible que se ejecuten proyectos no exitosos, pero, al momento de esbozar un panorama general sobre las habilidades intrínsecas de las personas, se destaca que contar con estas herramientas permitirá obtener mejores resultados, por lo que se subraya la necesidad de que los futuros ingenieros desarrollen un criterio que combine lo técnico con lo humano y ético.

En conclusión, se considera que los objetivos de la investigación fueron cumplidos, logrando obtener un análisis adecuado para contribuir en el estudio de la toma de decisiones en la ingeniería. En esta primera investigación referida a graduados de la Pontificia Universidad Católica Argentina, se verificó la hipótesis planteada en un principio de manera satisfactoria, encontrándose como posible que se continúe este trabajo en una muestra más amplia y diversa de ingenieros e ingenieras formados en universidades argentinas. Por lo tanto, queda disponible la oportunidad de ahondar aún más en la teoría de la toma de decisiones y la importancia del juicio ingenieril para un mejor desarrollo de la profesión.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Adair, D., & Jaeger, M. (2016). Incorporating Critical Thinking into an Engineering Undergraduate Learning Environment. *International Journal of Higher Education*, 5(2). doi:10.5430/ijhe.v5n
- Ahern, A., Dominguez, C., McNally, C., O'Sullivan, J. J., & Pedrosa, D. (2019). A literature review of critical thinking in engineering education. *Studies in Higher Education*. doi:10.1080/03075079.2019.1586325
- Berry, D. J. (2021). Narrative and Epistemic Positioning: The Case of the Dandelion Pilot. En Z. Pirtle, D. Tomblin, & G. Madhavan, *Engineering and Philosophy: Reimagining Technology and Social Progress* (Vol. 37, págs. 123-139). Springer. doi:10.1007/978-3-030-70099-7
- Centro Argentino de Ingenieros. (2018). *Elisa Beatriz Bachofen*. Obtenido de CAI: <https://cai.org.ar/bachofen-maradona/>
- Ceylan, T., & Lee, L. W. (2023). Critical thinking and engineering education. *American Society for Engineering Education*.
- Cristal, Y. (11 de Abril de 2020). Los ingenieros argentinos frente a las epidemias del siglo XIX. *Perfil*. Obtenido de <https://www.perfil.com/noticias/universidades/los-ingenieros-argentinos-frente-a-las-epidemias-del-siglo-xix.phtml>
- Davis, M. (2012). A Plea for Judgment. *Sci Eng Ethics*, 18, 789-808. doi:10.1007/s11948-011-9254-6
- Endesa. (10 de Octubre de 2019). Tesla contra Edison: la guerra que generó la corriente alterna. *Endesa*. Obtenido de <https://www.endesa.com/es/la-cara-e/biografias/tesla-edison-guerra>
- Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. (s.f.). *Hitos y personalidades - Primeras ingenieras*. Obtenido de .ubafiuba: <https://www.fi.uba.ar/institucional/secretarias/secretaria-de-relaciones-institucionales/museo-de-ciencia-y-tecnica/hitos-y-personalidades/primeras-ingenieras>
- Ferguson, S., Drobac, K., & Bryden, K. M. (2023). Solving Tomorrow's Design Challenges Requires New Tools for Large World Decision-Making. *Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED23)*, 3195-3204. doi:10.1017/pds.2023.320
- Francis, R. A., Paretto, M. C., & Riedner, R. (2022). Theorizing Engineering Judgment at the Intersection of Decision-Making and Identity. *Studies in Engineering Education*, 3(1), 79-98.
- Giuliano, H. G., Giri, L. A., Nicchi, F. G., Weyerstall, W. M., Ferreira Aicardi, L. F., Parselis, M., & Vasen, F. (2022). Critical Thinking and Judgment on Engineer's Work: Its Integration in Engineering Education. *Engineering Studies*. doi:10.1080/19378629.2022.2042003
- Gómez, S. (30 de Mayo de 2020). A un año del Paseo del Bajo, la autopista que demoró más de medio siglo y por la que ya se hicieron 5,7 millones de viajes. *Diario Clarín*.

- Guitelman, A., Dunkerley, C., Sánchez, K., & Bersanker, H. (2020). *Paseo del bajo: algo más que una obra de ingeniería*. Consejo Profesional de Ingeniería Civil. Obtenido de [https://gygingeneria.com.ar/pdf/2021\\_Libro\\_Paseo\\_del\\_Bajo.pdf](https://gygingeneria.com.ar/pdf/2021_Libro_Paseo_del_Bajo.pdf)
- Hazelrigg, G. A., & Saari, D. G. (2022). Toward a Theory of Systems Engineering. *Journal of Mechanical Design*, 144, 1-8. doi:10.1115/1.4051873]
- Jonassen, D. (2008). Instructional Design as Design Problem Solving: An Iterative Process. *Educational Technology*, 48(3), 21-26.
- Jonassen, D., Strobel, J., & Lee, C. B. (2006). Everyday Problem Solving in Engineering: Lessons for Engineering Educators. *Journal of Engineering Education*, 139-151.
- Leonard, A., Guanés, G., & Dringenberg, E. (2023). Undergraduate students' beliefs about diverse approaches to making engineering design decisions: Exploring change during a capstone course. *International Journal of Technology and Design Education*(33), 1959–1989. doi:10.1007/s10798-022-09802-w
- Miskioğlu, E. E., Aaron, C., Bolton, C., Martin, K. M., Roth, M., Kavale, S. M., & Carberry, A. R. (2023). Situating intuition in engineering practice. *Journal of Engineering Education*, 418-444. doi:10.1002/jee.20521
- Niewoehner, R. J. (2006). A Critical Thinking Model for Engineering. *2nd International CDIO Conference*.
- Real Academia Española. (2024). *Diccionario de la Lengua Española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/sistema>
- Serna-Montoya, E. (2009). La Ingeniería. *Lámpsakos (revista Descontinuada)*(1), 13-21. doi:10.21501/21454086.749
- The Economist Intelligence Unit. (2013). Why good strategies fail: lessons for the C-suite.
- Weedon, S. (2019). The Role of Rhetoric in Engineering Judgment. *IEEE Transactions on Professional Communication*, 62(2), 165-177. doi:10.1109/TPC.2019.2900824