

PROPUESTA CURRICULAR PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL: UN ENFOQUE BASADO EN LA ANTIFRAGILIDAD

CURRICULUM PROPOSAL FOR THE INDUSTRIAL ENGINEERING PROGRAM: A FOCUS BASED ON ANTIFRAGILITY

J. E. Mendoza Ortega¹
J. Suarez Rocha²
N. Ávila Esquivel³

RESUMEN

En el contexto de la primera mitad del siglo XXI, se observa una clara tendencia tanto en México como a nivel mundial de una mayor velocidad e imprevisibilidad en los cambios sociales y tecnológicos. Estos cambios pueden llevar al abatimiento o rezago de las organizaciones que no estén bien preparadas para aprovecharlos.

La antifragilidad surge como un enfoque de gestión de riesgos que propone que los sistemas pueden beneficiarse de la incertidumbre, el desorden y el caos. Este enfoque proporciona herramientas valiosas para el análisis y la toma de decisiones. En este contexto, el presente trabajo plantea la necesidad integrar en la formación de los ingenieros industriales el enfoque de la antifragilidad.

A través de un estudio comparativo entre los fundamentos de la antifragilidad y cuatro métodos esenciales en ingeniería: Mejora de Procesos, Gestión del Cambio, Administración de Proyectos y Planeación Estratégica, se llega a la conclusión de proponer una estructura curricular que permitirá a los estudiantes desarrollar competencias profesionales de alto impacto para la industria contemporánea y futura. justificada.

ABSTRACT

In the context of the first half of the 21st century, there is a clear trend both in Mexico and worldwide towards greater speed and unpredictability in social and technological changes. These changes can lead to the decline or stagnation of organizations that are not well prepared to leverage them.

Antifragility emerges as a risk management approach that suggests systems can benefit from uncertainty, disorder, and chaos. This approach provides valuable tools for analysis and decision-making. In this context, this work proposes the need to integrate the antifragility approach into the education of industrial engineers.

Through a comparative study between the fundamentals of antifragility and four essential engineering methods: Process Improvement, Change Management, Project Management, and Strategic Planning, it is concluded to propose a curriculum structure that will enable students to develop high-impact professional competencies for the contemporary and future industry.

ANTECEDENTES

La complejidad se convierte en objeto de estudio para las universidades a partir de la segunda mitad del siglo XX. Su investigación partió de la observación de la no linealidad, criticalidad y volatilidad de diversos fenómenos tanto en la física como en las ciencias sociales que en principio se oponen al reduccionismo, pero que igualmente intentan crear modelos predictivos del comportamiento humano, abordando áreas como la economía, la sociología y el estudio del trabajo. Un punto clave de coincidencia entre estas áreas fue la comprensión de que el desorden y la inestabilidad son componentes intrínsecos de la naturaleza.

¹ Profesor de Asignatura. Facultad de Estudios Superiores Aragón. ing.jemendoza@hotmail.com

² Profesor de Tiempo Completo Posgrado Facultad de Ingeniería, UNAM. surjave@unam.mx

³ Jefe de carrera Ingeniería Industrial FES Aragón. noeavila6g2@aragon.unam.mx

Impredecibilidad en los sistemas complejos

Los principales enfoques que emergen para enfrentar la complejidad son la teoría de caos y la teoría de los sistemas complejos, siendo esta última perspectiva una nueva mirada que concibe a los fenómenos complejos en términos de la totalidad (Maldonado, 2014). Este enfoque tiene como punto de origen los trabajos de Bertalanffy con la “Teoría general de sistemas” (1968), donde establece conceptos fundamentales como el de sistemas abiertos y el de propiedades emergentes, inspirados en el comportamiento de los seres vivos.

Aunque la perspectiva sistémica se puede aplicar en diversas áreas de actividad humana, su aplicación principal se encuentra en el campo de la ingeniería, especialmente en el diseño organizacional y la operatividad de procesos (Buchanan, 2020). Su empleo para el análisis de problemas dentro de sistemas de actividad humana resulta altamente beneficiosa debido a la fuerte interdependencia de los individuos y procesos que componen la organización.

No obstante, en entornos macro, como aquellos estudiados en la planeación estratégica, la macroeconomía o la geopolítica, se vuelve aún más complicado encontrar modelos de sistemas capaces de predecir el comportamiento del suprasistema debido a la naturaleza impredecible de las propiedades emergentes que surgen de los sistemas que se influyen mutuamente. Si además se consideran variables externas de segundo orden, notoriamente más aleatorias, tales como el clima, una pandemia, una nueva tecnología, cambios políticos o culturales, se origina un entorno de alta variabilidad propicio para cambios disruptivos.

El término “cambio disruptivo” se refiere a una transformación significativa e innovadora dentro de un mercado o industria que impone una forma radicalmente diferente de hacer las cosas. Sin embargo, es crucial destacar que los cambios trascendentales en el suprasistema no necesariamente se relacionan con la innovación y pueden ser de cualquier otra índole, ya sea por eventos naturales o factores humanos. En un sentido más amplio, Taleb (2013) define a estos cambios como Cisnes negros. Un cisne negro es un suceso con una probabilidad de ocurrencia muy baja o desconocida, pero, con un impacto muy grande y que solo puede ser explicado hasta después de su ocurrencia.

Por otra parte, los factores que abruman a los sistemas no son exclusivos de los entornos macro, ya que, también se pueden observar, y con mayor frecuencia, en el nivel local, es decir, al interior de las propias organizaciones. Casos como la salida de un trabajador, la avería de una maquinaria, defectos en los insumos, conflictos interpersonales o de carácter político, la resistencia al cambio o simplemente los errores cotidianos que se cometen en el día a día, son algunos ejemplos de factores internos que aumentan la complejidad y que crean una desviación constante de las metas trazadas.

Definición de antifragilidad en la literatura

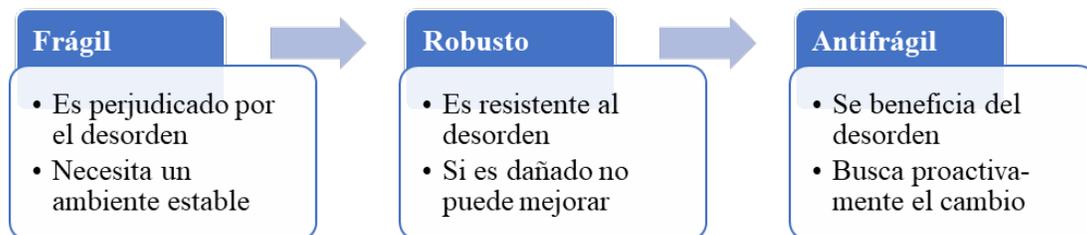
El concepto de antifragilidad es propuesto por Taleb (2013) en su obra “Antifrágil: Cosas que se benefician del desorden” y hace referencia a la propiedad de los sistemas de prosperar, crecer o beneficiarse al enfrentarse a la volatilidad, al azar, al desorden y a los estresores. Este concepto surge para analizar fenómenos en el campo de la gestión de riesgos y uno de sus principales postulados es que es más efectivo centrarse en corregir fragilidad de un sistema en lugar de intentar predecir sus probabilidades de exposición al riesgo. Así mismo,

Taleb pone de manifiesto que en el lenguaje occidental no existe una acepción que designe lo contrario de la fragilidad pese a ser un fenómeno omnipresente de la naturaleza.

El enfoque formal con que Taleb (2013) presenta al concepto de antifragilidad establece un marco de análisis sólido y versátil que se ha extendido diversos campos, que abarcan la economía, la arquitectura, la innovación, la medicina, la política e incluso la psicología. Este término ha ganado popularidad, siendo empleado en diversos artículos, tesis de investigación y libros (Botjes, 2020), sin embargo, su empleo fuera de los círculos académicos es usado frecuentemente sin el debido rigor para describir otros conceptos ya estudiados, pero fundamentalmente diferentes como el de la resiliencia, la evolución, la flexibilidad o la adaptabilidad.

Para salvar estas diferencias, Taleb propone una analogía a la que llama “la Triada”, que se muestra en la Figura 1, en donde sitúa a la antifragilidad en una escala respecto de la fragilidad, y la robustez. Esta escala permite categorizar a cualquier objeto de estudio en una de tres grupos, facilitando la identificación de que es lo que se debe hacer para mejorar sus condiciones (Taleb, 2013). De esta manera, se logra una comprensión más intuitiva de lo que significan estos tres conceptos: Frágil es aquello que es dañado por el desorden y requiere condiciones estables para subsistir, robusto es lo que permanece inmutable y resiste bien las perturbaciones del entorno; Antifrágil es lo que se fortalece con el desorden y busca activamente cambios que lo beneficien.

Figura 1. Clasificación de sistemas en función de su respuesta al desorden

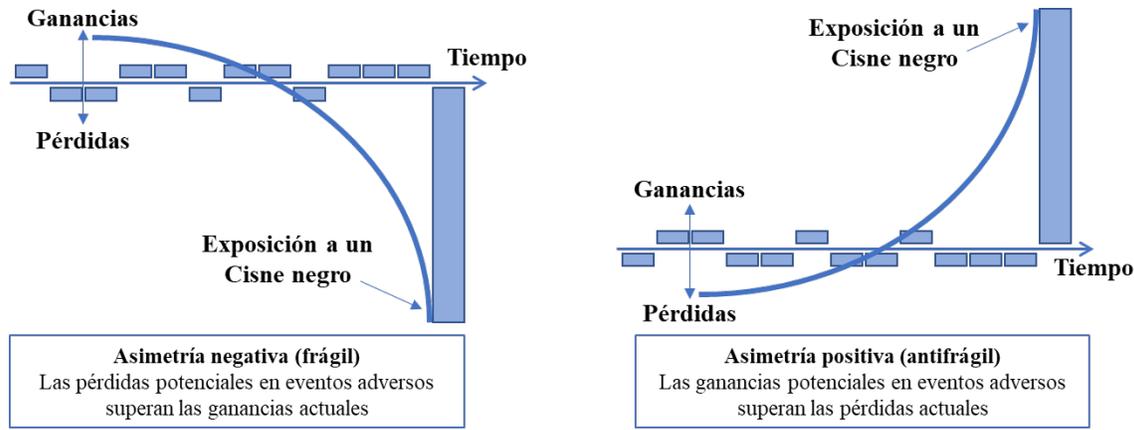


Cabe destacar que, los términos frágil y antifrágil son relativos puesto que un mismo objeto de estudio puede ser frágil en un sentido (por ejemplo, la complexión física de una persona) y a la vez antifrágil en otro (poseer un carácter y determinación). No obstante, este marco de referencia ha logrado consolidar a la antifragilidad como un paradigma innovador con el cual se pueden abordar múltiples problemas del mundo real. Para profundizar en este estudio, Taleb (2013) propone en su obra una serie de criterios para caracterizar las propiedades antifrágiles de los sistemas, de los cuales se pueden destacar dos como fundamentales para su comprensión: la Asimetría y las estrategias heurísticas.

La Asimetría, como se observa en la Figura 2, define si los sistemas son frágiles o antifrágiles en función de su respuesta a una situación particular. Cuando un sistema es antifrágil, tiene asimetría positiva puede someterse a pérdidas medibles (errores, ahorros, gastos) en tiempos de estabilidad, a la vez que está posicionado para aprovechar oportunidades (ganancias, inversiones, innovaciones) en momentos de crisis. Por el contrario, un sistema

que tiene beneficios medibles en tiempos de estabilidad, pero es propenso a sufrir pérdidas significativas en momentos de crisis, exhibe asimetría negativa y se considera frágil.

Figura 2. Tipos de asimetría en función de la exposición al riesgo



Fuente: Taleb (2013)

Las estrategias heurísticas son reglas simples para la toma de decisiones. Su importancia radica en que los problemas reales tienen más de una solución y no hay un método definido para llegar a ella, mientras que la capacidad de analizar información es limitada. Taleb señala que las decisiones basadas en la experiencia y la observación resultan a menudo ser más efectivas que el empleo de métodos rigurosos para el análisis, ya que mientras las primeras se sustentan en conocimientos que han perdurado (antifrágiles), los segundos son sensibles (frágiles) a la influencia de datos aleatorios y la inclusión de variables que pueden parecer importantes superficialmente cuando, en realidad hay otras fuentes menos evidentes.

Atributos de alto impacto en el ingeniero industrial

En la actualidad, los profesionales de la Ingeniería Industrial se encargan de dirigir, gestionar y tomar decisiones orientadas a resolver una variedad de problemas y al logro de resultados (Acevedo y Linares, 2012). Para garantizar su efectividad, el ingeniero industrial emplea una variedad de conceptos, técnicas y herramientas especializadas. Estas herramientas, según el estudio de Acevedo y Linares (2012) sobre el rol del ingeniero industrial en la organización moderna, se agrupan en tres factores clave para el éxito, que se describen a continuación:

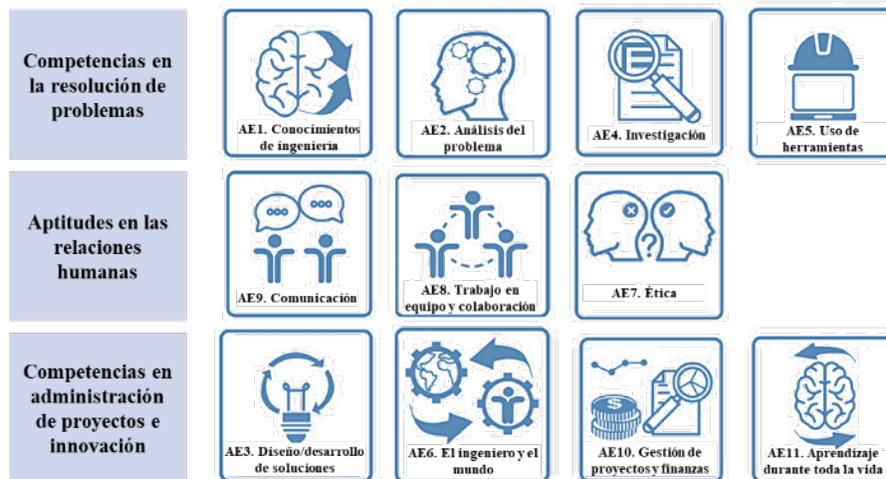
- 1) Competencias para resolver problemas.** Diseñar soluciones para la mejora de diferentes situaciones a través de la abstracción, el pensamiento lógico y el uso de herramientas y técnicas especializadas; tanto con una visión operativa como estratégica.
- 2) Aptitud interpersonal.** Ejercer eficazmente su rol en equipos multidisciplinarios de trabajo con una comunicación efectiva, resolviendo conflictos y promoviendo la participación de sus colaboradores de acuerdo con las diversas necesidades del trabajo.
- 3) Administración y gestión del cambio.** Gestionar los diferentes recursos técnicos y humanos para la ejecución de proyectos de ingeniería, integrando una perspectiva global para entender cambios emergentes, así como incluir factores de desarrollo sostenible.

En este contexto, con el objetivo de promover los atributos de egreso más relevantes en los futuros ingenieros, en México se llevan a cabo procesos de acreditación para los programas de estudio en Ingeniería de las Instituciones de Educación Superior (IES), como el que lleva a cabo el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI), que establece que los mejores programas de estudio deben alinear sus atributos de egreso y los objetivos educacionales con la misión y contexto particular de cada IES (Consejo de la Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería [CACEI], 2021).

Un ejemplo del cumplimiento de los criterios de calidad y la pertinencia que el CACEI establece en la definición de atributos de egreso, es el programa de estudios la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Estudios Superiores Aragón, que cuenta con 11 atributos de egreso claramente definidos (Facultad de Estudios Superiores Aragón, 2023).

- AE1.** Desarrollar soluciones a partir del entendimiento de las asignaturas que conforman las diferentes áreas de conocimiento incluidas en el plan de estudios.
- AE2.** Analizar a través de un enfoque holístico los problemas propios de la ingeniería industrial, satisfaciendo las necesidades presentes y considerando a las generaciones futuras.
- AE3.** Diseñar soluciones para la mejora de diferentes sistemas, considerando sus necesidades, incluyendo factores de desarrollo sostenible de acuerdo con el contexto.
- AE4.** Aplicar el método científico para desarrollar investigaciones o proyectos de ingeniería, considerando temáticas emergentes, con el fin de proporcionar conclusiones válidas.
- AE5.** Adoptar y adaptar metodologías, recursos ingenieriles, herramientas tecnológicas y TI, según las necesidades, para la solución de problemas de Ingeniería Industrial.
- AE6.** Evaluar los riesgos e impactos que pudieran generarse en el entorno, al solucionar problemas de ingeniería desde una perspectiva sustentable y sostenible.
- AE7.** Emplear principios ético-profesionales con enfoque incluyente y de diversidad en los distintos escenarios donde se desenvuelve, cumpliendo los marcos normativos necesarios.
- AE8.** Desempeñar eficazmente su rol en equipos multidisciplinarios e interdisciplinarios de acuerdo con las diversas necesidades y modalidades de trabajo.
- AE9.** Emplear de manera efectiva la comunicación en la presentación y desarrollo de propuestas, acuerdos, proyectos y resultados, tomando en cuenta la diversidad de audiencias.
- AE10.** Gestionar los diferentes recursos inherentes a proyectos de ingeniería para la mejora de la productividad, asumiendo su responsabilidad dentro de equipos de trabajo.
- AE11.** Participa en diferentes experiencias formativas, que se adapten al contexto actual y las tendencias tecnológicas que contribuyan a su aprendizaje integral.

En la Figura 3 se presenta la relación entre los atributos de egreso antes mencionados y los tres factores clave en rol del ingeniero industrial identificados por Acevedo y Linares (2012):

Figura 3. Atributos de egreso organizados por tipos de competencias

Fuente: Facultad de Estudios Superiores Aragón (2023)

Problema de estudio

Es crucial desarrollar en los futuros ingenieros competencias para entender y afrontar los rápidos cambios sociales, complejidades tecnológicas y riesgos emergentes, mismas que les permitan transformar empresas tradicionales (frágiles) en antifrágiles. Esto conlleva la necesidad de fortalecer la formación académica de los ingenieros industriales incluyendo en los programas de estudio el enfoque de la antifragilidad.

En este sentido, se tiene como objetivo responder a las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cuáles son las competencias clave en la formación de ingenieros industriales que un enfoque basado en la antifragilidad podría desarrollar?
2. ¿Cómo podría integrarse el enfoque de la antifragilidad dentro del plan de estudios de la carrera en Ingeniería industrial?
3. ¿Qué metodologías y herramientas pedagógicas son efectivas para enseñar conceptos de antifragilidad en el contexto educativo de ingeniería?

Para abordar estas preguntas de investigación se parte del siguiente supuesto: Los estudiantes, al reconocer las analogías y contrastes entre los conceptos de ingeniería previamente adquiridos en su plan de estudios, y los conceptos innovadores del enfoque antifrágil, aterrizados a través de la reflexión de casos prácticos y ejemplos de aplicación, reforzarán sus competencias en la resolución de problemas y la gestión del cambio.

METODOLOGÍA

La estrategia de investigación plantea cuatro etapas principales:

1. Revisión del estado del arte: Selección de metodologías comúnmente empleadas en Ingeniería Industrial y estudio de sus conceptos fundamentales.
2. Estudio comparativo: Identificación de las áreas de convergencia y aplicación de los fundamentos de las metodologías revisadas y los conceptos de la antifragilidad.

3. Desarrollo de un marco teórico integrado: Síntesis de un temario que integre los conceptos de la antifragilidad dentro del marco de las metodologías seleccionadas.
4. Alineación con el Plan de estudios: Adaptar la propuesta curricular al Plan de Estudios de Ingeniería Industrial, así como proponer una estrategia de pedagógica.

La Figura 4 ilustra el desarrollo de estas aproximaciones en una estrategia de 4 etapas:

Figura 4. Estrategia de investigación



RESULTADOS

Etapa 1: Revisión del estado del arte

Un análisis de las metodologías comúnmente utilizadas en la Ingeniería Industrial reveló que pueden clasificarse en tres perspectivas según su alcance en la organización: estratégicas, tácticas y operativas. En este sentido, se eligieron cuatro marcos conceptuales de referencia:

- a) **Planeación estratégica:** Se enfoca en resolver problemas externos que afectan a toda la organización, como la identificación y aprovechamiento de oportunidades.
- b) **Administración de proyectos:** Se considera un marco metodológico de enfoque táctico, ya que aborda proyectos dentro de la organización que abarcan diversas áreas.
- c) **Mejora de procesos:** Basada en el principio de mejora continua, su alcance es operativo y se desarrolla dentro de áreas específicas de la organización.
- d) **Gestión del cambio:** Con un enfoque táctico-operativo, involucra personal de diferentes niveles de la organización para mejorar la implementación de soluciones.

Etapa 2: Estudio comparativo entre el enfoque tradicional y la antifragilidad

A continuación, en la Tabla 1 se presenta la síntesis comparativa entre los principales conceptos de la antifragilidad establecidos por Taleb (2013) y su relación con los principios de aplicación de las metodologías seleccionadas en la revisión del estado del arte.

Tabla 1. Relación entre conceptos de antifragilidad y fundamentos de ingeniería

Concepto descrito por Taleb	Aplicación en ingeniería	Intervencionismo ingenuo:	Gestión del cambio:
Problema del pavo: Ilustra el riesgo de predecir condiciones estables en el futuro con base en la estabilidad del pasado.	Planeación estratégica: Crear planes y fondos de contingencia imaginando los escenarios pesimistas de más alto impacto.	Controlar situaciones complejas confiando en que se tiene el conocimiento suficiente en vez de comprender lo menos evidente.	Cuando los líderes intentan controlar cada aspecto del cambio en lugar de adoptar un enfoque participativo en la toma de decisiones.
Estrategia de la Haltera: Consiste en combinar los dos extremos (riesgoso y seguro) en vez de elegir solo uno de los dos o el punto medio.	Mejora de procesos: Mejoras pequeñas e incrementales en procesos clave y cambios más drásticos y audaces en procesos que agregan menor valor.	Falacia teleológica: Pretensión de saber exactamente a donde se va y que quienes han triunfado sabían a donde se dirigían.	Planeación estratégica: Cuando un líder asume que su visión es suficiente y su estrategia infalible y no contempla otras opiniones.
Vía negativa o sustractiva: Se puede reconocer más fácilmente lo que no funciona y por tanto es mejor no fallar que acertar.	Administración de proyectos: Enfocarse en reconocer y mitigar los riesgos más probables en lugar de creer en escenarios optimistas.	Opcionalidad: No limitarse a un programa establecido, conservar la capacidad de cambiar de dirección durante el proceso.	Administración de proyectos: Metodologías ágiles que admiten cambios en el proyecto con base en la retroalimentación del cliente.

latrogenia: Cuando se provoca un daño a causa una intervención que pretendía ser de ayuda.	Gestión del cambio: Evitar la adopción de modas y tendencias sin una evaluación adecuada.	Falacia narrativa: Falsa sensación de control justificando los hechos con una selección sesgada de datos, relacionados dentro de una narrativa coherente	Gestión del cambio: Culpar a una persona de un problema sin llevar a cabo un diagnóstico que analice las diversas variables del entorno de trabajo.
Sobre compensación: Proceso por el que un sistema somete a sus elementos más débiles a fuentes de estrés para fortalecer todo el conjunto	Mejora de procesos: Identificar cuellos de botella para asignarle recursos o medidas de control adicionales a fin de tener holgura y reducir el riesgo de paro.	Pavo a la inversa: Perder oportunidades alegando que, quienes se dedican a buscarlas, no las han encontrado	Planeación estratégica: Cuando falla el lanzamiento de un producto por no haber realizado una propuesta mínima viable.
Ética antifrágil: Cuando se reciben solo los beneficios de las acciones, pero se transfiere a otros las consecuencias negativas.	Administración de proyectos: Centrarse únicamente en los indicadores de rentabilidad y no considerar las externalidades.	Dar clases de vuelo a las aves: Señala la futilidad de intentar dirigir procesos autónomos o que ya están arraigados.	Mejora de procesos: Estandarizar sin gestionar el conocimiento que el trabajador posee de su propio trabajo.
Innovación por bricolaje: Enfoque que consiste en experimentar y aprender de los errores hasta encontrar el tipo “correcto” de errores.	Planeación estratégica: Pautar con presupuesto bajo muchas campañas de marketing con ideas y enfoques diferentes hasta hallar los “insights” de la marca.	Horméis: Administrar bajas dosis de una sustancia dañina (estresor) para estimular y hacer más fuerte al cuerpo.	Mejora de procesos: Recorridos de supervisión o auditorias generan estrés en los trabajadores, pero mejoran la operación.
Turistización: Apegarse a un itinerario extrayendo la aleatoriedad y espontaneidad de una actividad.	Gestión del cambio: Cumplir con una norma o metodología al pie de la letra sin considerar la cultura organizacional.	Vía positiva: Postura crítica y escéptica de aquello que pretende sustituir a lo natural. Es mejor intervenir solo para controlar o limitar el tamaño de lo artificial.	Planeación estratégica: Implica planear un crecimiento ordenado de la empresa definiendo un modelo de negocio escalable y repetible.
Concepto descrito por Taleb	Aplicación en ingeniería		
Efecto Lyndy: Cuanto más tiempo ha existido algo, más aumenta su esperanza de vida.	Planeación estratégica: Estrategias usadas por mucho tiempo son las más confiables.	Neomanía: Es el amor al cambio únicamente por la novedad. Interfiere con el robustecimiento de las soluciones actuales.	Planeación estratégica: Adoptar nuevas prácticas o productos que no estén alineados con la misión y visión de la organización.
Falacia de la predictibilidad: Estimar las probabilidades de un evento futuro basándose en datos del pasado, en lugar de controlar la exposición al suceso.	Administración de proyectos: Proyectar un incremento constante de la demanda para determinar el flujo de efectivo en una evaluación financiera.	Lecho de Procusto: Se refiere a simplificar o “recortar” situaciones para que se ajusten a la teoría conocida.	Administración de proyectos: Centrarse únicamente en metas predefinidas y una metodología estándar sin contemplar cambios.
Reglas Heurísticas: Uso de reglas simples derivadas de la experiencia y que han perdurado por algún motivo en vez de enfoques teóricos complejos.	Mejora de procesos: Durante el mapeo de procesos identificar y formalizar las buenas prácticas y la experiencia de los trabajadores que han adquirido con el tiempo.	Falacia lúdica: Error en el que se llega a una conclusión a partir de un caso no representativo o excepcional.	Mejora de procesos: Fijar metas usando el mejor caso histórico sin considerar la distribución y variabilidad del proceso.

Etapa 3: Propuesta curricular con un marco teórico integrado

A partir de las áreas de convergencia identificadas en la etapa anterior, se desarrolló un temario que integra los cuatro marcos metodológicos y los conceptos de la antifragilidad. La propuesta denominada “Enfoque de sistemas antifrágiles” se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Temario para la propuesta curricular

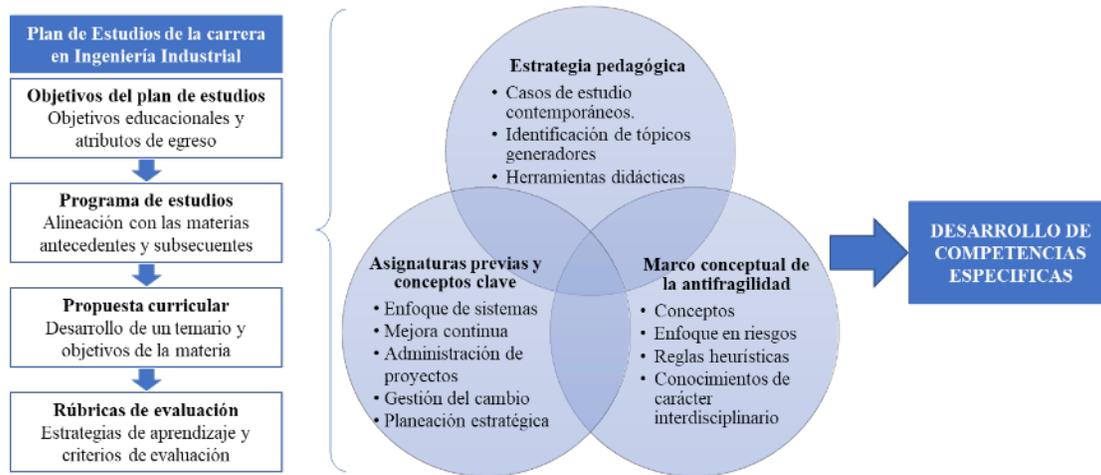
Nombre de la asignatura: Enfoque de sistemas antifrágiles	
Unidad 1: Introducción a la Antifragilidad y enfoque de sistemas	
Tema 1.1	<i>Visión sistémica de la organización.</i>
Tema 1.2	<i>Definición de antifragilidad y su relación con sistemas complejos.</i>
Tema 1.3	<i>Heurística: Aplicación de reglas antifrágiles en ingeniería.</i>
Unidad 2: Análisis de Procesos desde la Perspectiva Antifrágil	
Tema 2.1	<i>Mejora continua y flexibilidad en los procesos.</i>
Tema 2.2	<i>La opcionalidad en la mejora de procesos.</i>
Tema 2.3	<i>Robustez, Eficiencia y desperdicios</i>

- Unidad 3: Administración de Proyectos y Análisis de Riesgos**
 Tema 3.1 *Concepto de riesgo desde la perspectiva antifrágil.*
 Tema 3.2 *Evaluación de riesgos y predictibilidad.*
 Tema 3.3 *Metodologías ágiles en la gestión de proyectos.*
- Unidad 4: Gestión del cambio y toma de decisiones**
 Tema 4.1 *Aprendizaje organizacional*
 Tema 4.2 *Innovación y experimentación*
 Tema 4.3 *Planificación estratégica flexible.*

Etapa 4: Alineación con el Plan de estudios y propuesta pedagógica

En esta etapa, que se resume en la Figura 5, se establecen las bases para alinear la propuesta curricular con el Plan de Estudios de la carrera en Ingeniería Industrial. Esto implica identificar las asignaturas previas necesarias para reconocer la aplicación de los conceptos, así como la determinación de una estrategia de aprendizaje que permita la reflexión.

Figura 5. Alineación con el Plan de estudios y estrategia pedagógica



CONCLUSIONES

Entre las competencias que un enfoque basado en la antifragilidad podría desarrollar en estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial se incluyen el pensamiento estratégico, la capacidad para tomar decisiones en entornos de incertidumbre, la habilidad para aprender a través de la experimentación y la capacidad para gestionar el cambio.

El paradigma de la antifragilidad podría incorporarse en el plan de estudios de la carrera en Ingeniería industrial con una asignatura que aborde la administración ágil en la gestión de proyectos, realce la importancia de complementar con estrategias heurísticas los métodos analíticos y fomente la innovación experimental y el aprendizaje basado en errores.

Como herramientas pedagógicas para enseñar conceptos de antifragilidad en ingeniería, se recomienda el análisis de casos de estudios, la exploración de temas contemporáneos que generen debate y reflexión, y la participación en el aula de profesionales de la industria.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, A. y Linares, M. (2012). El enfoque y rol del ingeniero industrial para la gestión y decisión en el mundo de las organizaciones. *Industrial Data*, vol. 15(1), pp. 9-24. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81624969002.pdf>
- Botjes, E. (2020). *Defining antifragility and the application on organisation design*. [Thesis for Master of Science, Antwerp Management School]. <https://zenodo.org/records/3719389>
- Buchanan, R. (2020). Systems thinking and design thinking: the search for principles in the world we are making. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, vol. 6(4). <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2019.04.001>
- Consejo de la Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería A. C. [CACEI] (2021). *Políticas y procedimientos para la acreditación de programas de ingeniería y técnico superior universitario asociado a ingenierías*. <http://cacei.org.mx/nv/docs/polproc.pdf>
- Díaz, V., Poblete, A. y Gallardo, M. (2019). Rediseño curricular por competencias: experiencia en la formación inicial universitaria en Chile. *Revista iberoamericana de educación superior*, vol. 10(27), pp. 72-91, <https://www.ries.universia.unam.mx/index.php/ries/article/view/341>
- Facultad de Estudios Superiores Aragón (2023). *Objetivos educacionales y atributos de egreso - Ingeniería Industrial*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). <https://sites.google.com/aragon.unam.mx/fes-aragon-iid/plan-de-estudios/objetivos-educacionales-y-atributos-de-egreso>
- Izar, J. (2016). *Gestión y Evaluación de Proyectos* (1ª Ed.). Cengage Learning
- Maldonado, C. (2014). ¿Qué es un sistema complejo? *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, vol. 14(29), pp. 71-93. <https://www.redalyc.org/pdf/414/41438646004.pdf>
- Taleb, N. (2013). *Antifrágil: Las cosas que se benefician del desorden*. Ediciones Paidós