

# PowerCamp: Metodología Basada en Inteligencia Artificial para Disminuir la Fragilidad de Microemprendedores

1 <sup>st</sup> Bermeo Mike <i>AI Developer</i> Digevo Ventures Quito, Ecuador mbermeo@digevo.com	2 <sup>nd</sup> Fanjul Jacinta <i>Director</i> Hub Metropolitano Santiago, Chile jacintafanjul@gmail.com	3 <sup>rd</sup> Rojas Daniel <i>IT Architect</i> Digevo Ventures Santiago, Chile drojas@digevo.com	4 <sup>th</sup> Sherman Stefanie <i>CEO</i> Digevo Ventures Santiago, Chile ssherman@digevo.com	5 <sup>th</sup> Musso Roberto <i>Board Member</i> Digevo Santiago, Chile rmusso@digevo.com
---	--	--	---	--

**Abstract**—PowerCamp es una metodología y plataforma de entrenamiento impulsada por inteligencia artificial, diseñada para fortalecer a los microemprendedores latinoamericanos desde su fragilidad estructural hacia la antifragilidad emprendedora. Basada en el modelo evolucionista El Viaje del Emprendedor y en la teoría de las Prácticas Emprendedoras (Premes), PowerCamp diagnostica el nivel de fragilidad de cada negocio mediante lógica difusa y diseña rutas personalizadas de entrenamiento aplicando IA generativa y acompañamiento humano. Su mentor virtual, Darwin, ofrece orientación empática, práctica y continua a través del celular del emprendedor. Con más de 2.000 MIEs entrenados, PowerCamp demuestra que la combinación de tecnología, ciencia del comportamiento y pedagogía aplicada puede transformar el aprendizaje empresarial en una experiencia personalizada, masiva y profundamente humana: un nuevo estándar para construir economías antifragiles desde la base.

**Index Terms**—microemprendedores, emprendimientos, inteligencia artificial, lógica difusa, sistema de recomendación

## I. INTRODUCCIÓN

### A. El desafío: microemprendedores menos frágiles

En América Latina los microemprendedores constituyen la columna vertebral de las economías locales: representan la mayoría del tejido productivo y generan una proporción sustantiva del empleo formal, aunque su contribución al PIB es relativamente baja. Esta discrepancia refleja una productividad promedio reducida y profundas brechas estructurales y de capital humano. Detrás de las cifras agregadas existe una enorme heterogeneidad: microemprendedores de subsistencia, trabajadores por cuenta propia, iniciativas familiares informales, emprendimientos liderados por mujeres jefas de hogar y jóvenes autoempleados, entre otros. Con frecuencia, la motivación principal para emprender es la necesidad (no la oportunidad), y una parte importante de estos microemprendedores opera en la informalidad. Asimismo, persisten brechas de género y educativas que restringen su potencial productivo y limitan la adopción de buenas prácticas de gestión.

Las condiciones en que se desarrollan estos microemprendedores agravan su vulnerabilidad: acceso restringido a financiamiento formal, competencia intensa, a menudo con actores informales de menores costos, altas barreras burocráticas y

entornos macroeconómicos volátiles (inflación, devaluaciones y crisis recurrentes). A nivel individual, suelen enfrentar también limitaciones de tiempo, baja confianza en entornos formales de aprendizaje y una marcada heterogeneidad en alfabetización digital, lo que dificulta la participación y el aprovechamiento de programas de apoyo convencionales.

### B. Tasas de mortalidad y brechas estructurales

Las consecuencias de estas debilidades se traducen en elevadas tasas de abandono: una proporción significativa de los microemprendedores no logra sostener su actividad más allá de los primeros años. Las estadísticas disponibles muestran que la mayoría de los emprendimientos individuales fracasan en sus primeros tres a cinco años, y que la supervivencia y el crecimiento sostenido son excepciones. Detrás de estos resultados subyacen causas múltiples, tanto internas (déficits en planificación y gestión, problemas financieros, carencia de capacidades) como externas (competencia desleal, entornos regulatorios y económicos adversos, falta de redes y mentorías accesibles).

### C. Factores de fragilidad emprendedora

Los factores que incrementan la fragilidad de los microemprendedores pueden agruparse en dimensiones operativas, financieras, humanas y contextuales:

- **Operativa:** ausencia de planificación estratégica, falta de control de actividades y registros básicos del negocio.
- **Financiera:** dependencia del financiamiento informal, escaso control de flujos de caja y baja inclusión en servicios financieros formales.
- **Humana y conductual:** carencias en habilidades de gestión, baja confianza, resistencia o dificultad para aprender mediante canales formales.
- **Tecnológica:** baja digitalización y limitada adopción de herramientas que faciliten la gestión y el acceso a mercados.
- **Contextual:** competencia informal y desleal, insuficiente apoyo público sostenido y entornos macroeconómicos inestables.

#### D. Impacto socioeconómico

El elevado abandono o fracaso de microemprendedores limita su potencial como motor de empleo y desarrollo local. Si se lograra reducir su fragilidad y aumentar sus capacidades gerenciales y financieras, el efecto multiplicador sobre el empleo, la inclusión productiva y la cohesión social podría ser considerable. Por ello resulta crucial diseñar intervenciones que no solo transmitan conocimientos, sino que efectivamente transformen comportamientos y prácticas en el quehacer diario del microemprendedor.

#### E. Oportunidad y propuesta general

Frente a este escenario, proponemos una **solución inteligente y personalizada** para medir y reducir la fragilidad emprendedora. La propuesta consiste en una **plataforma basada en inteligencia artificial** que acompañe el “viaje emprendedor” mediante diagnósticos individualizados y recomendaciones adaptativas. El núcleo de la intervención es un **Índice de Fragilidad Difuso (IFD)**: una métrica cuantitativa que, mediante lógica difusa, integra múltiples dimensiones de vulnerabilidad (financiera, operativa, humana, tecnológica y contextual) y prioriza intervenciones prácticas y escalables.

#### F. Fundamentos teóricos: antifragilidad y prácticas emprendedoras (Premes)

La propuesta se apoya en tres fundamentos complementarios:

- 1) **Antifragilidad aplicada al emprendimiento**: más que buscar resiliencia (resistir sin cambiar), se persigue que el microemprendedor y su negocio mejoren cuando enfrentan estrés controlado: aprender de errores, iterar y transformar choques en oportunidades de mejora.
- 2) **Metodología evolutiva y Premes**: inspirados en enfoques que conciben las prácticas emprendedoras esenciales (“Premes”) como los “genes” del éxito emprendedor, la intervención prioriza la identificación y adopción de prácticas concretas y aplicables en cada etapa del proceso (ideación, arranque, estabilización y crecimiento).
- 3) **Evidence-based y learning-by-doing**: la evidencia muestra que la adopción de prácticas gerenciales sencillas (registro de ventas, control de inventario, presupuestación básica) está asociada con mejoras reales en productividad y sostenibilidad. Por el contrario, la capacitación teórica masiva suele tener impacto limitado. De ahí la necesidad de un entrenamiento aplicado, iterativo y personalizado.

#### G. Componentes de la solución propuesta

La plataforma integra tres elementos principales:

- **Diagnóstico difuso (IFD)**: evaluación inicial que cuantifica la fragilidad en varias dimensiones y genera un perfil individual del microemprendedor.
- **Motor de recomendaciones inteligentes**: mapea cada perfil de fragilidad a un conjunto priorizado de Premes

(prácticas a implementar) y a intervenciones concretas, escalables y de bajo fricción.

- **Acompañamiento práctico y adaptativo**: rutas de “learning by doing” que guían la implementación de las prácticas en el día a día del negocio, combinando micro-tareas, retroalimentación empática y seguimiento automatizado para favorecer la adopción sostenida.

#### H. Del concepto a la implementación

Este marco teórico da lugar a una plataforma operativa que personaliza el viaje emprendedor, cuantifica la fragilidad y acompaña la ejecución de prácticas que reducen vulnerabilidades. En las secciones siguientes se detallará cómo se operacionaliza el Índice de Fragilidad Difuso, la lógica de recomendación de Premes y el diseño de la experiencia de usuario. Se describirá la implementación concreta realizada en PowerCamp (Digevo), una evolución de la plataforma *Evolution*, orientada a microemprendedores y diseñada para escalar acompañamiento práctico en contextos latinoamericanos.

## II. ESTADO DEL ARTE

El presente estado del arte analiza los principales avances metodológicos, tecnológicos y conceptuales en la evaluación de riesgos, la gestión de la fragilidad emprendedora y el uso de sistemas inteligentes aplicados a micro, pequeñas y medianas empresas (MiEs y PyMEs). La literatura reciente, especialmente en economías emergentes, ha mostrado un interés creciente en la integración de **lógica difusa (Fuzzy Logic)**, **inteligencia artificial (IA)** y **sistemas de recomendación** para mejorar la toma de decisiones bajo incertidumbre. Este cuerpo de conocimiento constituye la base para la propuesta del **Índice de Fragilidad Difuso**, un indicador cuantitativo y adaptable para medir la vulnerabilidad emprendedora y orientar estrategias personalizadas de fortalecimiento.

#### A. Gestión del riesgo y lógica difusa en entornos inciertos

La **gestión de riesgos de la cadena de suministro (SCRM)** ha evolucionado notablemente durante la última década, impulsada por crisis globales como la pandemia de la COVID-19 y conflictos geopolíticos recientes, que han revelado la fragilidad estructural de las PyMEs en contextos emergentes [2]. Estas disrupciones han motivado el desarrollo de metodologías híbridas que integran enfoques matemáticos y cognitivos, capaces de representar la incertidumbre inherente a los juicios humanos.

Entre las innovaciones más relevantes se encuentra el **Modelado Estructural Interpretativo Total Difuso (Fuzzy TISM)**, que combina el análisis de Pareto, la teoría difusa, el método TISM y el análisis MICMAC para identificar y relacionar factores de riesgo interdependientes [2]. Este enfoque permite clasificar los factores en dominios autónomos, dependientes, de enlace e independientes mediante el **análisis Fuzzy MICMAC**, revelando las jerarquías de poder impulsor y dependencia entre ellos. Los resultados más recientes han mostrado que la **falta de compromiso de la alta dirección**

con **prácticas sostenibles** constituye un factor raíz crítico que influye en la mayoría de los demás riesgos [2].

Asimismo, se ha desarrollado un marco conceptual para la **evaluación cuantitativa del riesgo post-disrupción**, proponiendo un **Índice de Riesgo General Difuso (FRI)** basado en la lógica difusa. Este índice integra pesos de importancia y calificaciones de desempeño para variables y atributos de riesgo, generando un valor lingüístico (por ejemplo, “riesgo alto” o “moderado”) mediante técnicas como la **distancia euclidiana difusa**. Complementariamente, el **Índice de Importancia-Desempeño Difuso (FPII)** identifica los principales obstáculos cuya puntuación se ubica por debajo del umbral crítico establecido por expertos, permitiendo priorizar las áreas que más contribuyen a la vulnerabilidad organizacional [1].

Estos avances han ampliado la comprensión de la fragilidad emprendedora al evidenciar que la incertidumbre no puede abordarse únicamente con métodos estadísticos clásicos, sino con herramientas que capturen la ambigüedad de los contextos reales. En este sentido, la lógica difusa se consolida como una metodología idónea para modelar la fragilidad en microemprendimientos.

#### B. Gestión financiera y fragilidad emprendedora

El desempeño financiero de las microempresas constituye otro eje central del estudio de la fragilidad. La literatura reciente coincide en que la **alfabetización financiera (Financial Literacy)** es uno de los determinantes más significativos del éxito o fracaso emprendedor [3].

La alfabetización financiera abarca tres componentes críticos: la **educación financiera** (conocimiento de conceptos como tasas de interés e inflación), la **previsión de efectivo** y la **contabilidad**. Diversos estudios demuestran que estos factores guardan una correlación positiva y significativa con el rendimiento emprendedor [3]. En particular, la educación financiera explica la mayor parte de la varianza en el desempeño de las microempresas, seguida por la contabilidad y la previsión de efectivo. En el caso de las microemprendedoras nigerianas, la alfabetización financiera explicó el 61.4% de la varianza en el rendimiento emprendedor ( $R^2 = 0.614$ ), siendo la educación financiera el componente más influyente ( $f^2 = 0.35$ ) [3].

Estos resultados respaldan la necesidad de incorporar la educación financiera como variable clave dentro del modelo del **Índice de Fragilidad Difuso**, dado su efecto directo en la sostenibilidad económica y la resiliencia ante crisis.

#### C. Inteligencia artificial y sistemas de recomendación aplicados al microemprendimiento

La irrupción de la **inteligencia artificial (IA)** y las **tecnologías de la información (TI)** ha transformado la manera en que los emprendedores acceden a conocimiento y toman decisiones estratégicas. En este contexto, los **sistemas de recomendación (SR)** se consolidan como herramientas eficaces para personalizar información, sugerir acciones y facilitar procesos de aprendizaje adaptativo.

Los SR basados en **lógica difusa** representan un avance significativo al incorporar grados de pertenencia en lugar de clasificaciones rígidas. Mediante algoritmos como **Fuzzy C-Means** y **k-Nearest Neighbors (KNN)**, es posible asignar a cada usuario o empresa un nivel de similitud con diferentes perfiles, lo que permite ofrecer recomendaciones más precisas y adaptadas al contexto.

Ejemplos recientes han demostrado que estos modelos mejoran simultáneamente la satisfacción del cliente y la eficiencia operativa de las empresas, al recomendar productos o estrategias personalizadas y optimizar la gestión del inventario. Este principio puede trasladarse al ámbito del microemprendimiento, donde un sistema de recomendación podría sugerir intervenciones, como capacitaciones, herramientas financieras o programas de digitalización, en función del perfil difuso del emprendedor y su nivel de fragilidad.

Complementariamente, se han desarrollado métodos de **clustering espacial difuso (FGWC)** para analizar la vulnerabilidad territorial de las microempresas. Estas técnicas integran la localización geográfica con la lógica difusa, permitiendo identificar zonas con distintos grados de fragilidad. Investigaciones recientes han optimizado el FGWC mediante algoritmos metaheurísticos inspirados en la naturaleza, como el **Artificial Bee Colony (ABC)**, la **Optimización por Enjambre de Partículas (PSO)** o el **Flower Pollination Algorithm (FPA)**, este último destacando por su equilibrio entre exploración global y convergencia rápida.

#### D. Síntesis conceptual

En conjunto, los avances en **lógica difusa**, **inteligencia artificial** y **alfabetización financiera** convergen hacia un mismo objetivo: dotar a los microemprendedores de herramientas que reduzcan su fragilidad estructural y mejoren su sostenibilidad. La literatura evidencia que la fragilidad no depende de un único factor, sino de la interacción dinámica entre la gestión de riesgos, la capacidad financiera y el acceso a conocimiento estratégico.

Por tanto, el desarrollo de un **Índice de Fragilidad Difuso** no solo representa una innovación metodológica, sino una propuesta integradora que articula tres dimensiones complementarias:

- 1) **Evaluación cuantitativa difusa de la vulnerabilidad emprendedora**, para identificar factores de riesgo estructural y operativo.
- 2) **Sistemas de recomendación inteligentes**, que traduzcan los resultados del índice en acciones concretas y personalizadas.
- 3) **Fortalecimiento financiero y formativo**, para abordar los factores humanos y cognitivos de la fragilidad.

Esta síntesis establece el marco teórico y técnico sobre el cual se construye la propuesta del presente trabajo: un sistema de recomendación basado en inteligencia artificial y lógica difusa para la reducción de la fragilidad de los microemprendedores en América Latina.

### III. MARCO CONCEPTUAL

El presente marco conceptual describe los fundamentos teóricos y matemáticos que sustentan el desarrollo del **Índice de Fragilidad Difuso (IFD)** y su integración con un **Sistema de Recomendación Inteligente (SRI)** basado en **Inteligencia Artificial Generativa (IAG)**. Este marco articula tres componentes principales: la **Lógica Difusa**, los **Sistemas de Recomendación** y la **IA Generativa**, en un flujo analítico que transforma datos imprecisos en decisiones accionables.

#### A. Lógica Difusa: fundamentos para la modelación de la fragilidad

La **Lógica Difusa** (Fuzzy Logic), propuesta originalmente por Zadeh (1965), se basa en el principio de que los fenómenos del mundo real no son binarios, sino que presentan grados de pertenencia. A diferencia de la lógica clásica, donde un elemento pertenece o no a un conjunto, en la lógica difusa la pertenencia se representa mediante una función  $\mu(x) \in [0, 1]$ , que indica el grado con el cual el elemento  $x$  cumple una característica.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \text{ no pertenece al conjunto } A, \\ 1 & \text{si } x \text{ pertenece completamente a } A, \\ (0, 1) & \text{si } x \text{ pertenece parcialmente a } A. \end{cases} \quad (1)$$

En el contexto del presente trabajo, el concepto de “fragilidad” emprendedora no puede ser definido de forma estricta, ya que depende de múltiples variables (financieras, de gestión, de entorno, etc.) con distintos grados de incertidumbre. Por ello, el uso de un modelo difuso permite expresar que una empresa puede estar, por ejemplo, en un nivel “medio-alto” de fragilidad con un grado  $\mu_{fragilidad} = 0.7$ .

1) **Construcción del Índice de Fragilidad Difuso (IFD)**: El **Índice de Fragilidad Difuso (IFD)** es una medida compuesta que integra múltiples dimensiones de vulnerabilidad para el microemprendedor. Supóngase un conjunto de  $n$  variables de fragilidad  $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ , agrupadas en tres dimensiones: financiera, organizacional y contextual.

Cada variable  $f_i$  se transforma en un valor difuso  $\tilde{f}_i$  mediante su función de pertenencia correspondiente, y se pondera según su importancia relativa  $w_i$  determinada por expertos.

$$IFD = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \cdot \mu_{f_i}(x)}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2)$$

El resultado del IFD se interpreta mediante categorías lingüísticas, como se muestra en la Tabla II.

TABLE I  
ESCALA LINGÜÍSTICA DEL ÍNDICE DE FRAGILIDAD DIFUSO

Categoría	Rango de pertenencia	Interpretación
Bajo	[0.0, 0.2]	Empresa altamente resiliente
Medio-Bajo	(0.2, 0.4]	Riesgo leve de fragilidad
Media	(0.4, 0.6]	Fragilidad moderada
Medio-Alto	(0.6, 0.8]	Riesgo elevado de vulnerabilidad
Alto	(0.8, 1.0]	Fragilidad crítica

Este índice proporciona un valor numérico que, además de diagnosticar la fragilidad, puede alimentar sistemas de recomendación para generar intervenciones personalizadas.

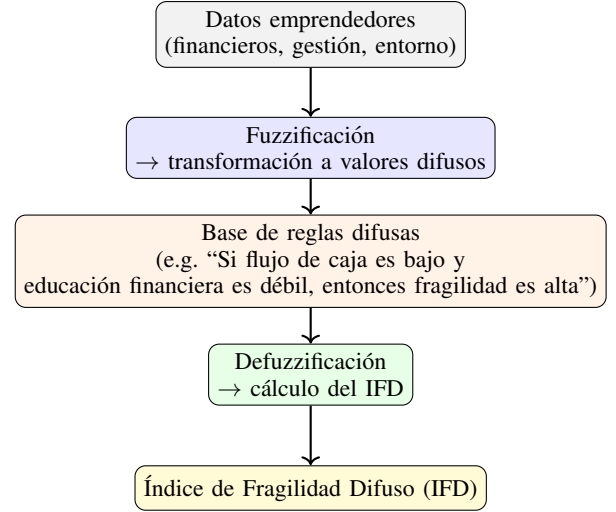


Fig. 1. Proceso conceptual del cálculo del Índice de Fragilidad Difuso (IFD)

#### B. Integración con sistemas de recomendación

Una vez calculado el IFD, este valor sirve como entrada a un **Sistema de Recomendación Inteligente (SRI)** que sugiere acciones, recursos o estrategias adaptadas al perfil del microemprendedor.

El modelo general del SRI se basa en la representación matricial de usuarios ( $U$ ) y elementos recomendados ( $I$ ):

$$R : U \times I \rightarrow [0, 1] \quad (3)$$

donde  $R(u, i)$  representa el grado de idoneidad de una acción  $i$  (por ejemplo, “capacitación financiera”, “acceso a microcrédito”, “uso de software contable”) para un usuario  $u$ . Los valores de  $R(u, i)$  se estiman a partir del **perfil difuso de fragilidad** del emprendedor, de modo que:

$$R(u, i) = f(\mu_{fragilidad}, \mu_{necesidad}, \mu_{impacto}) \quad (4)$$

Este enfoque híbrido combina filtrado basado en contenido (según el perfil del emprendedor) y filtrado colaborativo (según la similitud entre casos históricos), mejorando la personalización de las recomendaciones.

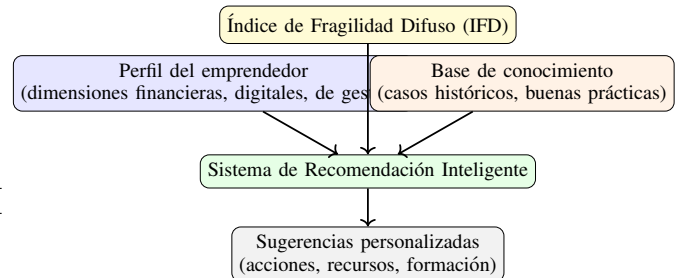


Fig. 2. Integración del IFD en un sistema de recomendación inteligente

### C. Sistemas de recomendación basados en IA generativa

Los avances más recientes apuntan a la incorporación de **IA Generativa** en los sistemas de recomendación, transformando la interacción con los emprendedores en un proceso conversacional, predictivo y contextualizado.

Un **Sistema de Recomendación Basado en IA Generativa (SR-IAG)** utiliza modelos de lenguaje de gran escala (LLMs) entrenados para interpretar el contexto del usuario, generar explicaciones comprensibles y producir recomendaciones adaptativas. En este caso, el modelo puede:

- Interpretar el valor del IFD y su distribución difusa.
- Generar narrativas personalizadas sobre la situación del emprendedor.
- Recomendar estrategias basadas en casos similares almacenados en la base de conocimiento.

La arquitectura conceptual del SR-IAG se muestra en la Figura 3.

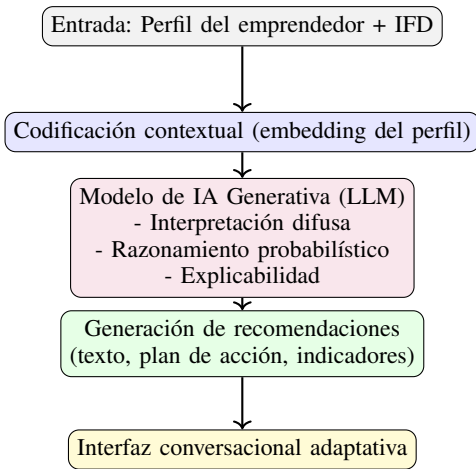


Fig. 3. Arquitectura conceptual de un sistema de recomendación basado en IA generativa (SR-IAG)

### D. Síntesis del marco conceptual

El **Índice de Fragilidad Difuso (IFD)** permite cuantificar la vulnerabilidad de un microemprendimiento con base en información incierta y heterogénea. Este índice alimenta un **Sistema de Recomendación Inteligente**, que traduce la evaluación en acciones concretas para mejorar la resiliencia del emprendedor. Finalmente, la incorporación de **IA Generativa** permite ofrecer recomendaciones contextualizadas, adaptativas y comprensibles, promoviendo un acompañamiento continuo y personalizado.

En conjunto, este marco integra el rigor matemático de la lógica difusa con el poder explicativo y adaptativo de la inteligencia artificial moderna, consolidando una propuesta innovadora para reducir la fragilidad de los microemprendedores en entornos de alta incertidumbre.

## IV. METODOLOGÍA

### A. Modelo del Índice de Fragilidad Difuso (IFD)

Proponemos un **sistema difuso jerárquico** que integra dimensiones humanas, operativas y financieras para estimar

el **Índice de Fragilidad Difuso (IFD)** de un microemprendimiento. El diseño sigue el marco de *conjuntos difusos* y *inferencia tipo Mamdani*, y se implementa en Python con `scikit-fuzzy`.

El pipeline respeta exactamente las dependencias usadas en el código (entradas → sub-scores → agregaciones → IFD):

- 1) **Nivel base (antecedentes elementales)**. Variables normalizadas a  $[0, 100]$ : *adaptabilidad*, *hambre*, *saber de ventas*, *product-market fit*, *empleados no remunerados*, *salida de trabajadores*, *conoce punto de equilibrio*, *conoce costos*, *nivel de endeudamiento*, *ahorro*, *planificación financiera*, *nivel de ventas*, *red de apoyo*, *formación*.
- 2) **Nivel 1 (sub-scores de primer orden)**. *habilidad* ← (*adaptabilidad*, *hambre*); *conocimiento de ventas* ← (*saber de ventas*, *PMF*); *interno* ← (*empleados no remunerados*, *salida*); *costos* ← (*punto equilibrio*, *costos*); *saber de finanzas* ← (*ahorro*, *planificación*); *mentalidad* ← (*habilidad*, *formación*); *entorno* ← (*red de apoyo*, *interno*); *solidez financiera* ← (*endeudamiento*, *saber de finanzas*).
- 3) **Nivel 2 (agregaciones intermedias)**. *salud financiera* ← (*costos*, *solidez financiera*); *score de ventas* ← (*conocimiento de ventas*, *nivel de ventas*); *emprendedor* ← (*mentalidad*, *entorno*).
- 4) **Nivel 3 (salida final)**. *IFD* ← (*score de ventas*, *emprendedor*, *salud financiera*).

Esta organización reemplaza versiones previas menos precisas y evita dobles contabilidades (p.ej., no agregamos dos veces lo financiero: primero *solidez*, luego *salud financiera* y finalmente IFD).

### B. Universo, términos lingüísticos y funciones de pertenencia

Todas las variables (antecedentes y consecuentes) comparten universo discreto  $U = \{0, \dots, 100\}$  y etiquetas lingüísticas  $\mathcal{L} = \{\text{bajo, medio-bajo, medio, medio-alto, alto}\}$ . Las MFs son triangulares equiespaciadas con centros  $[0, 30, 50, 70, 100]$  y soportes solapados; su forma genérica es  $\text{trimf}(x; L_i, C_i, R_i)$ .

### C. Inferencia, agregación y defuzzificación

Cada módulo es un FIS Mamdani con:  $t$ -norma min,  $s$ -norma max, implicación por recorte, agregación por max y **defuzzificación por centroide**:

$$y^* = \frac{\int z \mu_Y(z) dz}{\int \mu_Y(z) dz}$$

Para explicabilidad, el valor  $y^*$  se interpola sobre  $\mathcal{L}$  y se reporta la etiqueta dominante (método `infer`).

### D. Base de reglas y cobertura

La base de reglas es *esbelta*: cubre combinaciones semánticamente relevantes sin cartesianizar todo el espacio. El conteo por subsistema (según implementación) es: *habilidad* (25), *conocimiento de ventas* (25), *interno* (25), *costos* (25), *saber de finanzas* (25), *mentalidad* (25), *entorno* (25), *solidez*

financiera (25), salud financiera (25), score de ventas (25), emprendedor (25), e IFD (125). Una regla típica:

$$R_j : \text{Si } (x_1 \text{ es } A_1^j) \wedge (x_2 \text{ es } A_2^j) \wedge (x_3 \text{ es } A_3^j) \Rightarrow (y \text{ es } B^j).$$

E. Algoritmo (pipeline reproducible)

---

**Algorithm 1:** Cálculo jerárquico del Índice de Fragilidad Difuso (IFD)

---

1 h]

**Entradas:** Variables elementales en  $[0, 100]$ : adaptabilidad, hambre, saber\_ventas, product\_market\_fit, empleados\_no\_remunerados, salida\_trabajadores, conoce\_punto\_equilibrio, conoce\_costos, nivel\_endeudamiento, ahorro, planificacion\_financiera, nivel\_ventas, red\_apoyo, formación.

**Salida :** IFD  $\in [0, 100]$  y etiqueta lingüística en  $\mathcal{L}$ .

2  $S_{\text{habilidad}} \leftarrow \text{FIS}(\text{adaptabilidad}, \text{hambre});$   
3  $S_{\text{con_ventas}} \leftarrow \text{FIS}(\text{saber_ventas}, \text{product\_market\_fit});$   
4  $S_{\text{interno}} \leftarrow \text{FIS}(\text{empleados\_no\_remunerados}, \text{salida\_trabajadores});$   
5  $S_{\text{costos}} \leftarrow \text{FIS}(\text{conoce\_punto\_equilibrio}, \text{conoce\_costos});$   
6  $S_{\text{saber\_fin}} \leftarrow \text{FIS}(\text{ahorro}, \text{planificacion\_financiera});$   
7  $S_{\text{mentalidad}} \leftarrow \text{FIS}(\text{habilidad\_input} = S_{\text{habilidad}}, \text{formacion});$   
8  $S_{\text{entorno}} \leftarrow \text{FIS}(\text{red\_apoyo}, \text{interno\_input} = S_{\text{interno}});$   
9  $S_{\text{score\_ventas}} \leftarrow \text{FIS}(\text{con\_ventas\_input} = S_{\text{con\_ventas}}, \text{nivel\_ventas});$   
10  $S_{\text{solidez}} \leftarrow \text{FIS}(\text{nivel\_endeudamiento}, \text{saber\_fin\_input} = S_{\text{saber\_fin}});$   
11  $S_{\text{salud\_fin}} \leftarrow \text{FIS}(\text{costos\_input} = S_{\text{costos}}, \text{solidez\_input} = S_{\text{solidez}});$   
12  $S_{\text{emprendedor}} \leftarrow \text{FIS}(\text{mentalidad\_input} = S_{\text{mentalidad}}, \text{entorno\_input} = S_{\text{entorno}});$   
13  $\text{IFD} \leftarrow \text{FIS}(\text{ventas\_input} = S_{\text{score\_ventas}}, \text{emprendedor\_input} = S_{\text{emprendedor}}, \text{salud\_financiera\_input} = S_{\text{salud\_fin}});$   
14 **return** IFD y vector de membrestas en  $\mathcal{L}$ ;

---

F. Complejidad, calibración y validación

a) *Coste computacional.*: La evaluación se domina por activación de reglas y cómputo del centroide sobre  $|U| = 101$ , viable en tiempo real.

b) *Calibración.*: Partimos de MFs homogéneas y proponemos ajuste por *grid search* sobre centros/ancho, elicitation de expertos y sensibilidad (*one-at-a-time* / Sobol’).

c) *Validación.*: (i) *Predictiva*: correlación con outcomes (morosidad, supervivencia 6–12 meses, caídas de ventas); (ii) *Estabilidad*: test–retest ante perturbaciones  $\pm 5$ ; (iii) *Comparativa*: vs. índices crisp o modelos de riesgo .

G. Representación gráfica del modelo

H. Explicabilidad y trazabilidad

Además de  $\text{IFD} \in [0, 100]$ , se reporta el vector de pertenencias sobre  $\mathcal{L}$  y la etiqueta ganadora, útil para justificar recomendaciones y priorizar intervenciones .

I. Resultados esperados y conexión con el sistema de recomendación

El **Índice de Fragilidad Difuso (IFD)** no solo entrega una medida cuantitativa de fragilidad, sino que actúa como *módulo diagnóstico* para un **sistema de recomendación inteligente** orientado a fortalecer las áreas críticas de los microemprendimientos.

Cada ejecución del modelo produce dos salidas:

- El valor escalar  $\text{IFD} \in [0, 100]$ , interpretado como nivel de fragilidad global.
- El vector de membrestas  $\mu_{\mathcal{L}} = (\mu_{\text{bajo}}, \mu_{\text{medio-bajo}}, \dots, \mu_{\text{alto}})$  que describe el grado de pertenencia a cada nivel lingüístico.

1) *Umbrales e interpretación de fragilidad*: Los niveles del IFD se clasifican conforme a la Tabla II:

2) *Integración con el sistema de recomendación*: El valor IFD y su descomposición interna (por sub-scores) alimentan un **motor de recomendación híbrido**:

- **Basado en reglas**: mapea condiciones del tipo “*si fragilidad alta y salud financiera baja  $\Rightarrow$  recomendar educación financiera*”.
- **Basado en contenido**: usa similitud entre perfiles emprendedores para sugerir intervenciones exitosas en casos análogos.
- **Basado en datos históricos**: ajusta recomendaciones conforme a resultados observados (*aprendizaje adaptativo*).

3) *Extensión hacia IA generativa*: El módulo de recomendación se complementa con una capa de **IA generativa** (p. ej., LLM finetuneado) que:

- Traduce el diagnóstico difuso en *recomendaciones narrativas personalizadas* (“Tu nivel de fragilidad es medio-alto. Se recomienda priorizar ahorro y planificación financiera...”).
- Genera *planificaciones de acción* según los dominios críticos (finanzas, ventas, entorno).
- Sintetiza *historias de mejora* para emprendedores comparables, aumentando la adherencia a las recomendaciones.

4) *Ejemplo de trazabilidad explicable*: *Ejemplo*:

“IFD = 68 (medio-alto), debido a:

- Salud financiera: media (por endeudamiento elevado).
- Ventas: medio-bajo (caída en 3 meses).
- Entorno: medio-alto (baja red de apoyo).

**Recomendación generada**: fortalecer educación financiera y ampliar red de colaboración local (p. ej., cooperativas o cámaras de comercio).”

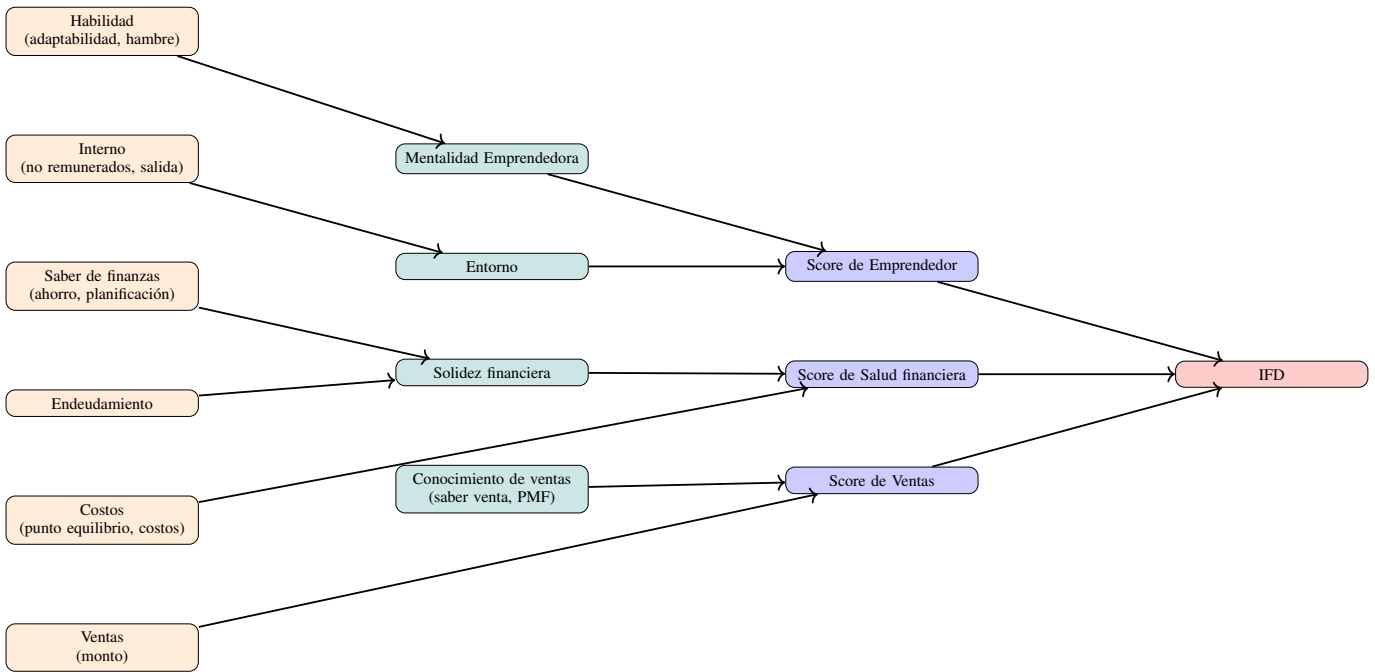


Fig. 4. Arquitectura jerárquica del sistema difuso: de entradas a IFD.

TABLE II  
NIVELES LINGÜÍSTICOS DEL IFD Y SU INTERPRETACIÓN.

Rango IFD	Etiqueta	Nombre Operativo	Interpretación
$0 \leq IFD < 25$	Bajo	Bosque	Negocio sólido, sin señales de fragilidad.
$25 \leq IFD < 45$	Medio-bajo	Arbol	Fragilidad leve; requiere vigilancia.
$45 \leq IFD < 65$	Medio	Planta	Riesgo moderado, posibles tensiones financieras o operativas.
$65 \leq IFD < 85$	Medio-alto	Brote	Fragilidad estructural en varias dimensiones.
$85 \leq IFD \leq 100$	Alto	Semilla	Alta probabilidad de fracaso si no se interviene.

Este tipo de salida combinada (numérica, lingüística y textual) constituye el núcleo de un sistema de apoyo a decisiones humanas explicable y generativo.

## V. RESULTADOS

### A. Datos generales del programa

Durante el periodo de evaluación, se analizaron los resultados de **973 microemprendedores** que completaron tanto el assessment inicial como el final. La participación estuvo compuesta por un **89.6% de mujeres** y un **10.0% de hombres**, lo que refleja el enfoque inclusivo del programa hacia emprendimientos liderados por mujeres.

El programa PowerCamp se implementó principalmente en la Región Metropolitana de Chile durante 2023. Su ejecución permitió observar el impacto de un modelo de entrenamiento personalizado y adaptativo basado en el Índice de Fragilidad Difuso (IFD). Este alto predominio femenino coincide con la realidad de los programas de microemprendimiento, donde las mujeres encuentran en el autoempleo una vía de sustento y desarrollo.

### B. Evolución del Índice de Fragilidad Difuso (IFD)

Los resultados muestran una **reducción promedio del IFD de 26.3%**, pasando de un valor inicial de 67.30 puntos a un valor final de 49.62 puntos, lo que indica una mejora significativa en las dimensiones de resiliencia y sostenibilidad.

$$\Delta IFD = \frac{IFD_{\text{final}} - IFD_{\text{inicial}}}{IFD_{\text{inicial}}} \times 100 = -26.3\%$$

En términos lingüísticos, este cambio implica una transición general desde niveles de *riesgo alto-medio* hacia *riesgo medio-bajo*. El **80.4% de los participantes** mostró una mejora general, validando la efectividad del acompañamiento estructurado. El programa también reportó un **incremento promedio en ventas del 80.3%**, equivalente a aproximadamente \$615,340 pesos por microemprendedor, cifra que representa un cambio significativo para negocios cuyos ingresos mensuales típicamente rondaban el millón de pesos.

*El programa demostró que los microemprendedores, incluso en condiciones de alta vulnerabilidad, pueden mejorar significativamente su resiliencia y sostenibilidad cuando reciben acompañamiento estructurado. La reducción del Índice de Fragilidad,*

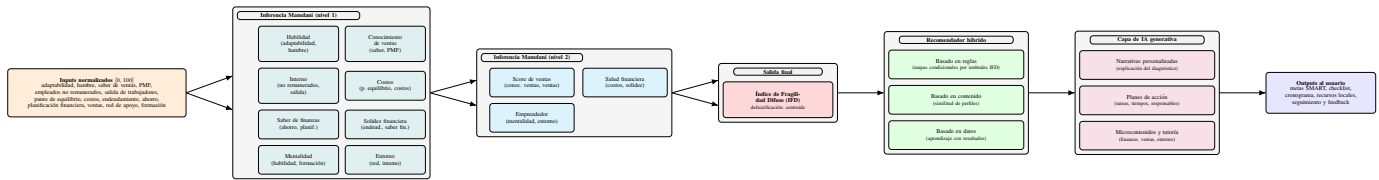


Fig. 5. Pipeline: de variables de entrada al IFD, su integración con el recomendador híbrido y la capa de IA generativa, hasta las salidas accionables para el usuario.

TABLE III  
RESUMEN DE RESULTADOS CUANTITATIVOS DEL PROGRAMA.

Indicador	Valor	Descripción
Participantes con assessment completo	973	Casos válidos inicial + final
Participación femenina	89.6%	Microempendedoras mujeres
Participación masculina	10.0%	Microempendedores hombres
Reducción promedio del IFD	-26.3%	De 67.3 a 49.6 puntos
Mejoraron su situación	80.4%	782 microempendedores
Aumento promedio en ventas	+80.3%	\$615,340 por microempendedor

junto con el aumento en ventas y la adopción de prácticas clave, confirma que invertir en formación personalizada no solo genera resultados individuales, sino que **multiplica su impacto en el tejido económico y social de los barrios**.

### C. Análisis de transiciones de fragilidad

El modelo permite analizar las **transiciones entre etapas de desarrollo emprendedor** (Semilla, Brote, Planta, Árbol y Bosque), interpretadas como movimientos dentro del espacio difuso del IFD. La Tabla IV presenta el resumen de dichas transiciones.

#### 1) Síntesis de los resultados de transición:

- **62.0%** de los microempendedores (**603 personas**) mostraron **mejoras efectivas**.
- **32.5%** (**316 personas**) mantuvieron su nivel sin cambio.
- Solo un **5.5%** (**54 personas**) presentaron **retrocesos**, asociados principalmente a deserción o situaciones externas adversas.

Estas transiciones reflejan no solo una mejora en el IFD, sino también un **avance real en la madurez emprendedora**, evidenciando progresos desde etapas incipientes (*Semilla, Brote*) hacia etapas más consolidadas (*Planta, Árbol, Bosque*). El cumplimiento de la meta inicial, que al menos un 60% abandonara la fragilidad extrema, confirma la efectividad del modelo.

### D. Impacto cualitativo y aprendizajes emergentes

Más allá de los indicadores numéricos, se registraron **mejoras significativas en competencias y comportamientos**:

- **Finanzas y planificación:** incremento en la capacidad de registrar ventas, separar ahorros y calcular márgenes. Muchos participantes pasaron de no saber si operaban con ganancias o pérdidas a comprender su punto de equilibrio.
- **Gestión comercial:** adopción de hábitos de control diario de ventas y costos, incorporación de herramientas digitales básicas y mejora en la relación con clientes.

- **Entorno y redes:** crecimiento de la participación en redes de apoyo y disposición a pedir ayuda o asesoría, fortaleciendo la colaboración entre pares.

Testimonios ilustran este cambio de mentalidad. Una emprendedora del rubro alimenticio comentó: *“Ahora separo un 10% de las ventas como ahorro, y al tercer mes pude comprar un freezer nuevo para ampliar mi producción.”* Otro participante destacó: *“Antes trabajaba solo y no hablaba con nadie; hoy tengo un grupo de WhatsApp con otros emprendedores donde compartimos datos y nos damos ánimo.”*

Estos relatos reflejan el **empoderamiento financiero y social** logrado: los participantes pasaron de operar en precariedad a generar excedentes, construir comunidad y adoptar hábitos sostenibles.

### E. Satisfacción y usabilidad del sistema

El nivel de satisfacción fue elevado: más del **90% calificó el programa con 4 o 5 estrellas**, destacando la personalización, la empatía del acompañamiento y la flexibilidad para avanzar a su ritmo. Varios microempendedores valoraron especialmente la asistencia virtual de *Darwin*, el asistente conversacional: *“Le preguntaba cosas a cualquier hora, era como hablar con un profesor paciente que siempre está ahí.”*

Estos resultados sugieren que la **interfaz conversacional reduce la barrera psicológica al aprendizaje**, fomentando confianza y continuidad.

### F. Lecciones para la implementación

Desde la perspectiva de los implementadores, surgieron aprendizajes relevantes:

- La combinación de **tecnología e interacción humana** (mentores de apoyo) aumenta la efectividad del acompañamiento.
- Es necesario **simplificar el lenguaje y las interfaces**, adaptándolos a la diversidad educativa del público objetivo.

TABLE IV  
RESUMEN DE TRANSICIONES ENTRE ETAPAS DE DESARROLLO EMPRENDEDOR.

Transición	Participantes	Porcentaje	Tipo de cambio
Brote → Planta	226	23.2%	Mejora
Brote → Árbol	128	13.2%	Mejora
Planta → Árbol	56	5.8%	Mejora
Semilla → Planta	60	6.2%	Mejora
Semilla → Brote	55	5.7%	Mejora
Brote → Bosque	23	2.4%	Mejora
Planta → Bosque	14	1.4%	Mejora
Árbol → Bosque	11	1.1%	Mejora
Brote → Brote	178	18.3%	Sin cambio
Planta → Planta	92	9.5%	Sin cambio
Árbol → Árbol	30	3.1%	Sin cambio
Semilla → Semilla	16	1.6%	Sin cambio
Planta → Brote	24	2.5%	Retroceso
Árbol → Planta	14	1.4%	Retroceso
Brote → Semilla	12	1.2%	Retroceso
Árbol → Brote	4	0.4%	Retroceso

- La **motivación intrínseca** es determinante: se recomienda alternar prácticas exigentes con “*quick wins*” para mantener el compromiso alto.

#### G. Impacto general del programa

El impacto integral se evidencia en tres dimensiones:

- 1) **Económica:** aumento promedio del 80.3% en ventas y acceso posterior a nuevas fuentes de financiamiento formal.
- 2) **Cognitiva:** incorporación de prácticas empresariales básicas, planificación financiera y aprendizaje continuo.
- 3) **Social:** fortalecimiento de redes locales, colaboración entre microemprendedores y generación de capital social comunitario.

Estos resultados validan el modelo PowerCamp como una intervención eficaz para **reducir la fragilidad emprendedora** y promover la sostenibilidad. El sistema de IA continúa aprendiendo de cada cohorte, refinando sus reglas difusas y recomendaciones adaptativas, consolidando así un enfoque escalable de acompañamiento inteligente en microemprendimiento latinoamericano.

## VI. CONCLUSIONES

La experiencia de la plataforma *PowerCamp* abre un camino innovador para reimaginar el entrenamiento de microemprendedores en América Latina. Tradicionalmente, el apoyo a este segmento se veía limitado por la imposibilidad de ofrecer mentoría personalizada a gran escala; la mayoría de las intervenciones se restringían a capacitaciones estándar de corto plazo o a asistencia financiera puntual, con impactos acotados. *PowerCamp* demuestra que, aprovechando tecnologías emergentes (IA conversacional, lógica difusa y analítica de datos) integradas con un diseño pedagógico centrado en la práctica y la personalización, es posible romper ese paradigma y escalar un acompañamiento efectivo manteniendo la calidad individual. En términos estratégicos, esta solución redefine el *viaje del emprendedor*: de ser un camino solitario e incierto, pasa a

convertirse en una travesía guiada, donde el microemprendedor aprende de cada obstáculo y cuenta con un “coach” a su lado en todo momento. Esto tiene profundas implicancias para las políticas públicas y los ecosistemas de emprendimiento de la región.

#### A. Implicancias para política pública y fomento productivo

Los resultados observados, reducción tangible de fragilidad, aumento significativo de ventas, avances en formalización y adopción de buenas prácticas, son objetivos largamente perseguidos por instituciones gubernamentales, ONG y agencias de desarrollo. Incorporar plataformas de acompañamiento inteligente como herramientas de política pública permitiría:

- **Ampliar cobertura:** incubar digitalmente a decenas de miles de microemprendedores, incluidos rurales, vía smartphones y mentores virtuales.
- **Aumentar efectividad de instrumentos financieros:** condicionar créditos y subsidios a un acompañamiento práctico y personalizado, asegurando uso eficiente de los recursos.
- **Monitorear con métricas accionables:** utilizar el IFD como indicador de gestión y resultado para seguimiento programático y toma de decisiones.

#### B. Escalabilidad con factor humano

*PowerCamp* ha probado la viabilidad de *escalar la personalización*. La tecnología no desplaza al factor humano, lo amplifica. Lejos de deshumanizar, la IA bien diseñada (p. ej., el asistente *Darwin*) democratiza el acceso a mentoría de calidad y fomenta comunidades de apoyo. El modelo híbrido digital–personal sienta un precedente para otras áreas de formación de adultos, resolviendo el dilema entre llegar a muchos y dar atención individual mediante algoritmos y contenido adaptativo centrado en el usuario.

### C. Antifragilidad comunitaria

Fortalecer a cada microempresario robustece la economía local: más empleo sostenible, mayores ingresos familiares, provisión estable de bienes y servicios en los barrios y una contribución tributaria creciente. Emprendedores mejor formados tienden a innovar y conectarse entre sí, creando ecosistemas locales de innovación inclusiva. Escalar este modelo a nivel nacional o regional aporta capacidades antifragiles “desde abajo”: una base de miles de negocios pequeños que resisten crisis (e incluso las aprovechan), favoreciendo sociedades más cohesionadas y economías más equilibradas. Como sintetiza la visión de la iniciativa: “si fortalecemos las capacidades y resiliencia de los microempresarios, pueden contribuir significativamente al PIB regional y generar efectos positivos en la cohesión social”.

### D. Desafíos y trabajo futuro

Quedan retos para consolidar y expandir el modelo:

- **Adaptación contextual:** localización cultural y ajuste de *Premes* específicos (p.ej., prácticas digitales avanzadas para e-commerce).
- **Sostenibilidad financiera:** esquemas de alianzas público-privadas, pagos simbólicos vinculados a aumentos de ingreso y contratos por desempeño (*pay-for-success*).
- **Evolución del IFD y recomendaciones:** retroalimentación continua de nuevas cohortes para recalibrar reglas difusas y mejorar la priorización de intervenciones.
- **Equidad y acceso:** reducir brechas de conectividad y alfabetización digital para maximizar inclusión y resultados.

*PowerCamp* representa una nueva generación de soluciones para el desarrollo de microempresarios en la región: abraza la tecnología sin perder de vista la realidad humana de sus beneficiarios. Su enfoque narrativo-técnico, inspirado en teoría evolutiva y antifragil y validado con pragmatismo en terreno, muestra cómo enfrentar problemas persistentes con herramientas del siglo XXI. En definitiva, *PowerCamp* no es solo una plataforma tecnológica, sino un catalizador de cambio: pasar de “capacitar” a **entrenar y acompañar** para que los microempresarios se vuelvan antifragiles. Ese giro puede ser la pieza faltante para que la enorme base empresaria latinoamericana deje de ser sinónimo de fragilidad y se consolide como cimiento robusto ,y adaptable, de un crecimiento inclusivo y sostenible.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible el desarrollo y validación de la plataforma *PowerCamp* y de la investigación asociada.

- **Fernando Court** y **Magdalena Hernández**, por la visión estratégica y el respaldo institucional que permitieron impulsar esta innovación desde su concepción hasta su implementación.
- **Anil Sadarangani**, por su confianza temprana y apoyo permanente al proyecto desde sus etapas iniciales.

- **Álvaro Paredes**, por su colaboración en el diseño, modelamiento y refinamiento metodológico del enfoque de entrenamiento empresario.
- **Nicolás Gallardo**, por su liderazgo en la operación, coordinación y ejecución del programa en terreno.
- **Pamela Garrido** y **Angie Oyarce**, por su valioso trabajo directo con los microempresarios y su compromiso en la implementación territorial del acompañamiento.

Su aporte conjunto ha sido fundamental para convertir esta visión en una herramienta concreta de fortalecimiento del ecosistema empresario latinoamericano.

### REFERENCES

- [1] Harish Babu and Susheel Yadav. A supply chain risk assessment index for small and medium enterprises in post covid-19 era. *Supply Chain Analytics*, 3:100023, 2023.
- [2] Chitra Karmaker, Ridwan Aziz, Tanmoy Palit, and A. B. M. Mainul Bari. Analyzing supply chain risk factors in the small and medium enterprises under fuzzy environment: Implications towards sustainability for emerging economies. *Sustainable Technology and Entrepreneurship*, 2:100032, 12 2022.
- [3] Ndaghu Julius Tumba, Vincent A. Onodugo, Ekom Etim Akpan, and Gbenga Festus Babarinde. Financial literacy and business performance among female micro-entrepreneurs. *Investment Management and Financial Innovations*, 19(1):156–167, 2022.