



Realidad Aumentada en Ingeniería de Minas: Diseño Estratégico y Resultados Basados en Evidencia

Implementación del marco metodológico SEBAS
para la Educación 4.0

ESTUDIO DE CASO:

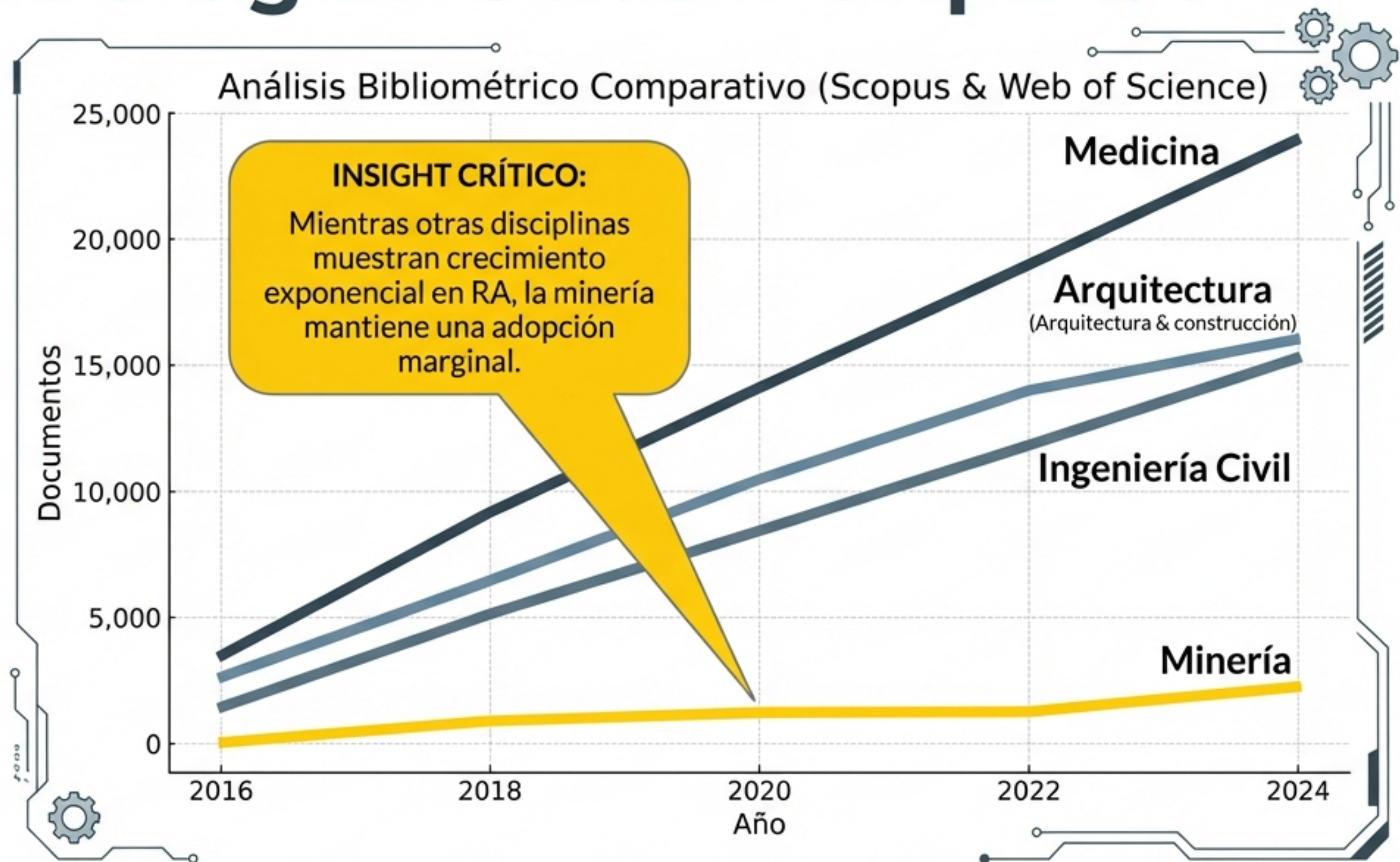
Transformación de la
enseñanza de operaciones
complejas.

La Brecha en la Innovación Educativa: La Minería Rezaga a Otras Disciplinas

Análisis Bibliométrico (2016-2025): Revisión de bases de datos Scopus y Web of Science.

El Problema: La investigación actual carece de marcos de diseño instruccional robustos.

La Oportunidad: Espacio crítico para modernizar la enseñanza de operaciones peligrosas.



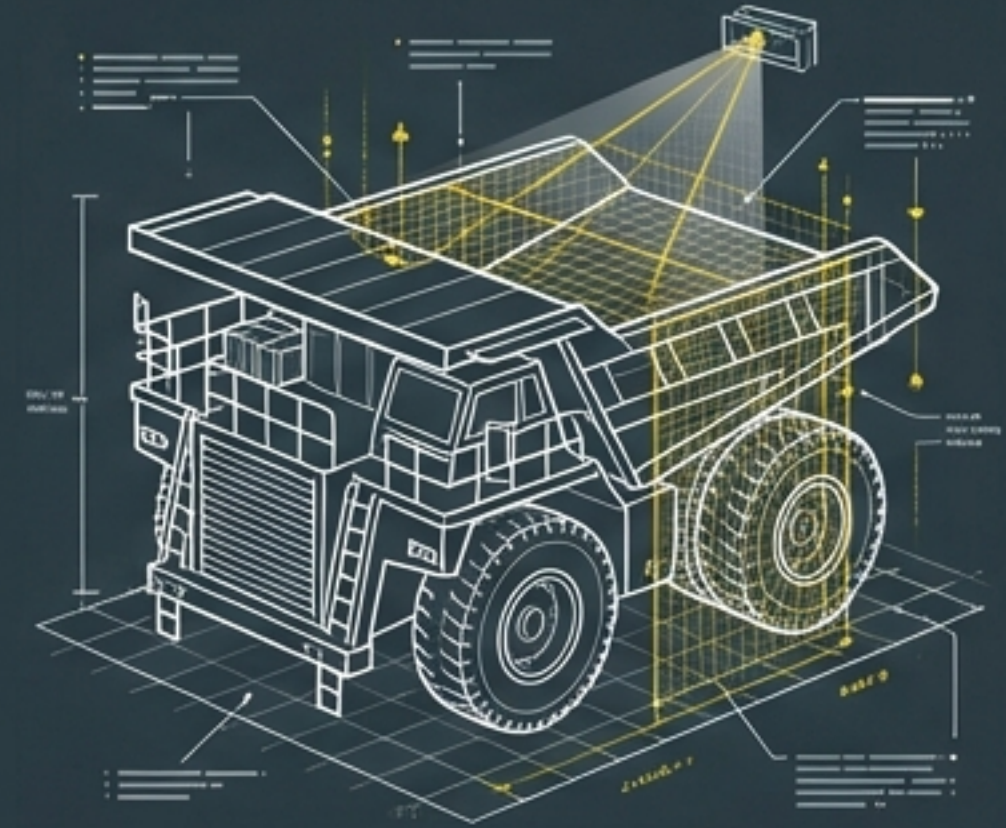
Desafíos de la Formación Minera en la Era de la Industria 4.0

Limitaciones del Aula Tradicional

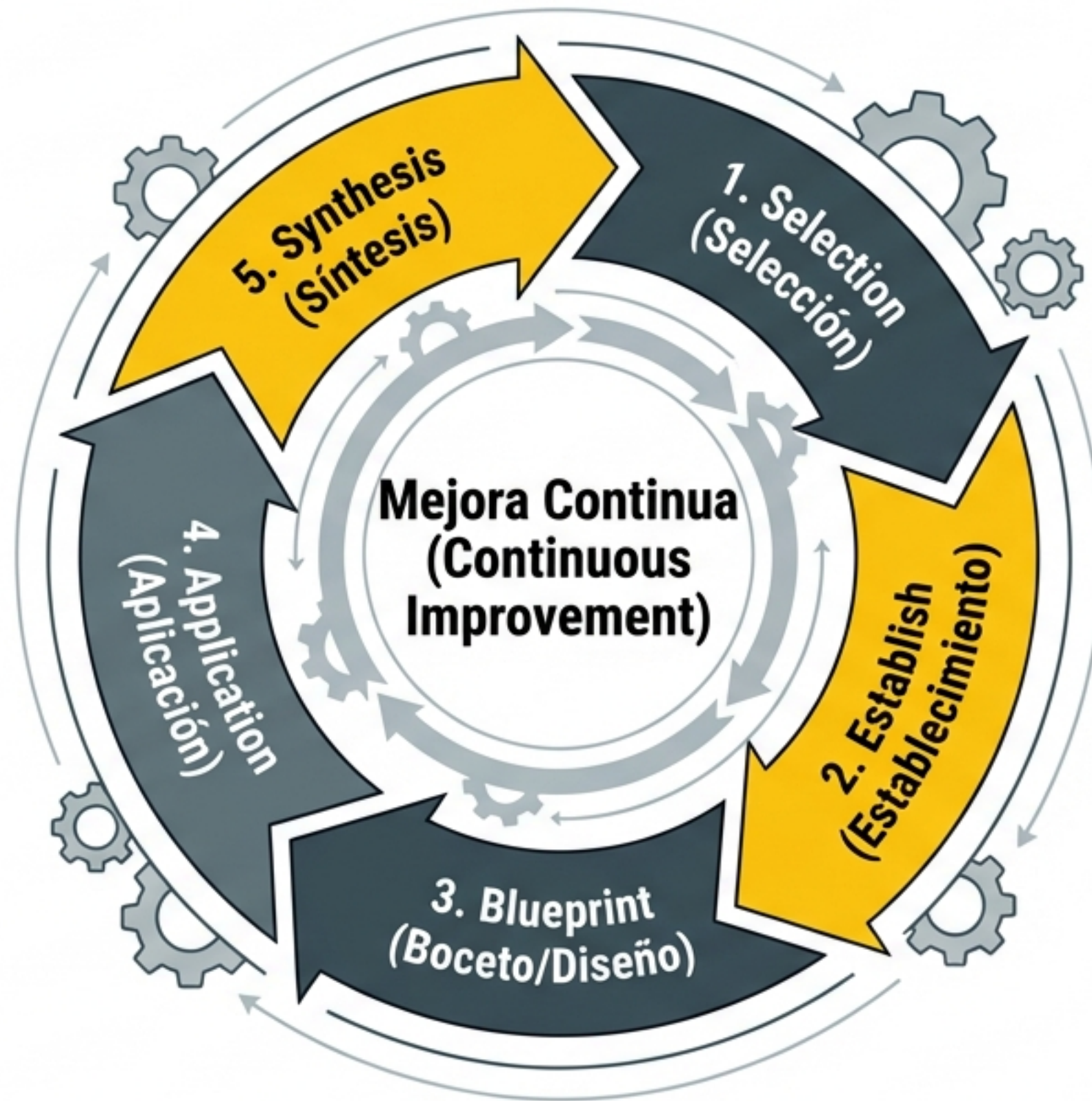
- ¿Cómo enseñar operaciones de alto riesgo (perforación, carga) sin acceso físico?
- Falta de inmersión para desarrollar 'cognición espacial'.
- Dificultad para replicar la toma de decisiones operativa.

Potencial de la Realidad Aumentada

- Seguridad: Simulación de entornos sin riesgo físico.
- Escalabilidad: Replicación de maquinaria costosa (camiones, palas) en móviles.
- Alineación 4.0: Desarrollo de competencias digitales industriales.



Introduciendo el Marco SEBAS: Una Metodología Estructurada



Fundamento Teórico:

Basado en el ciclo de aprendizaje experiencial de Kolb, TPACK y SAMR.

Propuesta de Valor:

Un modelo replicable que asegura que la tecnología sirva a la pedagogía, transformando la experiencia de 'sustitución' a 'redefinición'.



Fases 1 y 2: Selección y Establecimiento



SELECCIÓN (El Qué)

-  Identificación de competencias críticas (ciclos mecánicos).
-  Filtrado de relevancia: ¿Aporta la RA valor real?

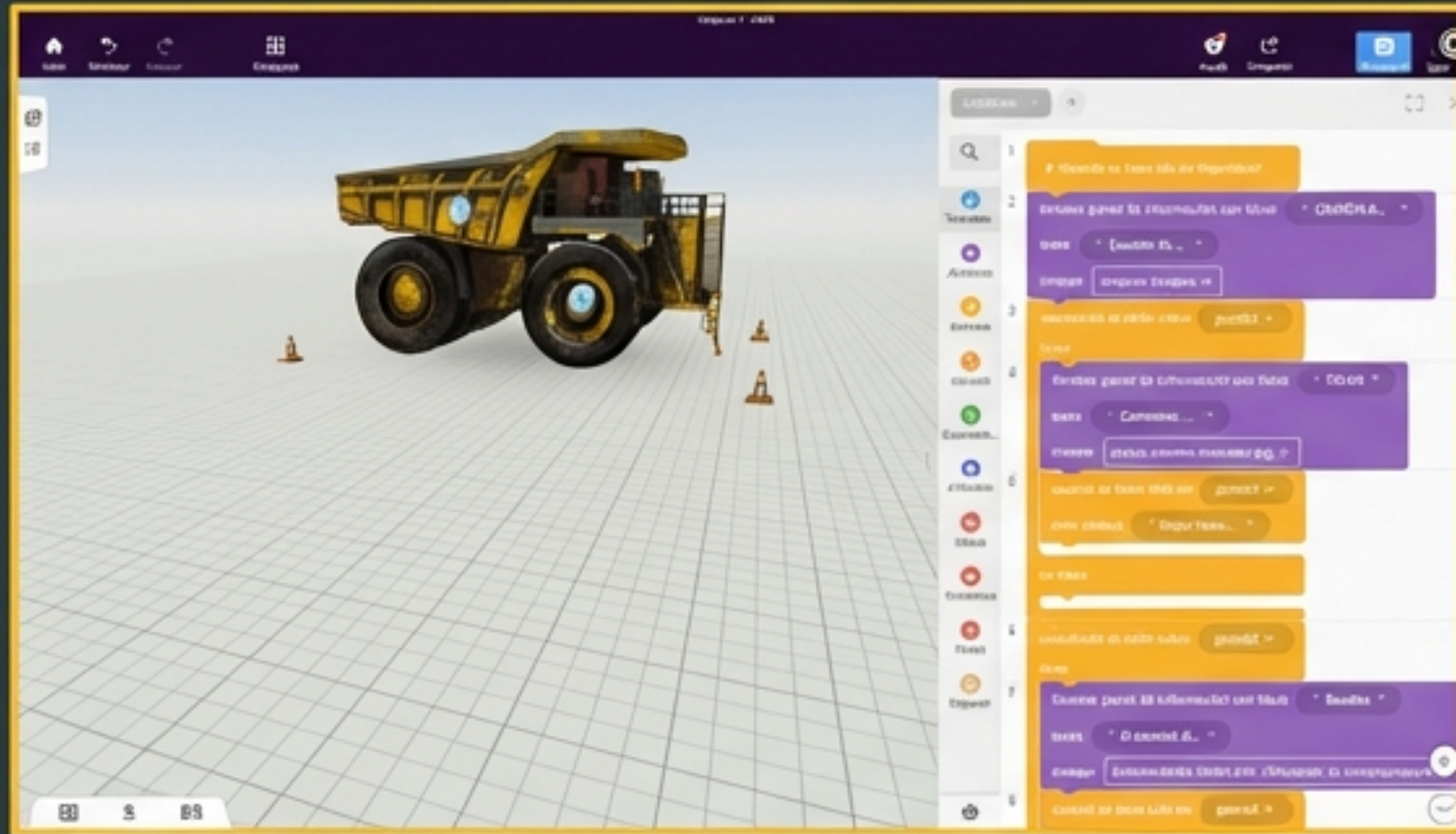
ESTABLECIMIENTO (El Con Qué)



- **Stack Tecnológico:** Blender (Modelado 3D) + CoSpaces Edu (Interacción).
- **Activos Virtuales:** Camiones de extracción, palas hidráulicas, plataformas de perforación.

Fases 3 y 4: De la Planificación a la Experiencia en Aula

Boceto (Blueprint)



Diseño iterativo y validación de prototipos funcionales.

Los estudiantes interactúan con modelos 3D para visualizar puntos ciegos y componentes mecánicos invisibles en el aula tradicional.

Aplicación (Application)



Implementación: Semanas 5-6. Interacción con ciclos mecánicos y seguridad.

Visualización de la Implementación en Entornos Reales

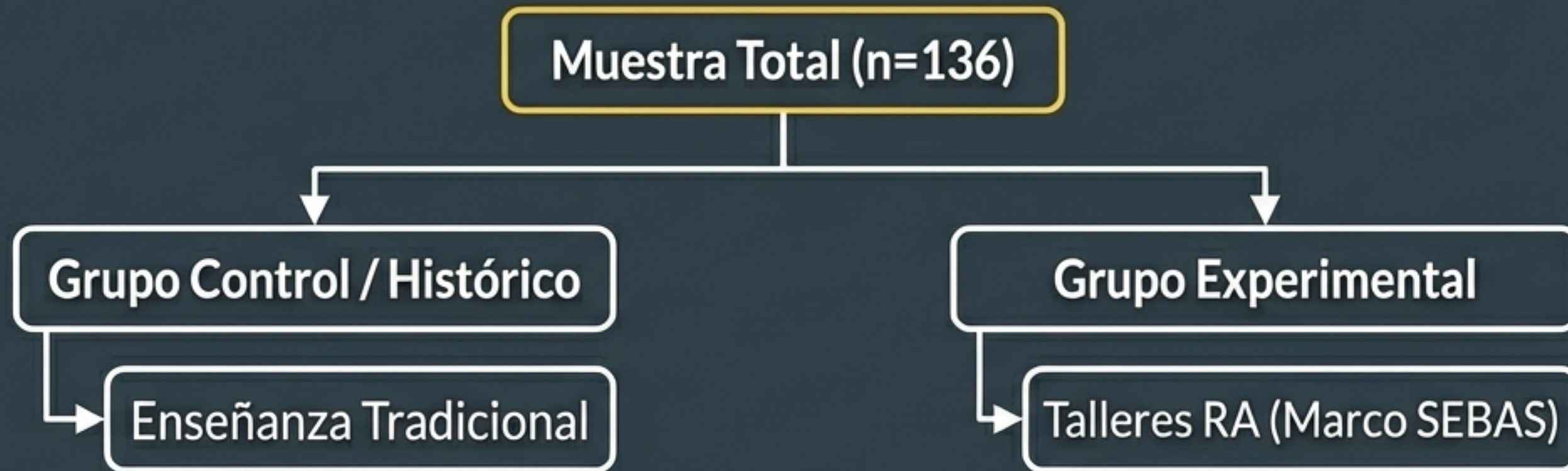


Entorno Auténtico (BYOD): Los estudiantes utilizan sus propios dispositivos para resolver problemas operativos simulados en RA.



FASE 5: SÍNTESIS. Ciclo de Investigación Basada en Diseño (DBR).
Recolección de feedback inmediato para refinar el modelo SEBAS.

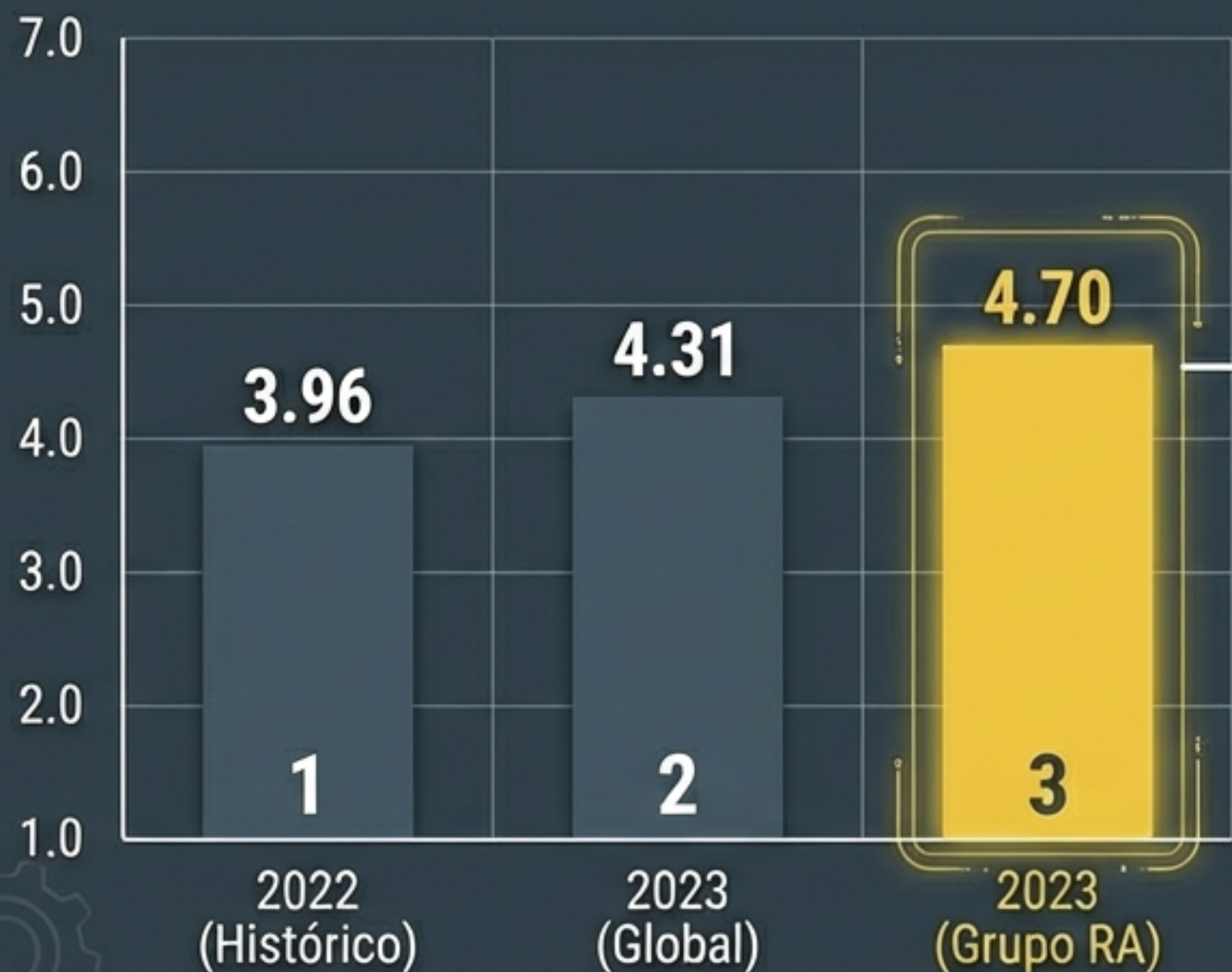
Diseño del Estudio: Validación Cuasi-Experimental



Instrumentos de Medición

- Registros académicos históricos (2022 vs 2023)
- Encuestas de percepción (Pre y Post)
- **Pruebas t de Welch** (Validación estadística)

Impacto Cuantitativo: Mejora del Rendimiento Académico



Desviación
Estándar reducida
de 2.43 a 1.75 en
el Grupo RA.

+19% Mejora

(Calculation based on 3.96 to 4.70
scale relative to passing)

Tasa de Aprobación:

68% (2023) vs **57%** (2022)

La RA '**nivela la cancha**', reduciendo la variabilidad y ayudando a los estudiantes con dificultades.

Análisis por Curso y Significancia Estadística

Curso 1

(Alta Integración RA)

Nota con RA:

4.76

Nota sin RA:

3.20

Significancia:

p = 0.002 (Significativo)

Curso 2

(Alta Integración RA)

Nota con RA:

4.51

Nota sin RA:

1.0

Significancia:

p < 0.001 (Altamente Significativo)

Cursos 3 y 4

Tendencia positiva mantenida, sin diferencia estadística crítica.

CONCLUSIÓN: El impacto positivo correlaciona directamente con el grado de integración metodológica. La tecnología funciona cuando se integra profundamente en el currículo.

Transformación de la Percepción Estudiantil

Confianza en el Aprendizaje



Antes: 37.2% → Después: 84.1%

Satisfacción Global



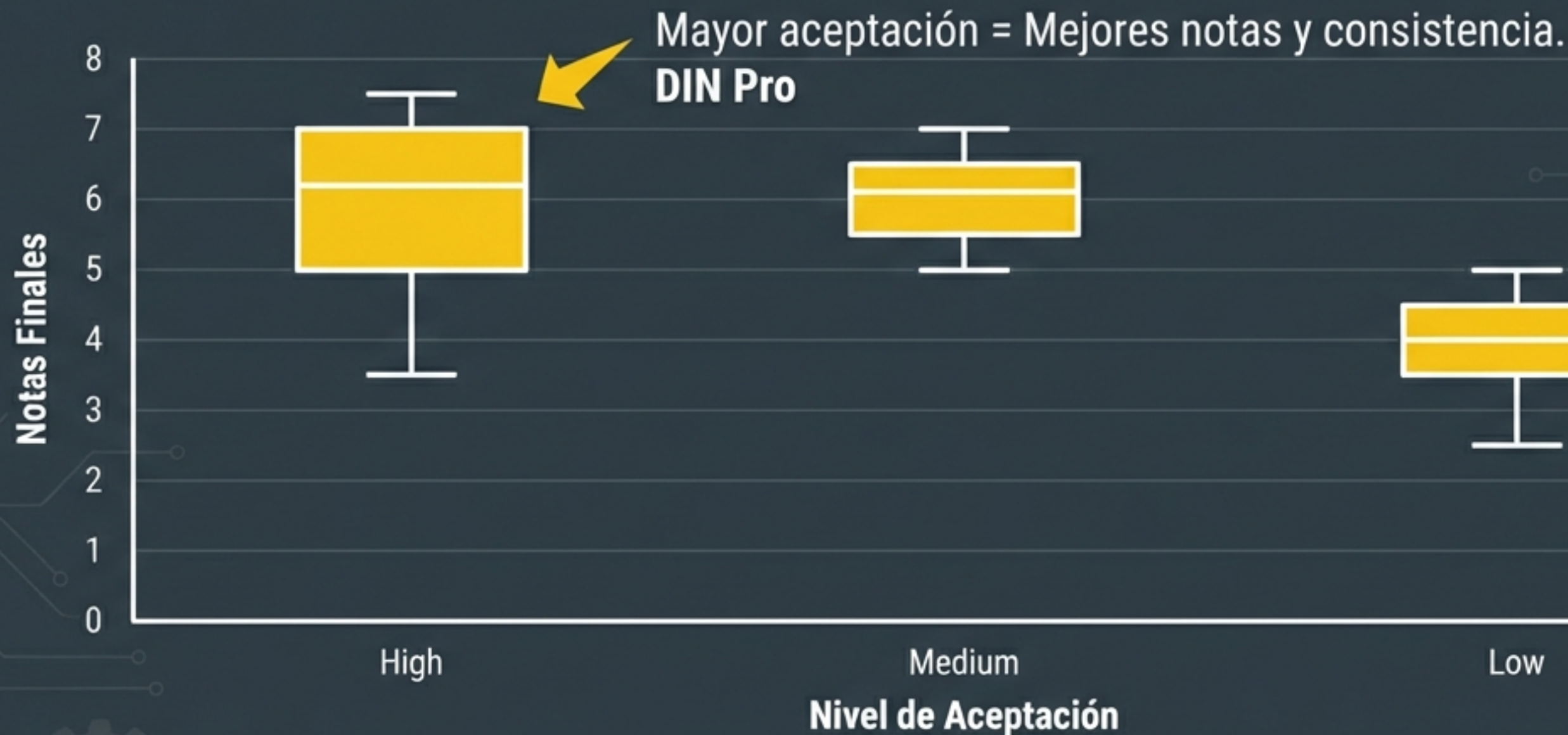
Utilidad Percibida



Consideran habilidades aplicables a la práctica profesional.

*“La tecnología transformó el escepticismo inicial en **alto compromiso y confianza técnica.**”*

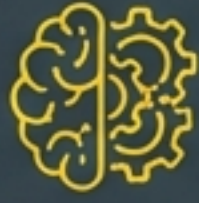
Correlación: Aceptación Tecnológica vs. Desempeño



La predisposición positiva amplifica el aprendizaje. La implementación exitosa requiere gestionar la “cultura digital” del estudiante.

Discusión: El Diseño Instruccional como Clave

Compromiso Cognitivo



La RA promueve el razonamiento espacial necesario para visualizar estructuras geológicas invisibles.

El éxito no radica en el software, sino en la estructura SEBAS.



Equidad Educativa

La reducción en la desviación estándar sugiere un entorno de aprendizaje más equitativo y predecible.



Más allá de la Novedad

La eficacia tecnológica depende de la integración curricular, no del "efecto wow".

Conclusiones y Replicabilidad del Modelo



Validación del Marco

SEBAS es un modelo pedagógicamente sólido y efectivo para integrar tecnologías inmersivas en ingeniería.



Impacto Comprobado

Mejora significativa en calificaciones y motivación, validada estadística y cualitativamente.



Transferibilidad

El flujo (Selección -> Síntesis) es totalmente adaptable a otras disciplinas STEM como Ingeniería Civil y Mecánica.



Hacia una Educación de Ingeniería Inmersiva

“El desafío no es la adopción tecnológica, sino la evaluación sistemática de modelos de diseño instruccional que preparen a los estudiantes para los desafíos reales de la industria.”

Basado en la investigación de Donaire, Barraza, Martínez-Pagán et al. (2026).