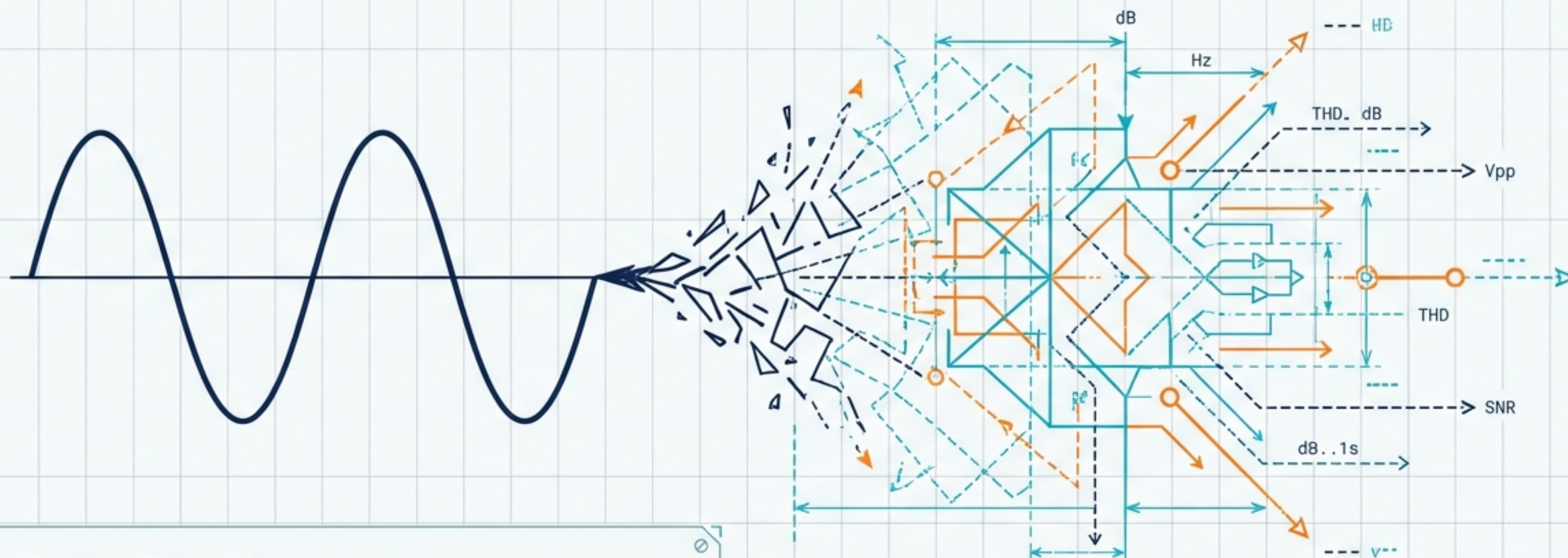


El Fin del Sistema Ideal

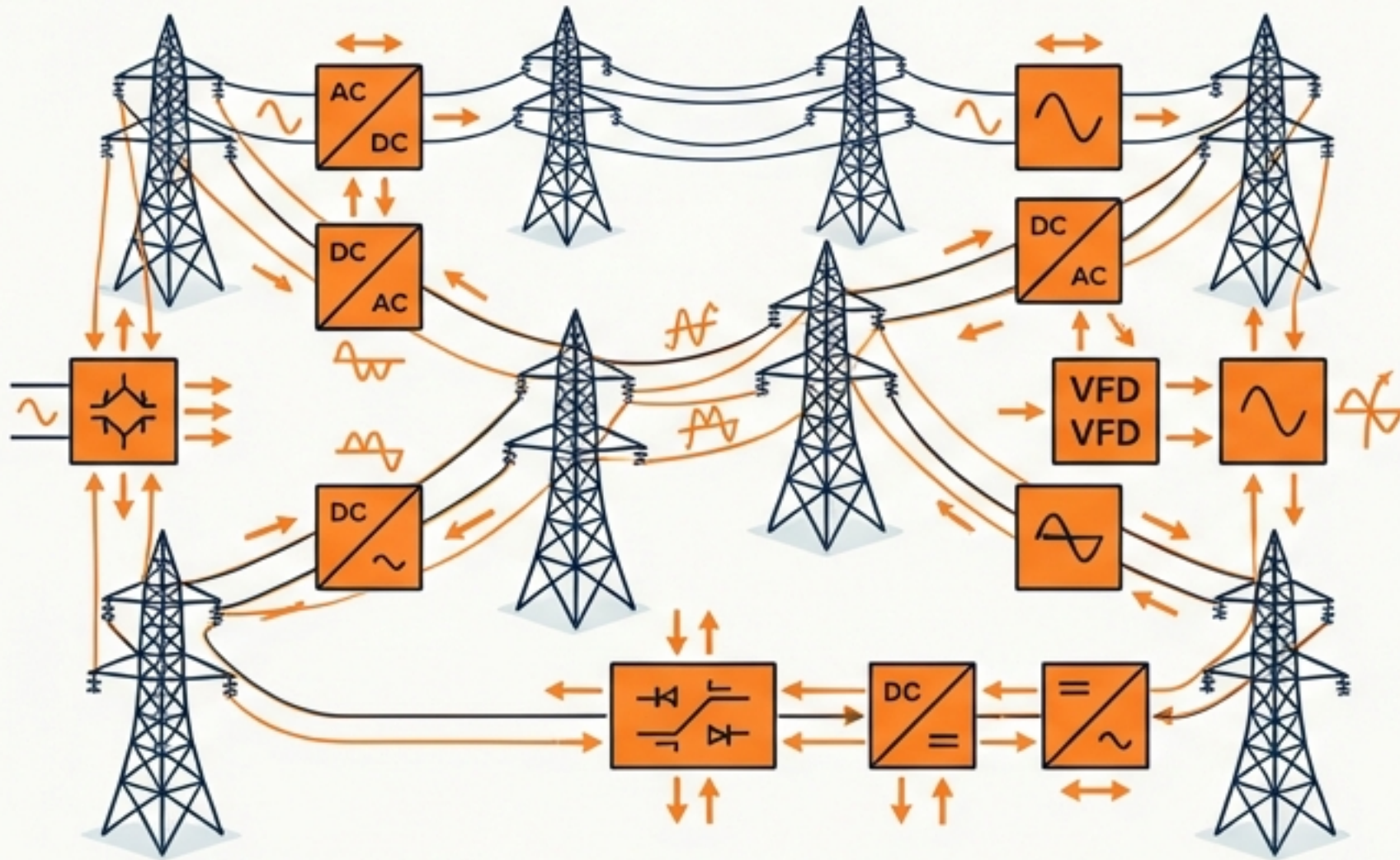
La evolución paralela de la metrología eléctrica y la enseñanza de ingeniería.



Dr. Maykop Pérez Martínez
Universidad Tecnológica de La Habana (CUJAE)
Síntesis de Investigación Curricular 2024

Paradigmas en Transición

La Realidad Técnica (La Red)



Los sistemas eléctricos modernos ya no son puramente sinusoidales ni perfectamente balanceados. La realidad está dominada por cargas no lineales y alta distorsión armónica.

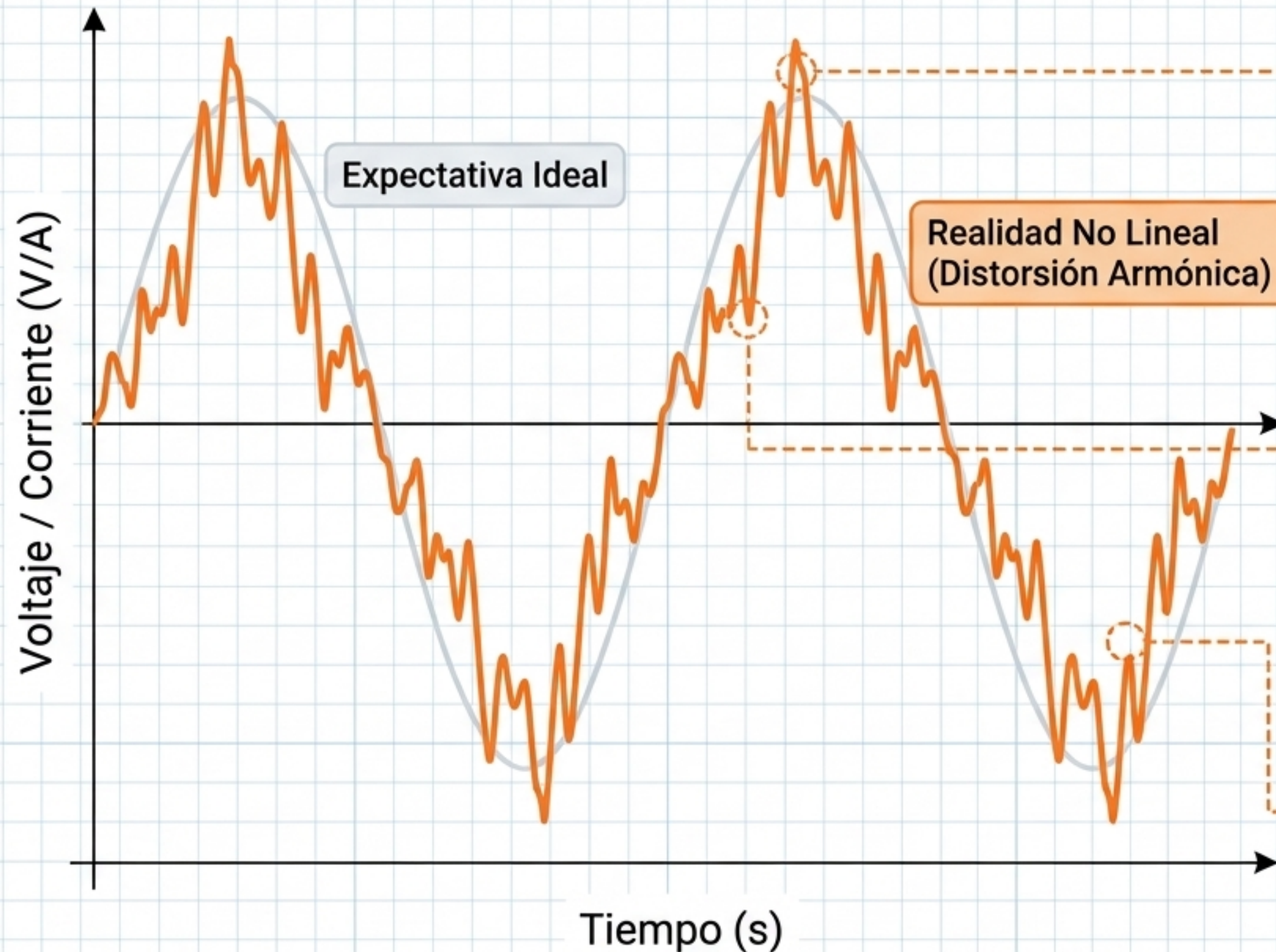
La Realidad Pedagógica (El Aula)



Un aula tradicional enfocada en circuitos ideales pasivos es incapaz de formar ingenieros preparados para esta complejidad. La simulación y la interactividad son imperativos técnicos.

SÍNTESIS: La teoría de medición evolucionó (Estándar IEEE-1459) para reflejar la realidad física. La pedagogía debe evolucionar (Plan E) para ser capaz de enseñarla.

La Muerte de la Onda Sinusoidal Pura



Cargas No Lineales

Rectificadores y dispositivos de conmutación de estado sólido distorsionan severamente la red eléctrica moderna.

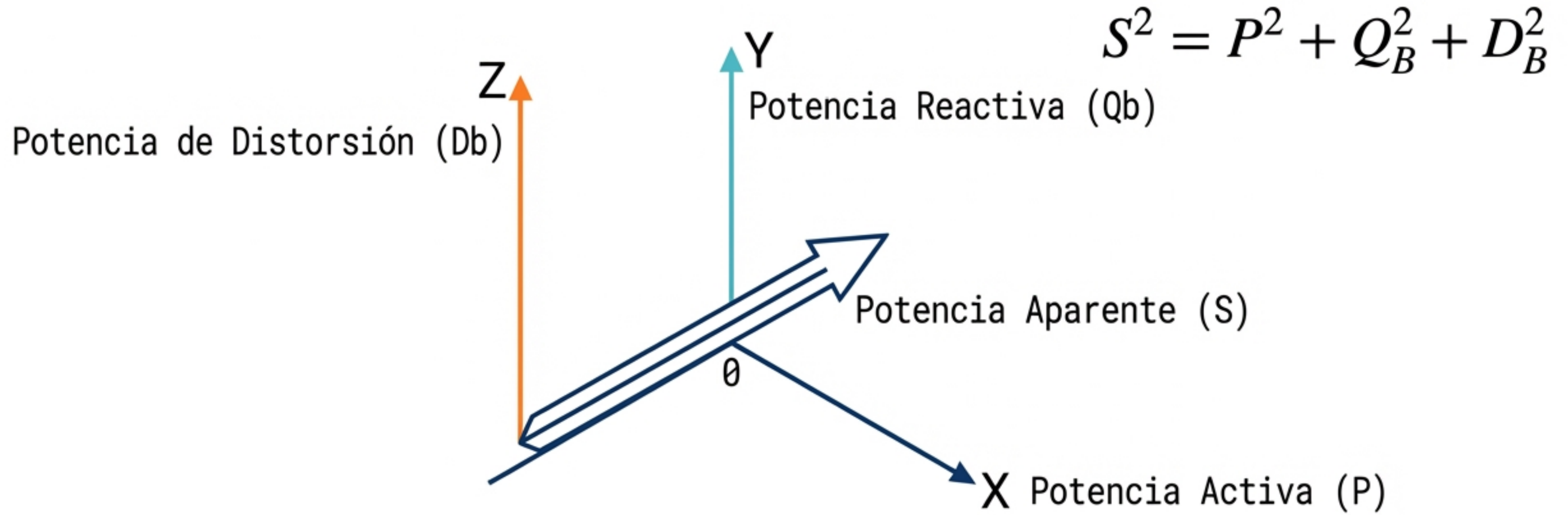
Falla de Medición Tradicional

Métodos clásicos, como la Conexión Aron, incurren en altos márgenes de error al intentar medir la potencia aparente bajo condiciones de asimetría y distorsión.

Incertidumbre Crítica

Los medidores diseñados para entornos ideales generan errores financieros severos en la facturación y el manejo de potencia reactiva.

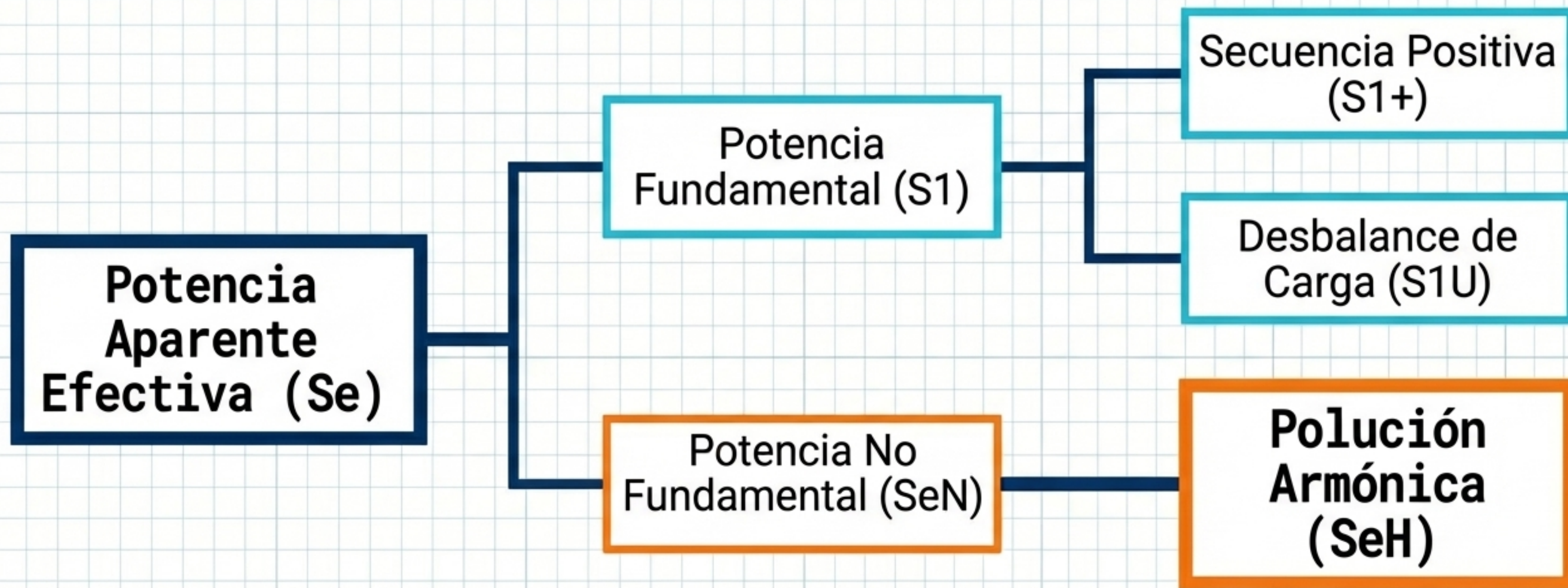
El Primer Intento: El Modelo Tridimensional de Budeanu



Descompone la potencia aparente en tres dimensiones ortogonales abstractas.

Reconoce la existencia de la distorsión armónica, pero resulta matemáticamente insuficiente para los sistemas modernos asimétricos y altamente contaminados.

El Estándar Moderno: IEEE-1459



CONCLUSIÓN TÉCNICA: El estándar redefine la metrología al separar matemáticamente los componentes fundamentales de la distorsión armónica y el desbalance, exigiendo un nivel de análisis computacional inalcanzable con métodos manuales.

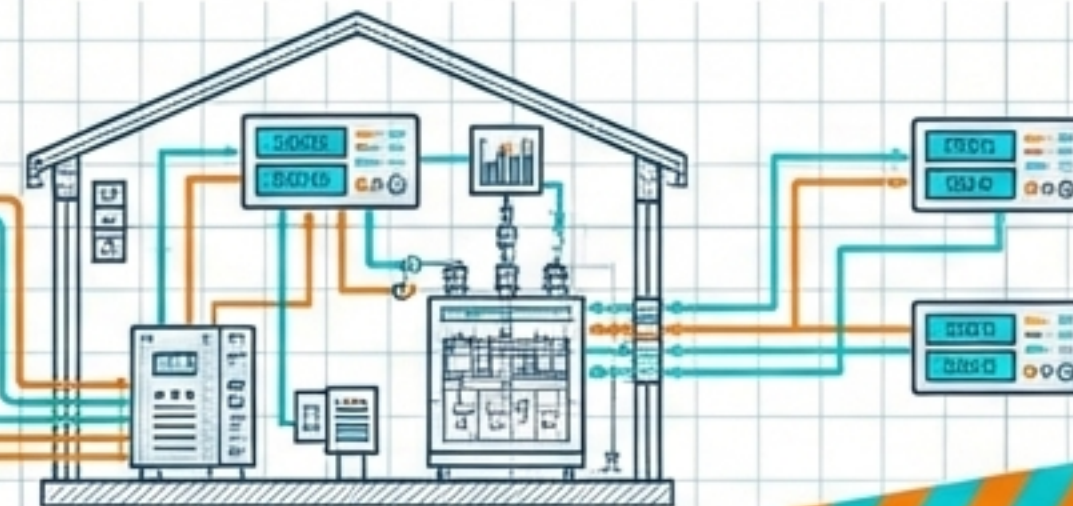
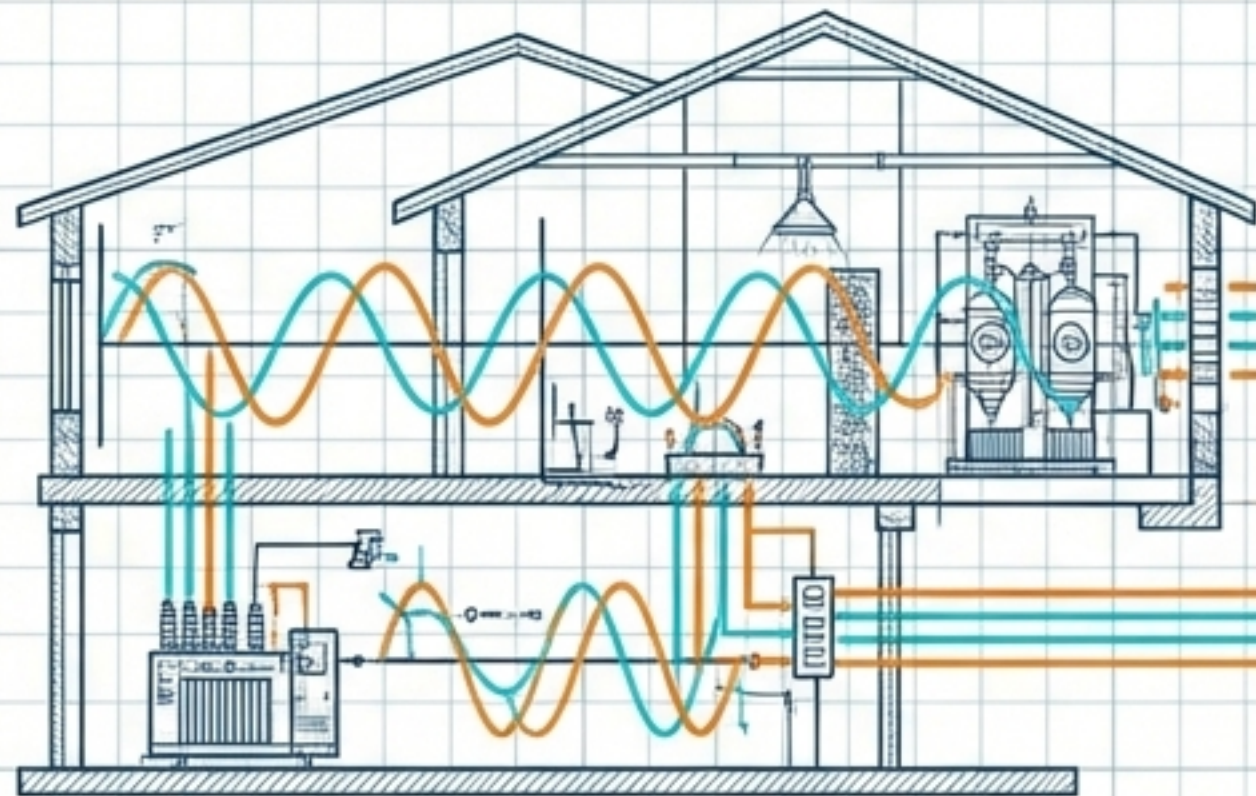
Evolución de los Modelos de Medición

	Tradicional (Ideal)	Budeanu (Transicional)	IEEE-1459 (Moderno)
Manejo de Armónicos	✗ Ignorados completamente	✓ Considerados (Potencia de Distorsión)	✓ Separados (Fundamental vs. No Fundamental)
Suposición de Carga	✗ Asume balance perfecto	✗ Maneja solo sistemas simétricos	✓ Considera desbalance real (Corriente Neutra)
Aplicabilidad Actual	Obsoleta en industria moderna	Matemáticamente limitada	Estándar global de alta precisión

La transición de un modelo ideal a uno moderno requiere herramientas capaces de procesar datos masivos y no lineales en tiempo real.

El Desfase Pedagógico

EL ENTORNO PROFESIONAL:
Dinámico, no lineal, computacional.

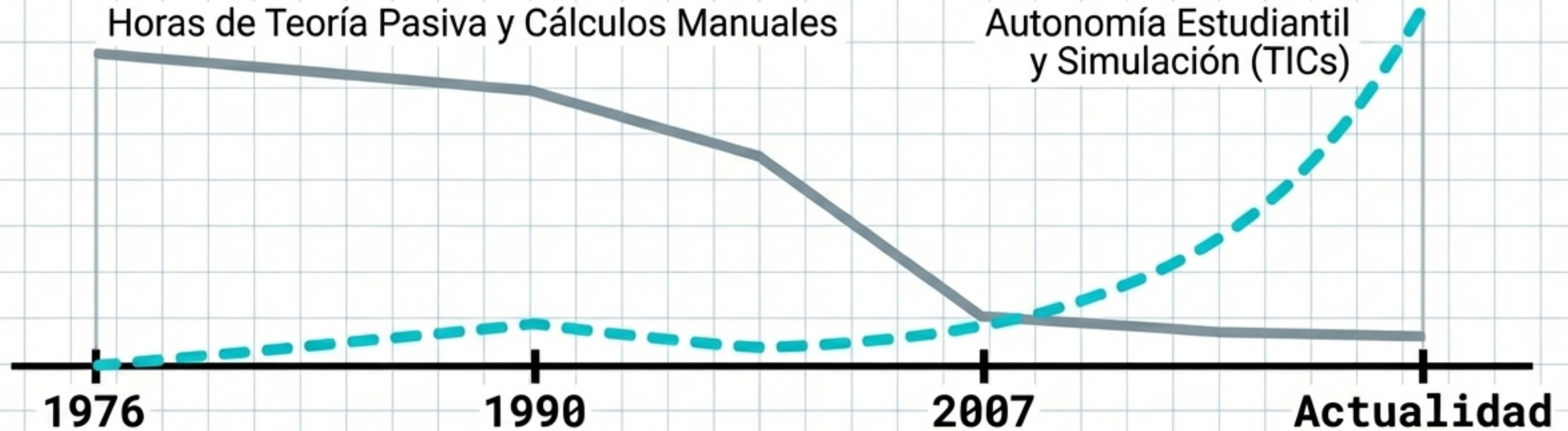


No podemos resolver
problemas no lineales
con métodos de
enseñanza
lineales.

EL AULA HISTÓRICA:
Estática, idealizada, manual.

La enseñanza pasiva (Planes A-D) dependía de cálculos manuales, invisibilizando fenómenos críticos como la distorsión armónica.

50 Años de Evolución Curricular (Universidad Tecnológica de La Habana)



Plan A: Pura teoría matemática, análisis pasivo de circuitos ideales.

Plan C: Introducción temprana y rudimentaria de simuladores de PC.

Plan D: Reducción drástica de horas lectivas; grave carencia de laboratorios físicos.

Plan E: Integración total. Simulación obligatoria, TICs y problemas del mundo real.

El Nuevo Paradigma Curricular

Modelos Históricos (Planes A-D)

Rol del Estudiante

Receptor pasivo, estrictamente dependiente del profesor.

Medio Principal

Pizarrón, tiza, y cálculos matemáticos manuales.

Estructura de Contenido

Separación rígida de conceptos (Corriente Directa aislada de Corriente Alterna).

Enfoque de Práctica

Comprobación mecanicista de teorías aisladas.

Modelo Actual (Plan E)

Rol del Estudiante

Constructor activo, aprendizaje autorregulado y autónomo.

Medio Principal

Laboratorios virtuales (Scilab, PartSim), plataformas TICs y TACs.

Estructura de Contenido

Impartición integrada frente a múltiples estímulos de manera simultánea.

Enfoque de Práctica

Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) derivados de la industria real.

La Mecánica del Aula Moderna (Ecosistema Plan E)



Mapeando la Teoría a la Práctica

Teoría moderna requiere herramientas modernas.

El Reto: IEEE-1459

Medición de polución armónica (SeN), fenómeno invisible al análisis analógico.

Comportamiento dinámico y procesos transitorios rápidos ante conmutadores.

Desbalance profundo de cargas y corrientes de neutro en la red.

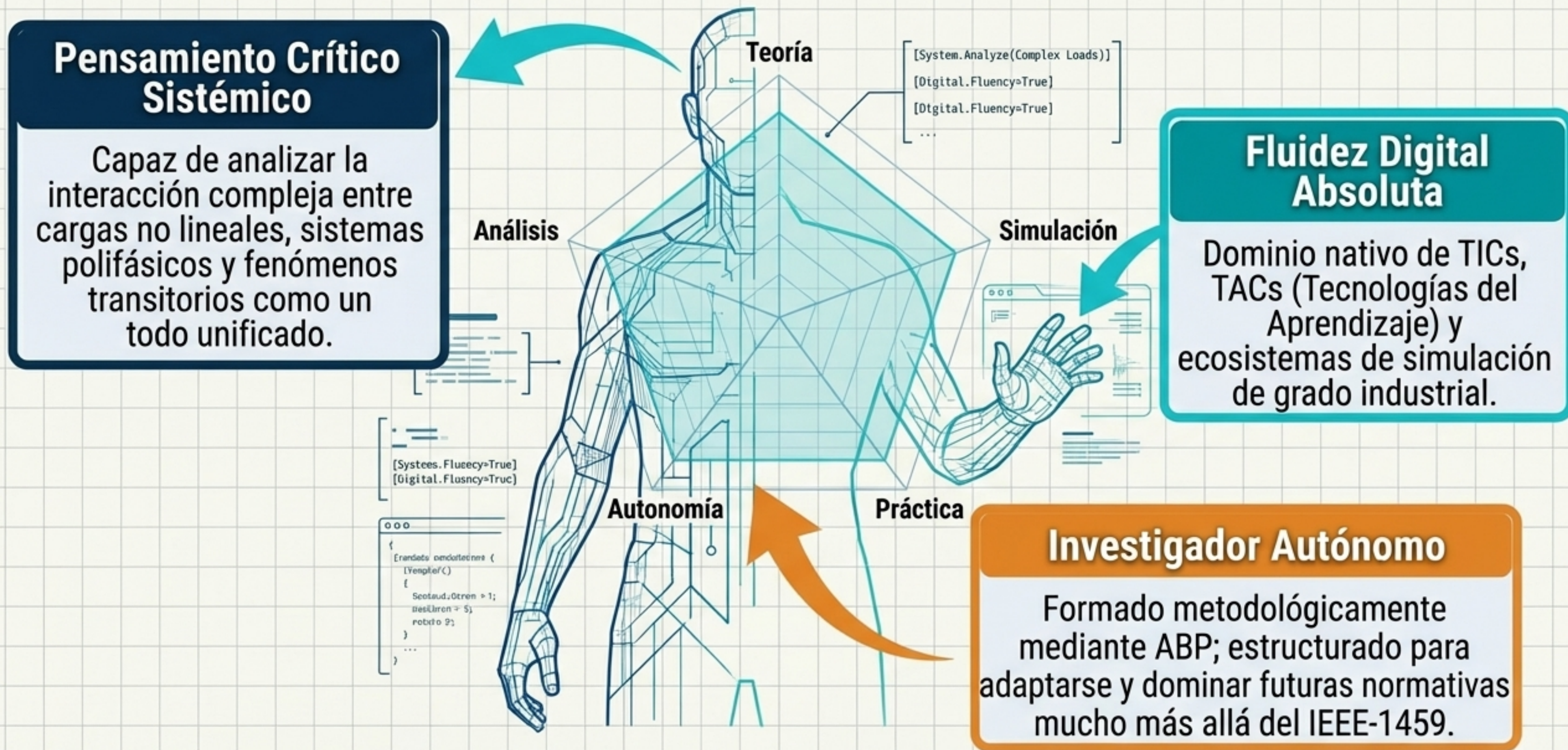
La Solución: Plan E

Uso de software SCILAB para modelar, descomponer y visualizar el espectro armónico en tiempo real.

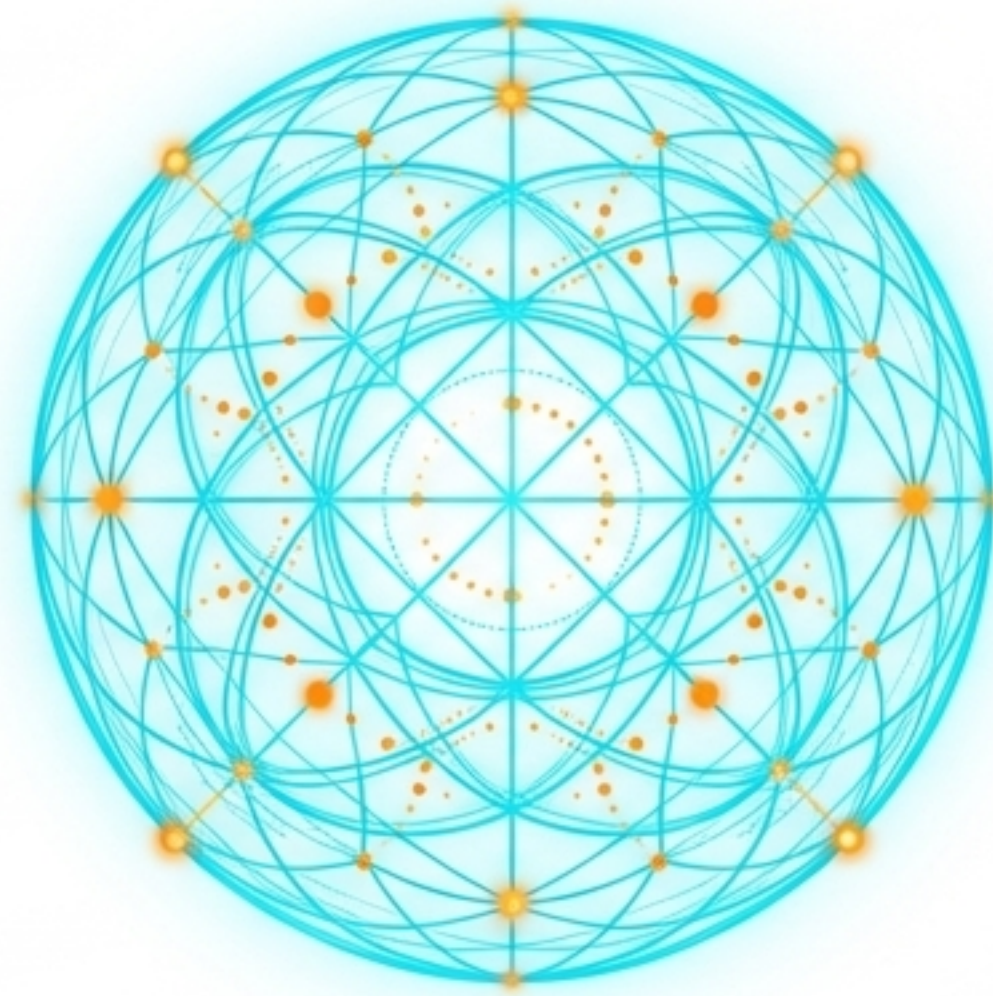
Implementación de simuladores online (PARTSIM) que superan las severas limitaciones del cálculo manual estático.

Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) procesando expedientes técnicos de subestaciones reales.

El Perfil del Ingeniero Electricista Moderno



La Complejidad Exige Simulación



La Red Evolucionó

La metrología ya no tolera ni perdona las aproximaciones lineales de los sistemas ideales.

El Aula Evolucionó

El Plan E transforma la tiza y la pizarra en robustos laboratorios virtuales interactivos.

El Vínculo

Solo integrando simuladores y problemas reales formaremos a los ingenieros que estabilizarán el futuro energético.