

# **Transformadores de Estado Sólido (SST)**

Innovación tecnológica en control de tensión

---

Tu Nombre

16 de febrero de 2026

ADCE

# Contenido

---

1. Introducción
2. Conceptos Previos
3. Transformadores de Estado Sólido
4. Características Principales
5. Arquitectura del SST
6. Ventajas y Desafíos
7. Conclusiones

# Introducción

---

# ¿Qué vamos a ver hoy?

- Una tendencia tecnológica **emergente** en el campo del control de tensión.
- Los **Transformadores de Estado Sólido (SST)**.
- Conocidos como *Solid State Transformers* en inglés.

## Objetivo

Entender cómo esta tecnología revoluciona la distribución eléctrica.



## Conceptos Previos

---

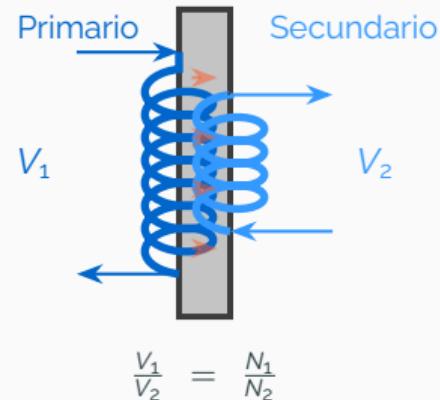
# Recordatorio 1: Transformador Convencional

## ¿Qué hace?

- Transforma niveles de tensión en CA.
- Utiliza campos electromagnéticos.
- Dos devanados acoplados magnéticamente.

## Importancia:

- Razón principal del uso de corriente alterna.
- Eficiencia energética en transmisión.



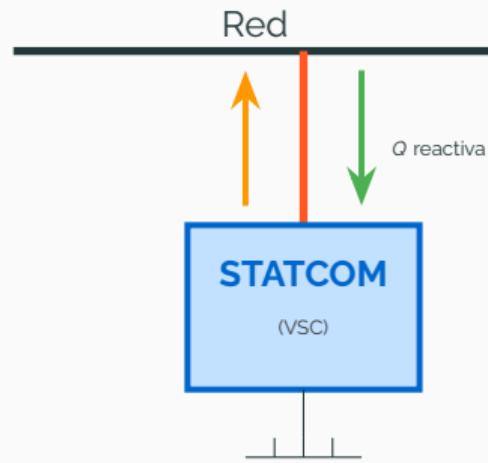
## Recordatorio 2: STATCOM

### Función principal:

- Control de tensión en la red.
- Mejora calidad del suministro.
- Intercambio de potencia reactiva.

### Características:

- Conexión en **paralelo**.
- Basado en VSC (*Voltage Source Converters*).
- Consumo solo potencia activa para pérdidas.



**Clave**

Conexión en **derivación**

# **Transformadores de Estado Sólido**

---

# ¿Qué son los SST?

## Definición

Los SST son equipos de paso que se conectan **en serie** al flujo de potencia, similar a los transformadores convencionales, pero usando electrónica de potencia.



**STATCOM** → Paralelo (Derivación) vs. **SST** → Serie (Paso)

# Funcionalidad Híbrida

**SST**

=

Transformador

+

Compensador

## Como Transformador

- ✓ Transforma tensión.
- ✓ Transfiere potencia activa.
- ✓ Aislamiento galvánico.

## Como Compensador

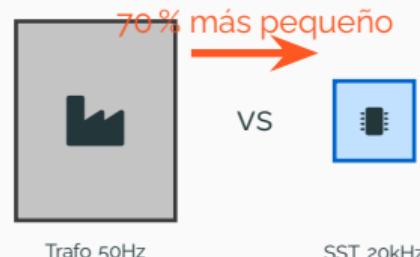
- ✓ Control de factor de potencia.
- ✓ Regulación dinámica.
- ✓ Eliminación de armónicos.

## Características Principales

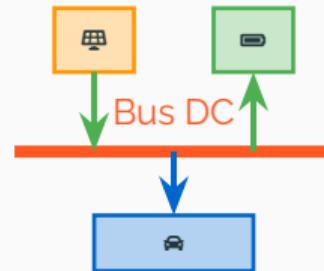
---

# Características Esenciales de los SST

1. **Transformación de tensión** con transmisión de potencia activa.
2. **Control de factor de potencia** activo.
3. **Regulación dinámica de tensión:**
  - Si entrada baja 10 % → salida mantiene 230V exactos.
  - (Un trafo convencional no puede hacer esto sin tap-changers lentos).
4. **Reducción drástica de peso y volumen:**
  - Opera a  $\sim 20\,000$  Hz (vs 50 Hz convencional).
  - Transformador físico mucho más pequeño.



5. **Bus de corriente continua (DC):**
  - Conexión directa de paneles solares.
  - Carga directa de VE sin rectificador externo.
6. **Eliminación de armónicos.**
7. **Clave para SmartGrids:**
  - Control total del flujo (bidireccional).



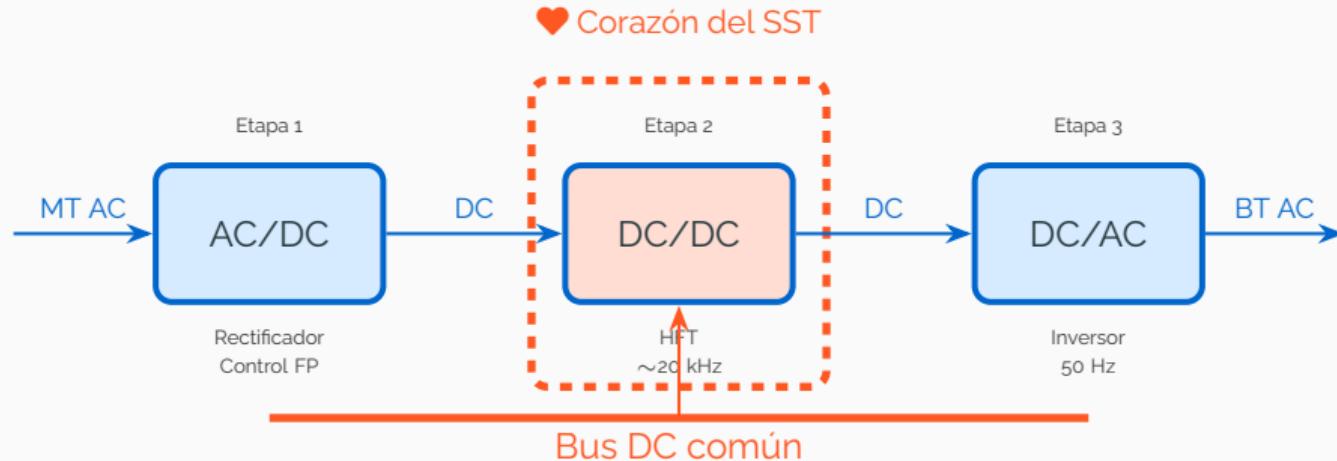
## Aplicación

Principalmente en redes de **Media** y **Baja Tensión** (límites actuales de semiconductores).

## Arquitectura del SST

---

# Esquema Típico de un SST



## Ventaja Clave

Las tres etapas conectadas en serie permiten **control total** y un **transformador físico miniaturizado**.

## Etapa 2: El “Corazón” (DC/DC Alta Frecuencia)

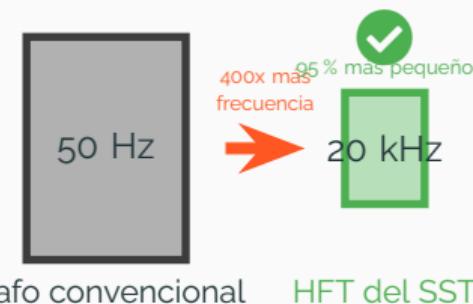
### Componentes

- Inversor DC/AC (alta frecuencia).
- **Transformador de Alta Frecuencia (HFT).**
- Rectificador AC/DC.

**Ventaja del HFT:** Al operar a  $\sim 20$  kHz, el núcleo magnético es **minúsculo** vs. uno de 50 Hz, manteniendo aislamiento galvánico.

### La Física detrás

$$B = \frac{V}{4,44 \cdot f \cdot N \cdot A} \quad \text{Mayor } f \rightarrow \text{menor área.}$$



# Proceso de Conversión Completo



## La Clave

Pasar por **Alta Frecuencia** intermedia permite reducir el tamaño físico drásticamente manteniendo aislamiento galvánico.

## Ventajas y Desafíos

---

# Resumen: Pros y Contras

## Ventajas

- ✓ Tamaño y peso reducidos (70-95 %).
- ✓ Control instantáneo de voltaje.
- ✓ Bus DC integrado (Renovables/VE).
- ✓ Bidireccionalidad total.
- ✓ Eliminación de armónicos.
- ✓ Ideal para SmartGrids.

## Desafíos

- ✗ **Coste elevado:** Semiconductores (SiC, GaN).
- ✗ **Pérdidas:** Ligeramente mayores (etapas múltiples).
- ✗ **Limitación de tensión:** Solo MT/BT actualmente.
- ✗ **Pérdida de inercia:** Sin masa rotatoria, menor estabilidad.



# Comparativa: Trafo Convencional vs SST

Parámetro	Trafo Convencional	SST	
Peso	100 %	5-30 %	↑
Volumen	100 %	10-30 %	↑
Regulación	Tap manual	Instantánea	↑
Eficiencia	99.5 %	>97 %	↓
Coste	Bajo	Alto	↓

## Conclusión Comparativa

El SST supera al transformador convencional en **compacidad, control y funcionalidad**, pero requiere reducción de costes para despliegue masivo.

## Conclusiones

---



## Hoja de ruta:

- 试管 Tecnología probada pero cara.
- 笔记 Necesario reducir costes de SiC y GaN.
- 图表 Futuro estándar para las *Smart Cities*.
- 地图 Aplicaciones nicho: VE, renovables, microredes.

## Visión 2030-2040

Los SST serán el **estándar** en distribución urbana, integrando generación distribuida, almacenamiento y movilidad eléctrica.

# Aplicaciones Actuales y Futuras

## Aplicaciones actuales:

- ⚡ Estaciones de carga ultrarrápida VE.
- ⚡ Microredes con renovables.
- 🎥 Industrias con calidad crítica.
- 🚂 Tracción naval/ferroviaria.

## Futuro cercano:

- 🏢 Distribución urbana inteligente.
- 🏢 Edificios con gestión energética.
- 🏢 Centros de datos eficientes.
- ✈️ Aviación eléctrica (potencia).



# ¿Preguntas?

[email@instituto.com](mailto:email@instituto.com)

Gracias por vuestra atención