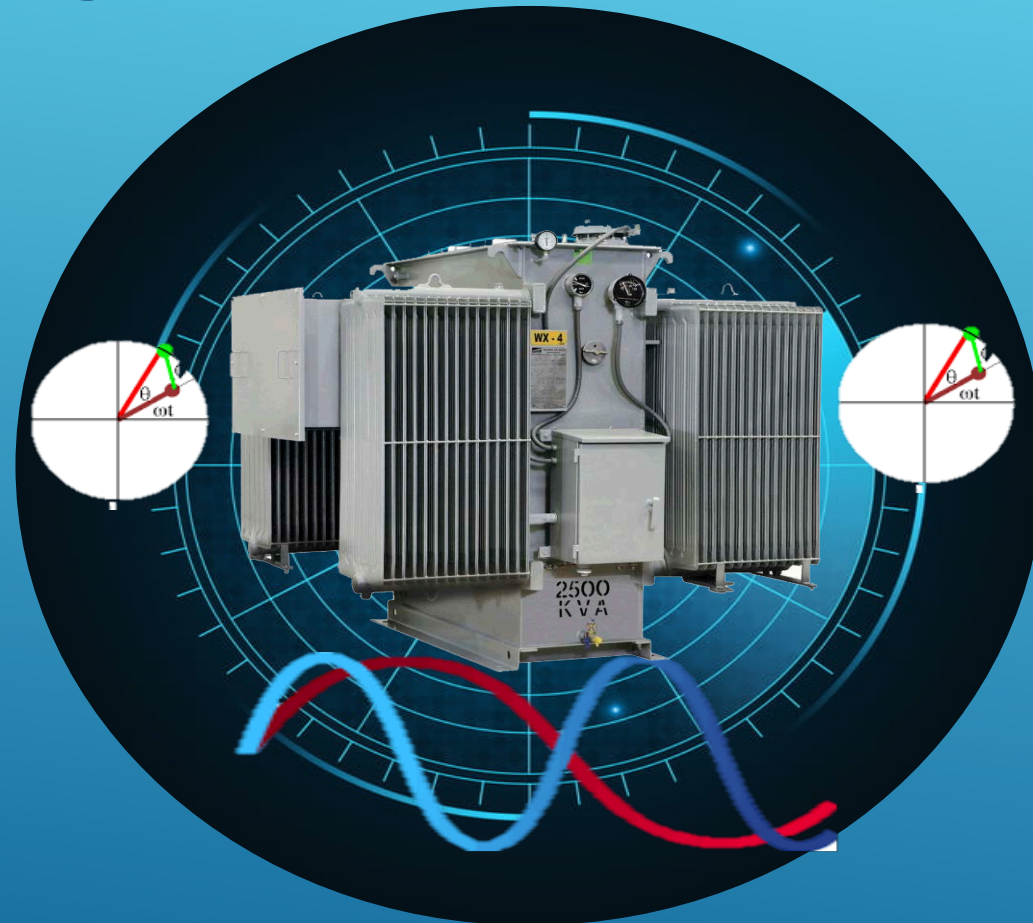


# Aprovechamiento de PMUs armónicos para el diagnóstico de transformadores



Por:

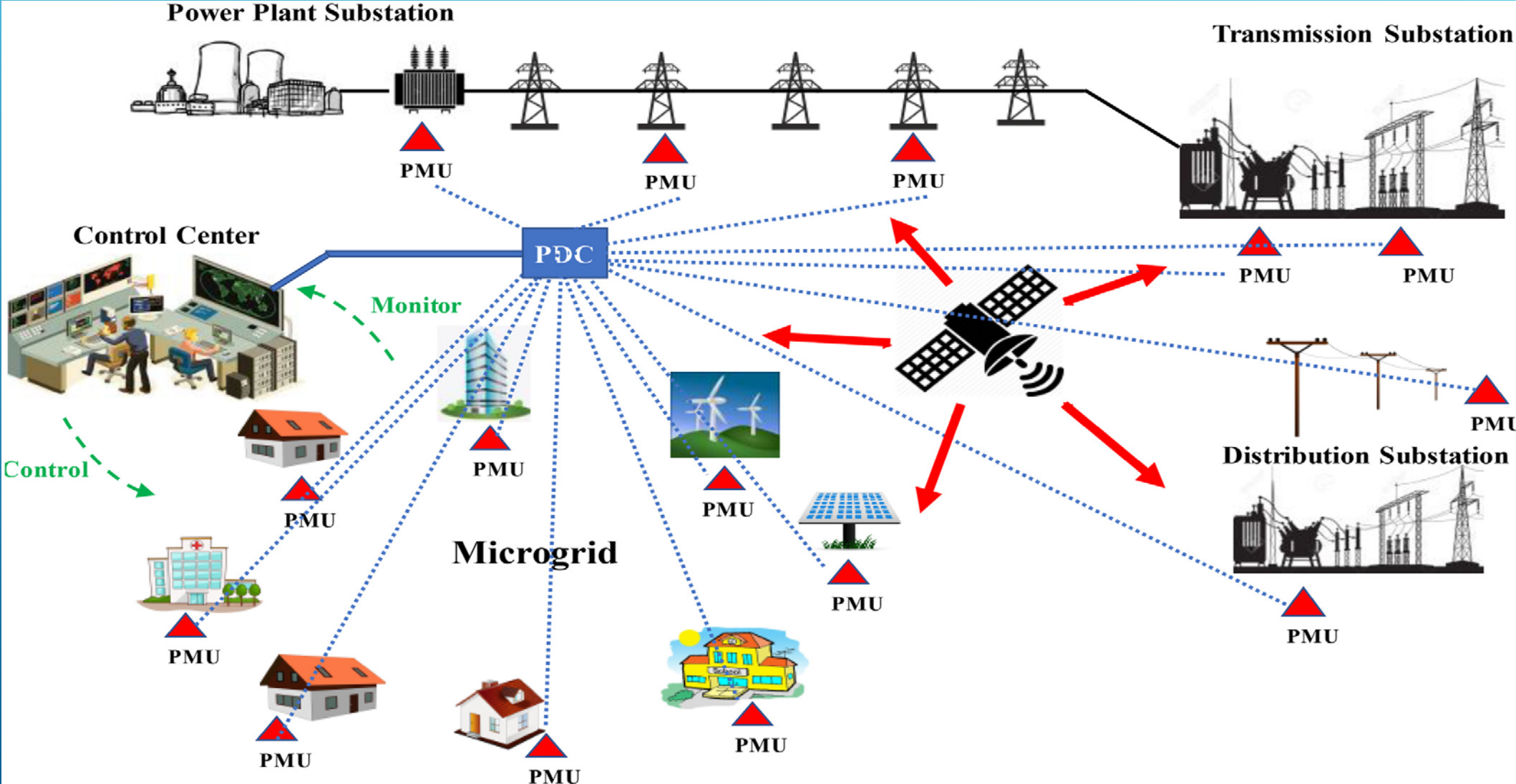
Dr. David Granados Lieberman

# CONTENIDO

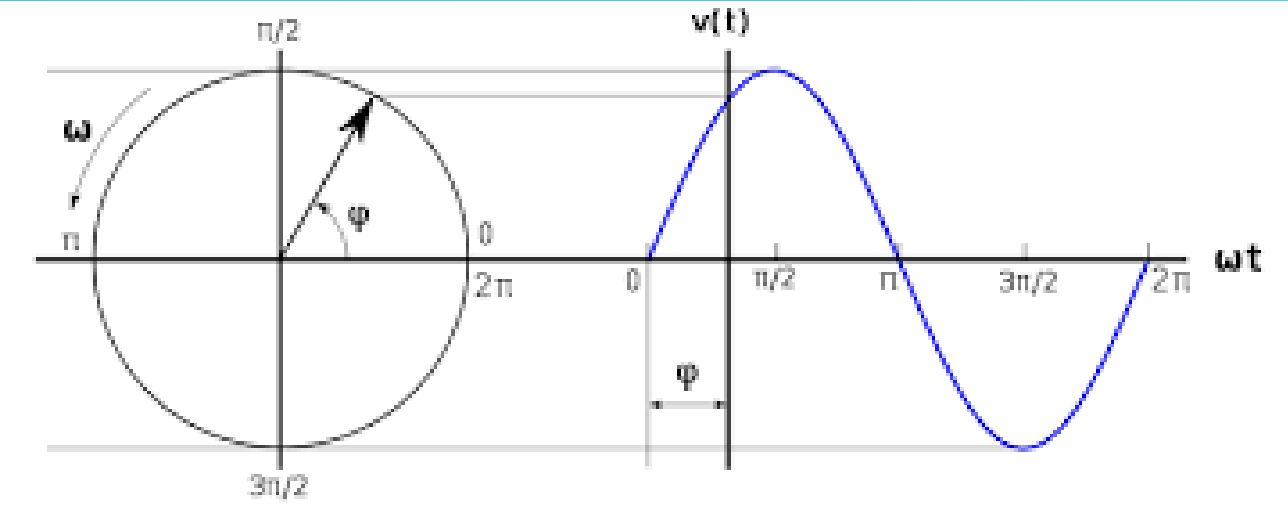
- Introducción
- Fasores y sincrofasores (PMUs)
- Armónicos
- PMU's armónicos
- Protección diferencial basada en PMU's
- Desarrollo
- Resultados
- Conclusiones



# Introducción- monitoreo



# FASOR



$$V = M \angle \theta$$

$$V = \sqrt{2} M \sin(2\pi ft + \theta)$$





# UNIDADES DE MEDICIÓN FASORIAL



Precisión

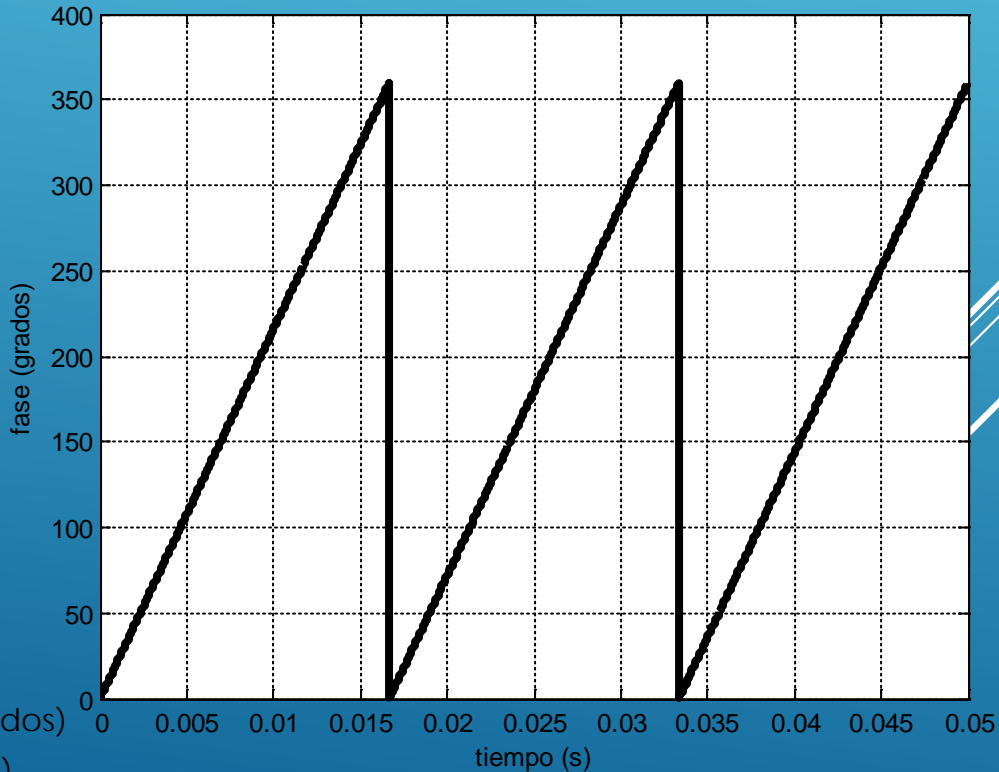
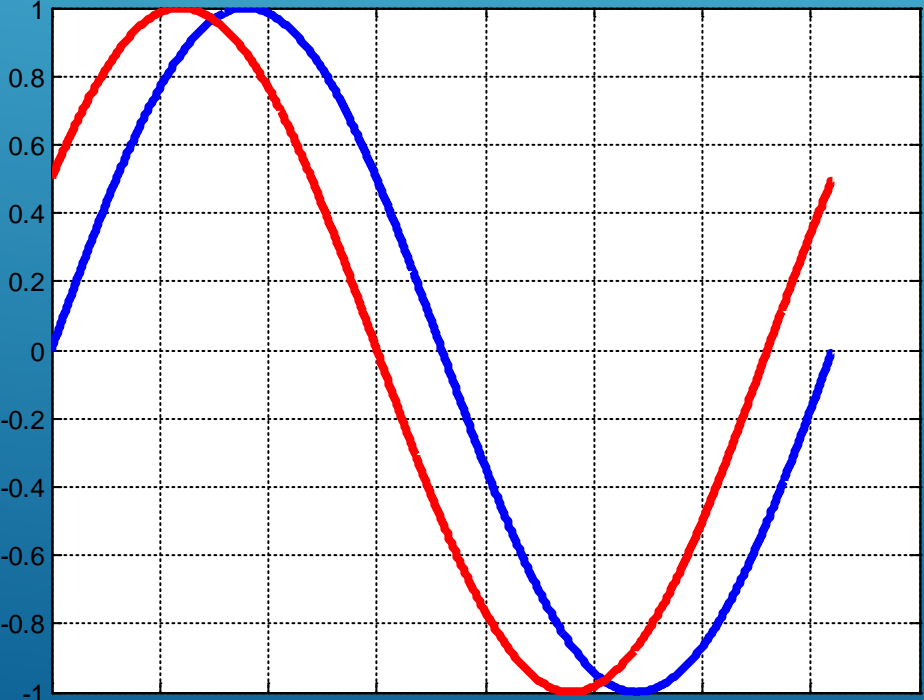


Tasa de reporte



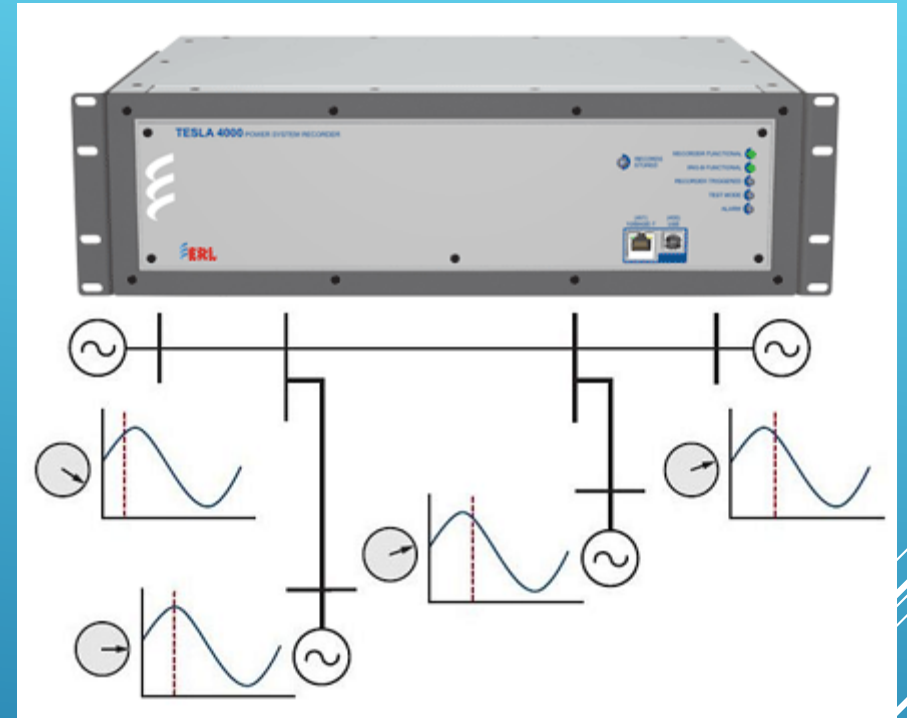
Sincronización

# SINCRONIZACIÓN / RETRASO EN TIEMPO

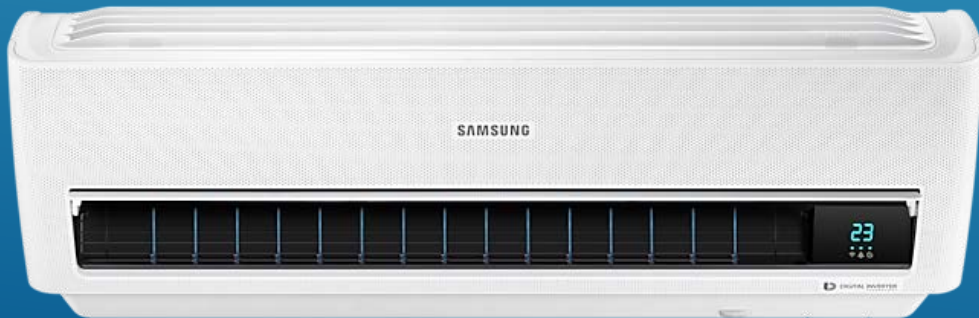


# APLICACIONES

- Estimación de potencias (P,Q,S), factor de potencia, energías
- Protecciones (Sobre carga, desviación nominal de voltaje, operación en isla)
- Control (voltaje, potencia, factor de potencia)
- Modelo del sistema (parámetros de línea, modelos de carga, modelos de predicción, etc)
- Determinación de márgenes de estabilidad
- Registro de disturbios de área amplia
- Visualización de la respuesta dinámica del sistema

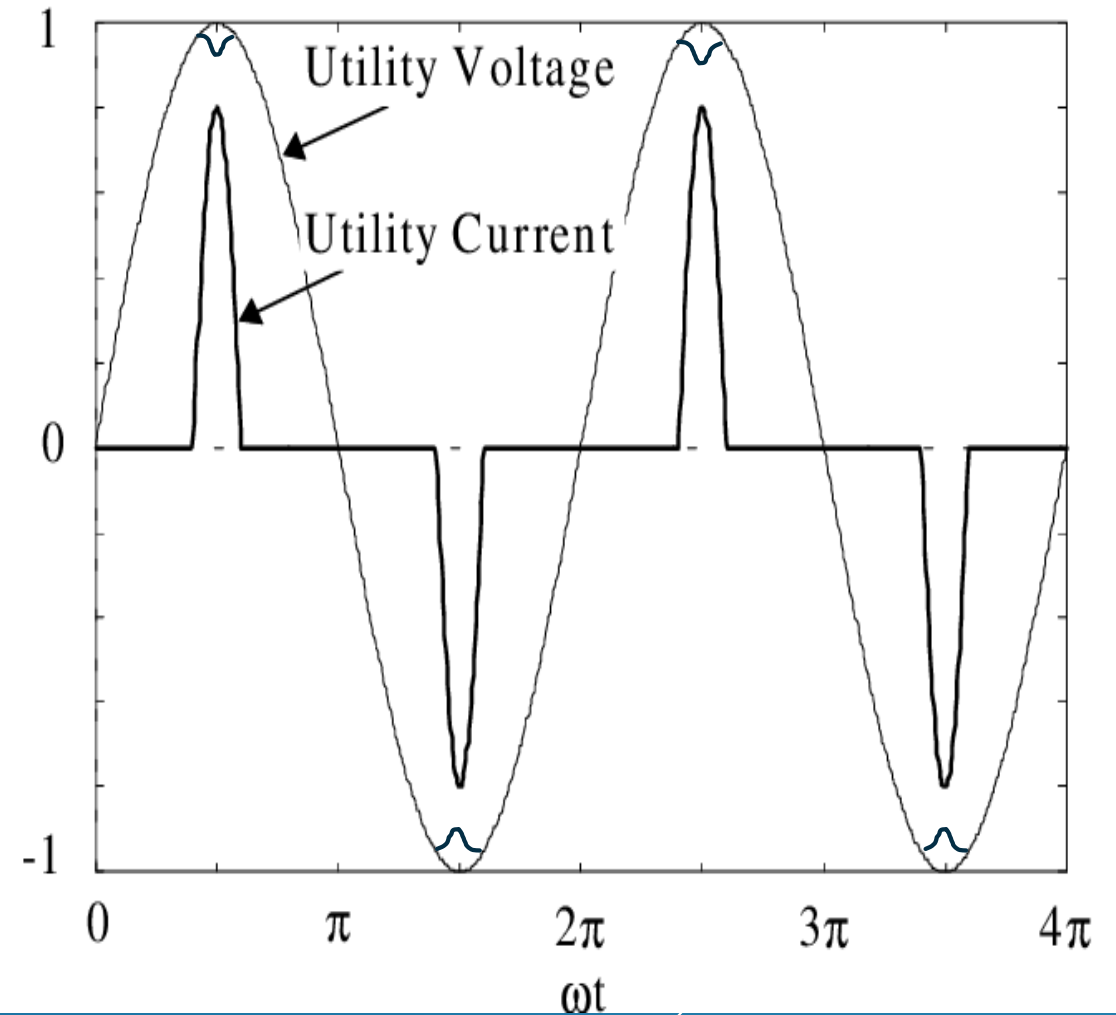
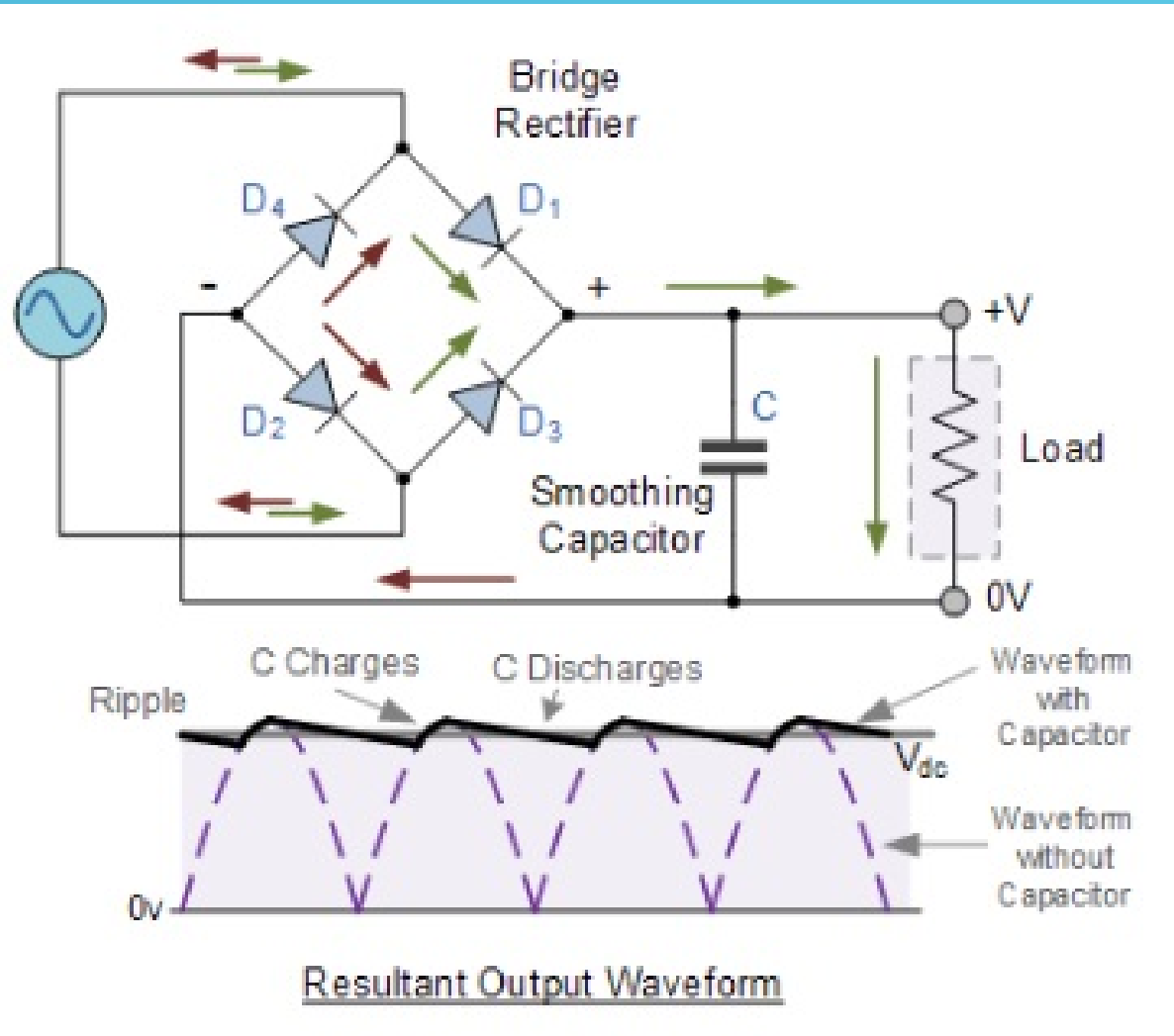


# ARMONICOS POR CARGAS NO-LINEALES

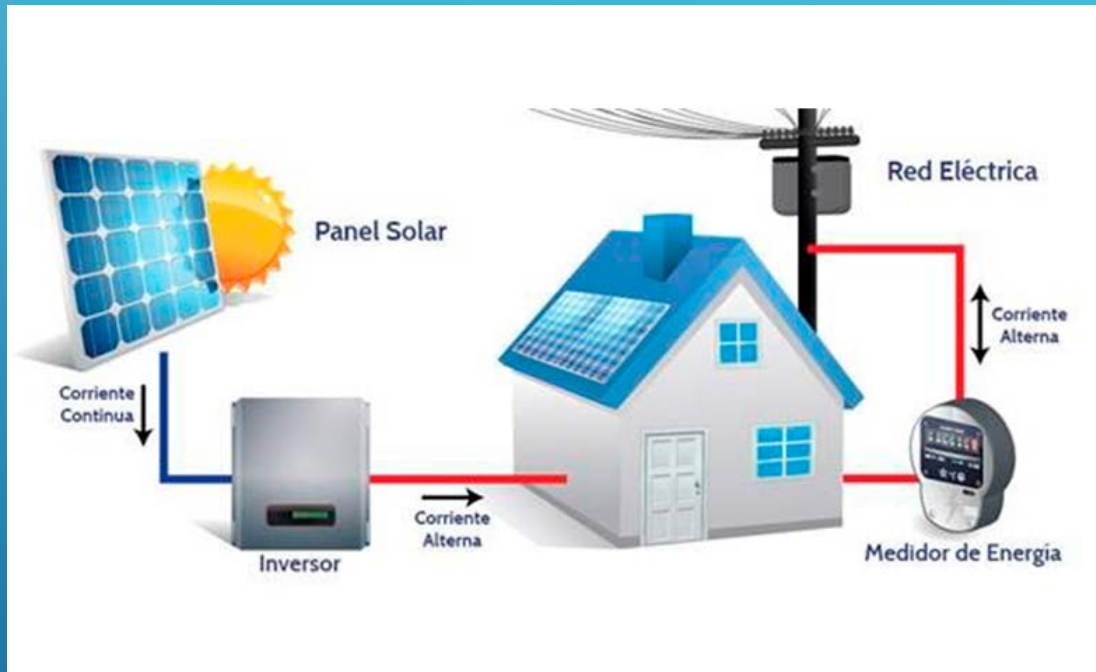




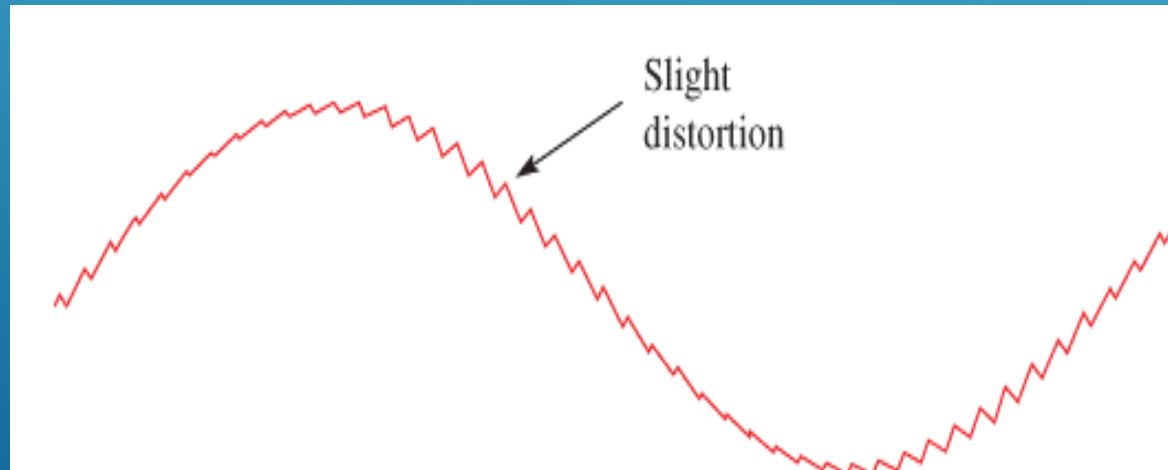
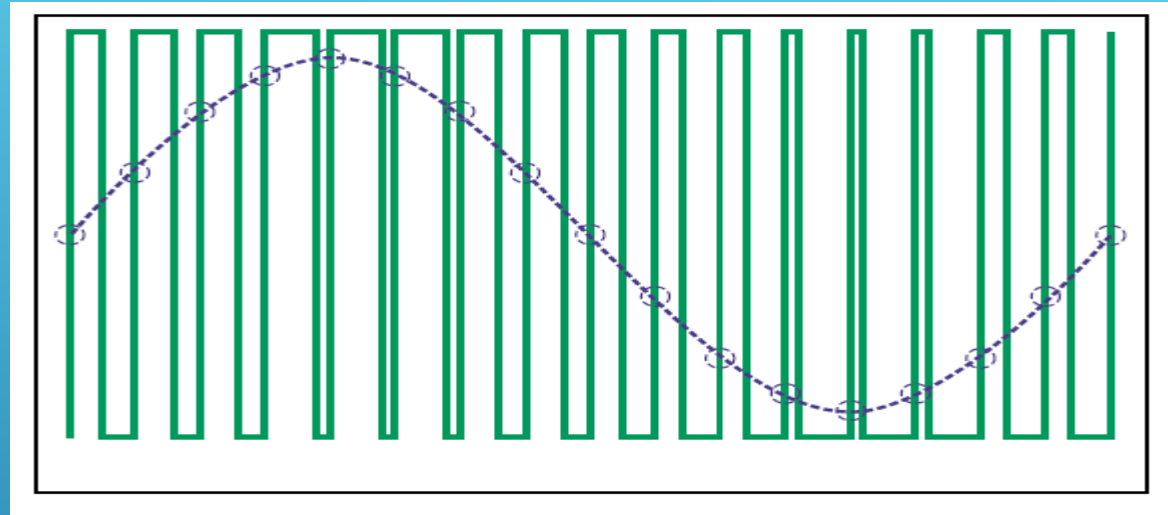
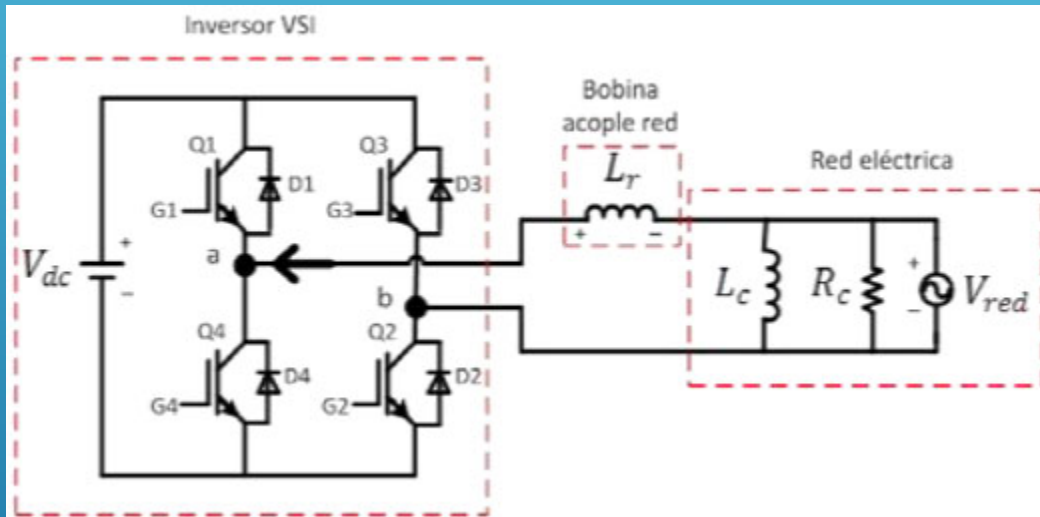
# OPERACIÓN DE UN RECTIFICADOR



# ARMONICOS EN FUENTES DE ALIMENTACION



# OPERACIÓN DE UN INVERSOR

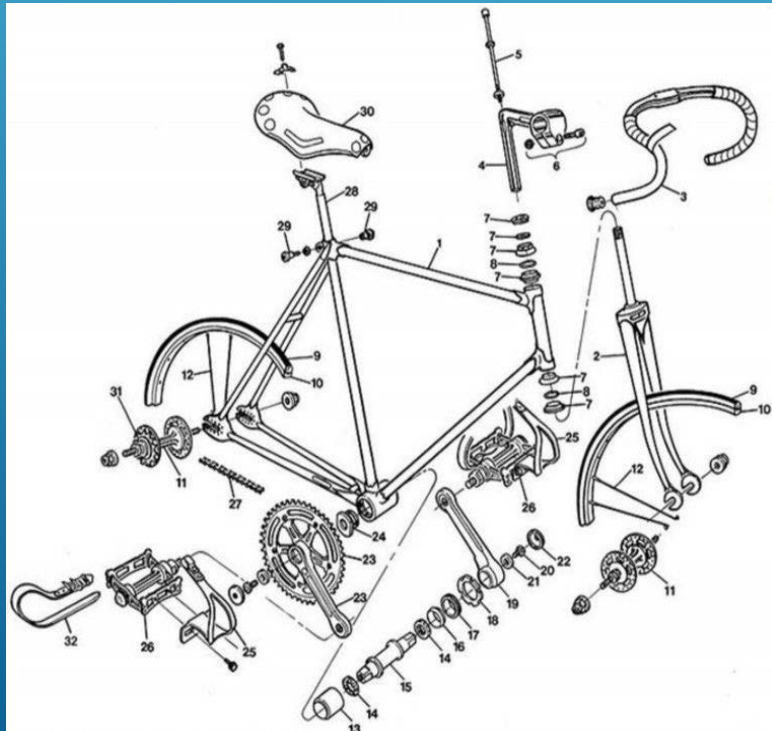


# TRANSFORMADA DE FOURIER



**Joseph Fourier**  
1768-1830

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$



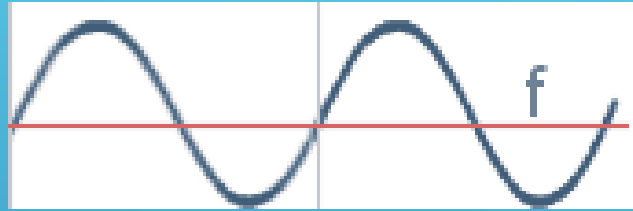
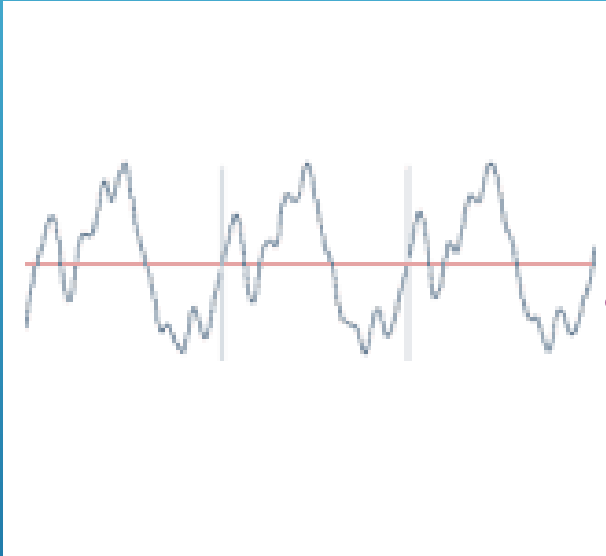
## Paella valenciana



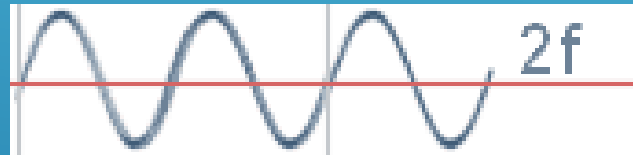


# TRANSFORMADA DE FOURIER

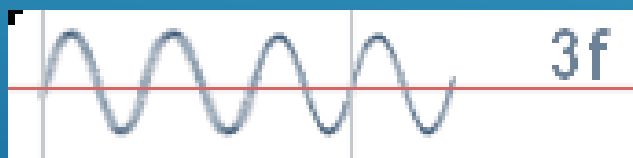
Señal



+

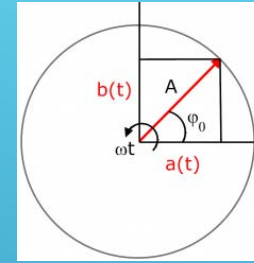


+



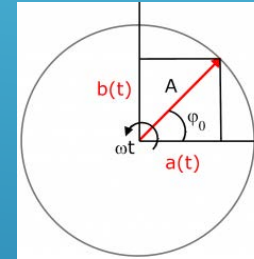
⋮

=



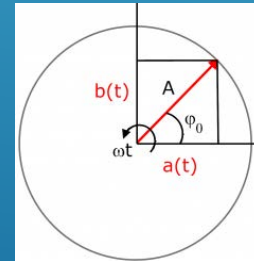
1 ω

=



2 ω

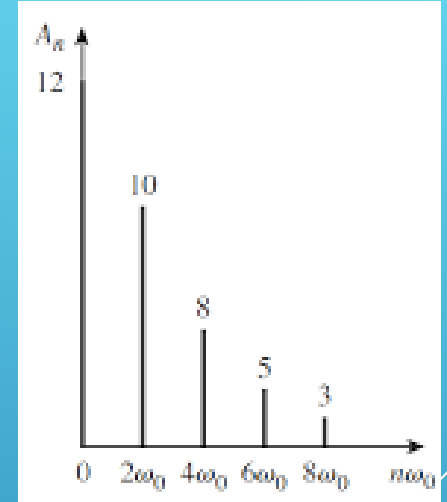
=



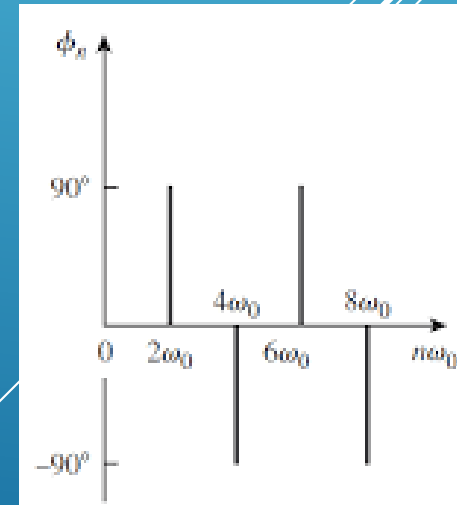
3 ω

⋮

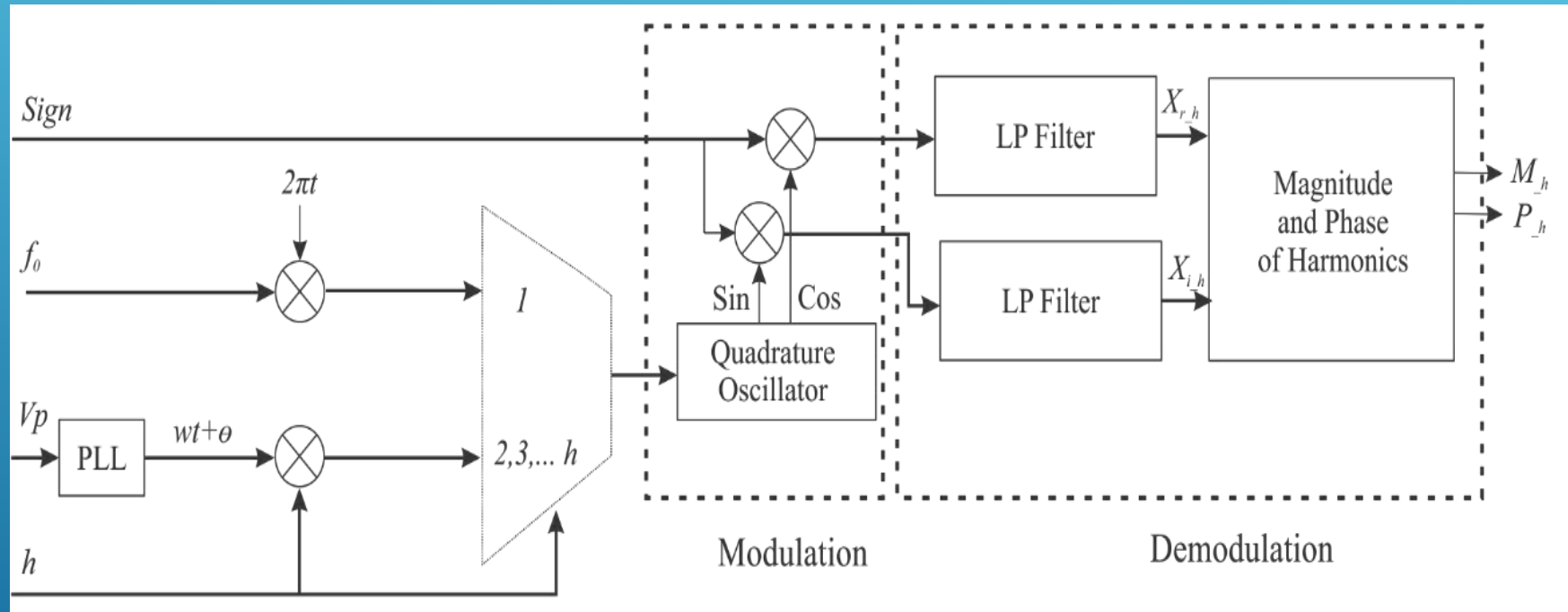
Magnitud



Fase

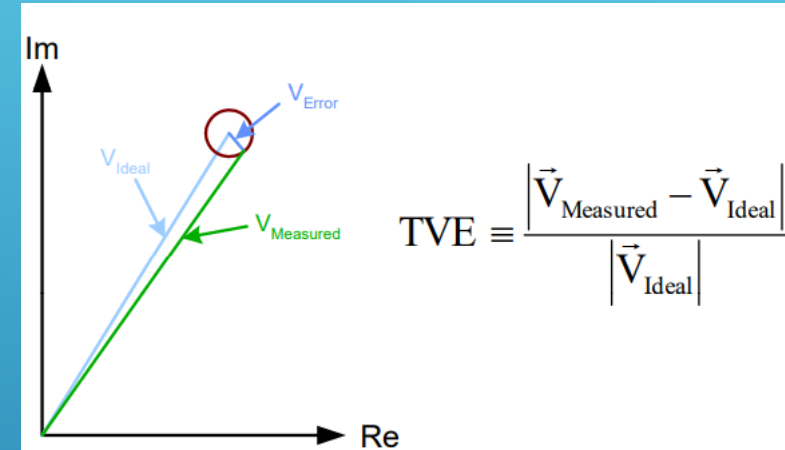


# PMU ARMONICO



# PRUEBAS A ALGORITMOS PMUS

- Variación de frecuencia (estable y dinámica)
- Magnitud
- Fase
- Distorsión armónica
- Interferencia fuera de banda

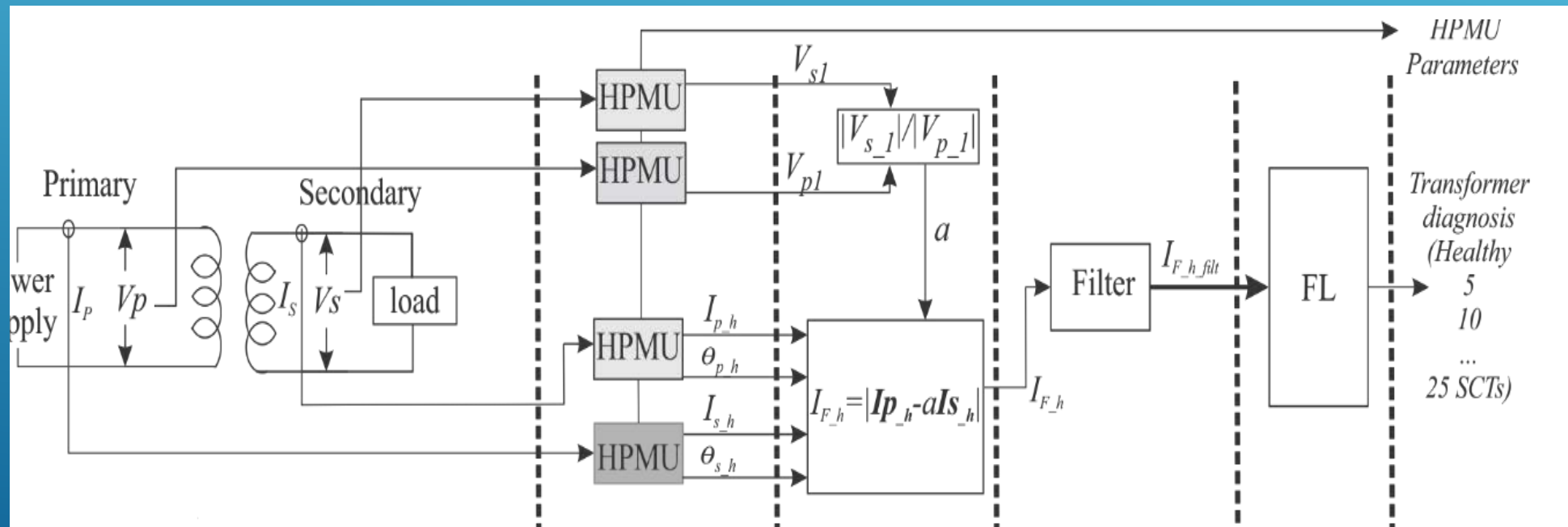


- TVE
- FE
- RFE

# DIAGNOSTICO DE TRANSFORMADORES

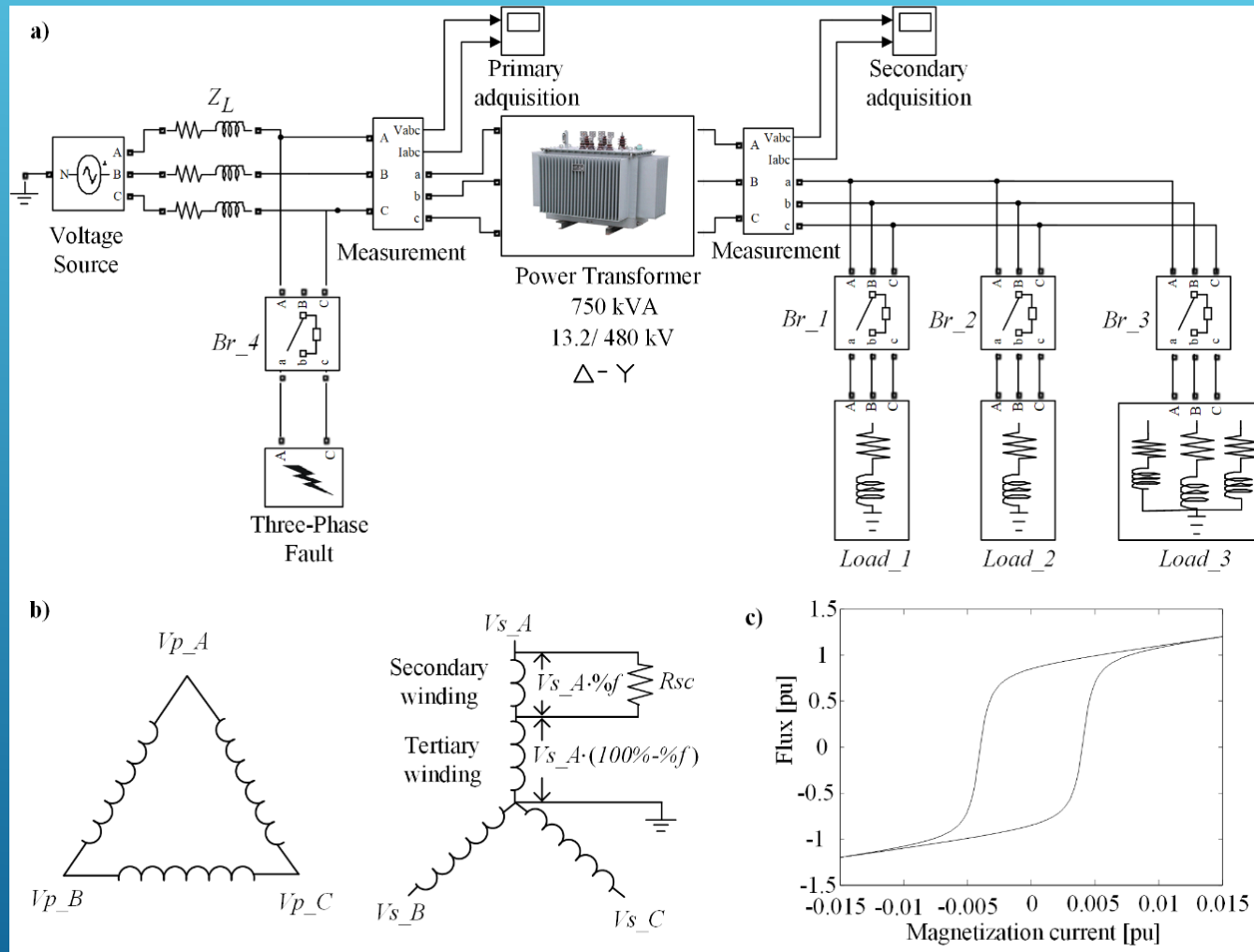
## Corriente diferencial

$$|I_F| = \left| |I_S| e^{j\theta_S} - a \cdot |I_P| e^{j\theta_P} \right|$$



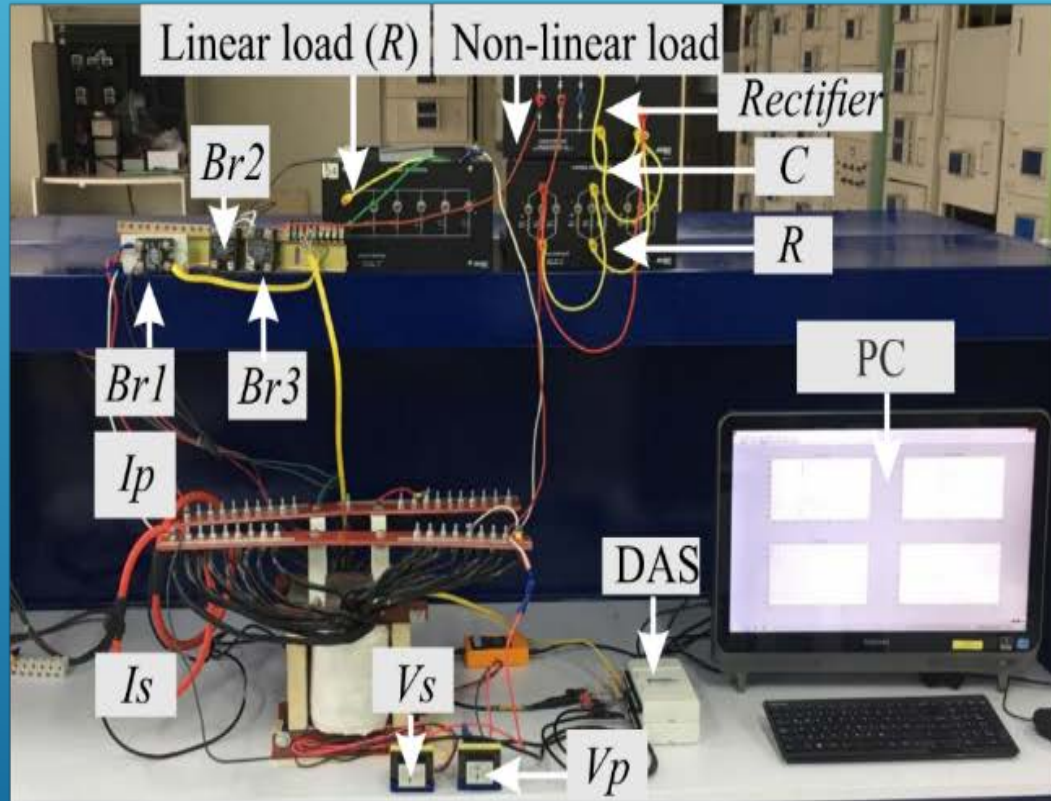


# SIMULACIÓN

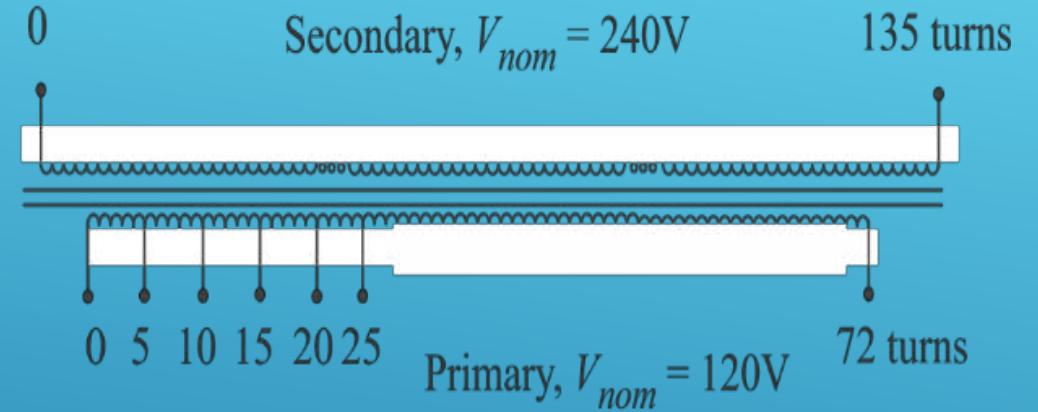


# EXPERIMENTACIÓN

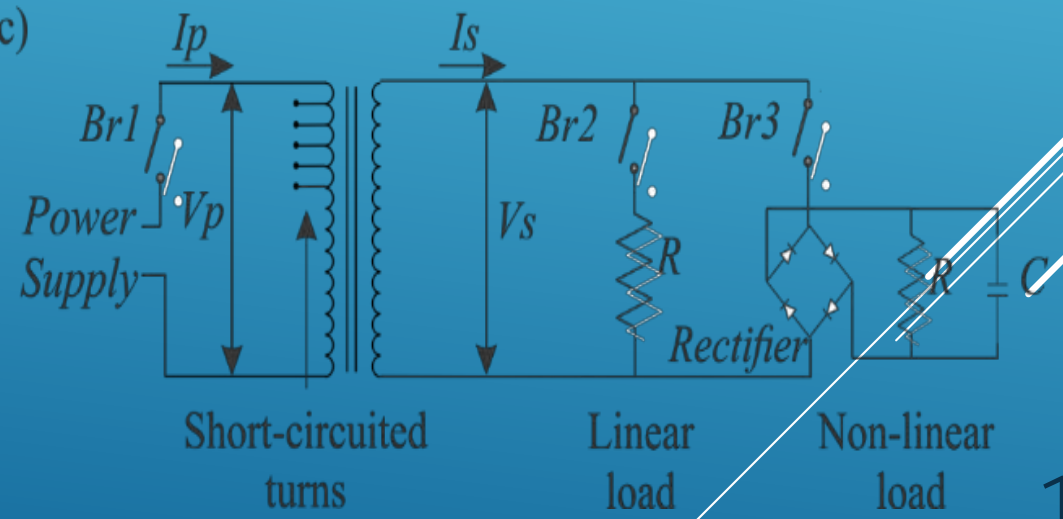
a) 



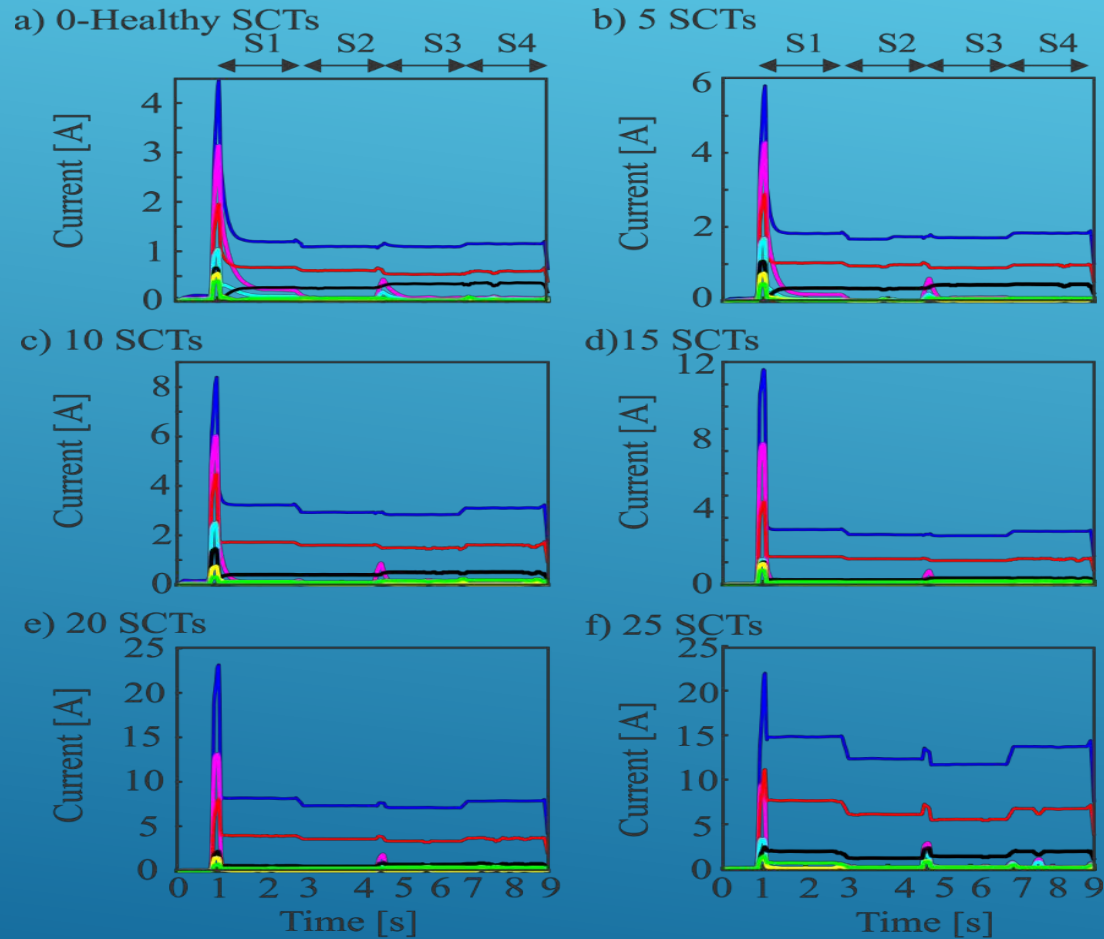
b)



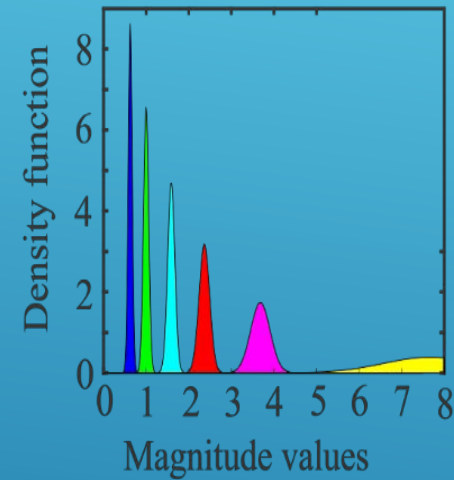
c)



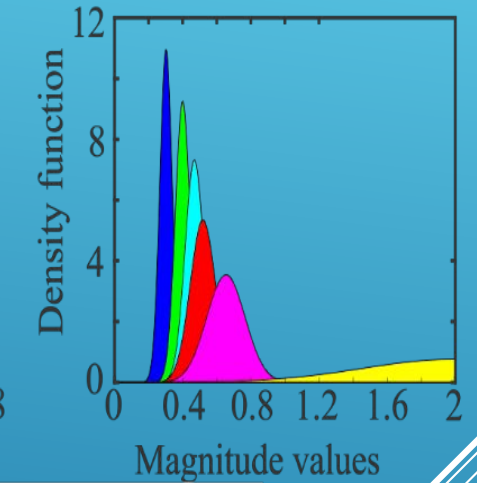
# RESULTADOS



a) Third harmonic



b) Fifth harmonic



# CONCLUSIONES



- Aprovechamiento de unidades instaladas
- Factibilidad en el diagnóstico de transformadores debido a la precisión y características de PMUs armónicos
- Explotar aplicaciones
- Desarrollo científico y tecnológico



# REFERENCIAS

Granados-Lieberman, D., Razo-Hernandez, J. R., Venegas-Rebollar, V., Olivares-Galvan, J. C., & Valtierra-Rodriguez, M. (2021). Harmonic PMU and Fuzzy Logic for Online Detection of Short-Circuited Turns in Transformers. *Electric Power Systems Research*, 190, 106862.

Granados-Lieberman, D. (2020). Global Harmonic Parameters for Estimation of Power Quality Indices: An Approach for PMUs. *Energies*, 13(9), 2337.

Mejia-Barron, A., Granados-Lieberman, D., Razo-Hernandez, J. R., Amezquita-Sanchez, J. P., & Valtierra-Rodriguez, M. (2019). Harmonic PMU algorithm based on complex filters and instantaneous single-sideband modulation. *Electronics*, 8(2), 135.



Nombre	Institución
Dr. David Granados Lieberman	Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Dr. Juan Pablo Amézquita Sánchez	Universidad Autónoma de Querétaro
Dr. Martín Valtierra Rodríguez	Universidad Autónoma de Querétaro
Dr. Arturo Mejía Barrón	Universidad Autónoma de Querétaro
David Aaron Rodríguez Alejandro	Universidad de Guanajuato
Dr. David Camarena Martínez	Universidad de Guanajuato
M.I. Guillermo Tapia Tinoco	Universidad de Guanajuato
M.I. Ismael Urbina Salas	Instituto Tecnológico Superior de Guanajuato
Dr. José Roberto Razo Hernández	Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Dr. Juan Carlos Olivares Galván	Universidad Autónoma Metropolitana
Dr. José Francisco Gómez Aguilar	Cátedras CONACYT- Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico
Dr. Juan Ramón Rodríguez Rodríguez	Universidad Nacional Autónoma de México

Por su atención

