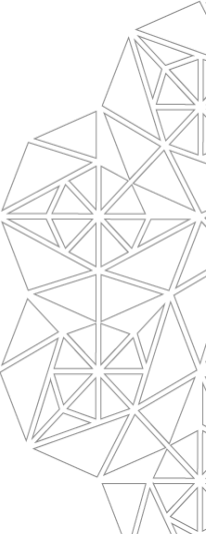




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA



DIPF
POSGRADO
INGENIERÍA



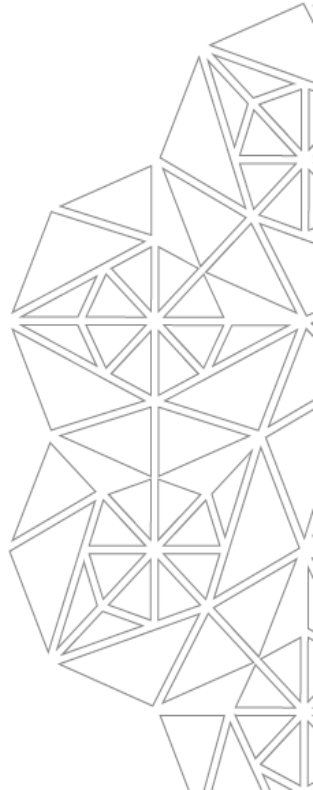
Machine learning aplicado al diagnóstico de máquinas eléctricas

Dr. Martín Valtierra Rodríguez





- 1. Diagnóstico**
- 2. Máquinas eléctricas**
- 3. Aprendizaje de máquinas (*machine learning*)**
- 4. Aplicaciones en diagnóstico de transformadores**
- 5. Aplicaciones en diagnóstico de motores**
- 6.- Áreas de oportunidad**



¿Qué es el diagnóstico?

Proceso para **identificar** una condición normal o anómala de un sistema a partir del análisis de sus **señales físicas**.

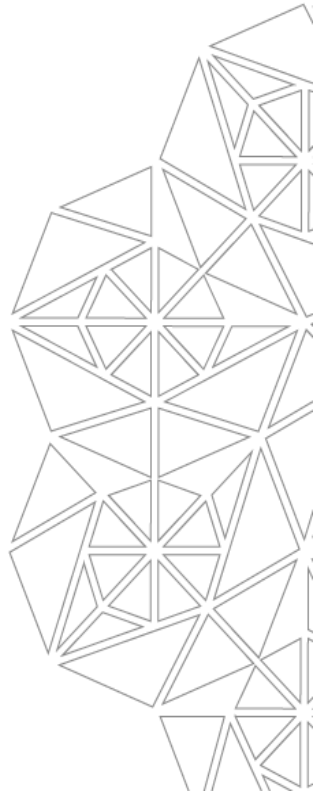
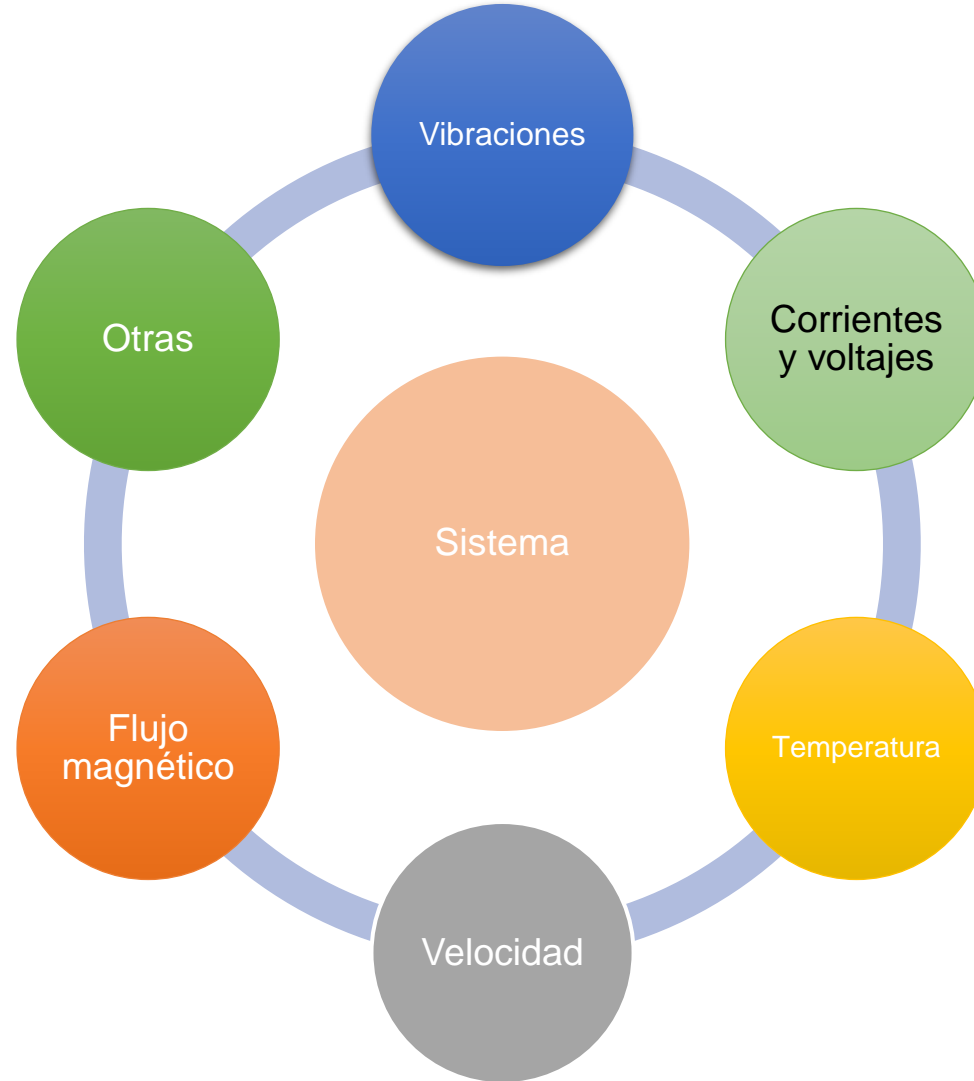


Diagnóstico médico

1. Diagnóstico



Medición de variables físicas



2. Máquinas eléctricas



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA



DIFP
POSGRADO
INGENIERÍA



Motores de inducción [1]

¿Por qué?

\$

¿Mantenimiento?

Correctivo
Preventivo
Predictivo



Transformadores [2]

[1] <https://www.motor.mapfre.es/coches/noticias-coches/motor-asincrono/>

[2] <https://grupoig.com.mx/blog/2017/06/02/transformador-tipo-seco/>

3. Machine learning



¿Qué es machine learning?

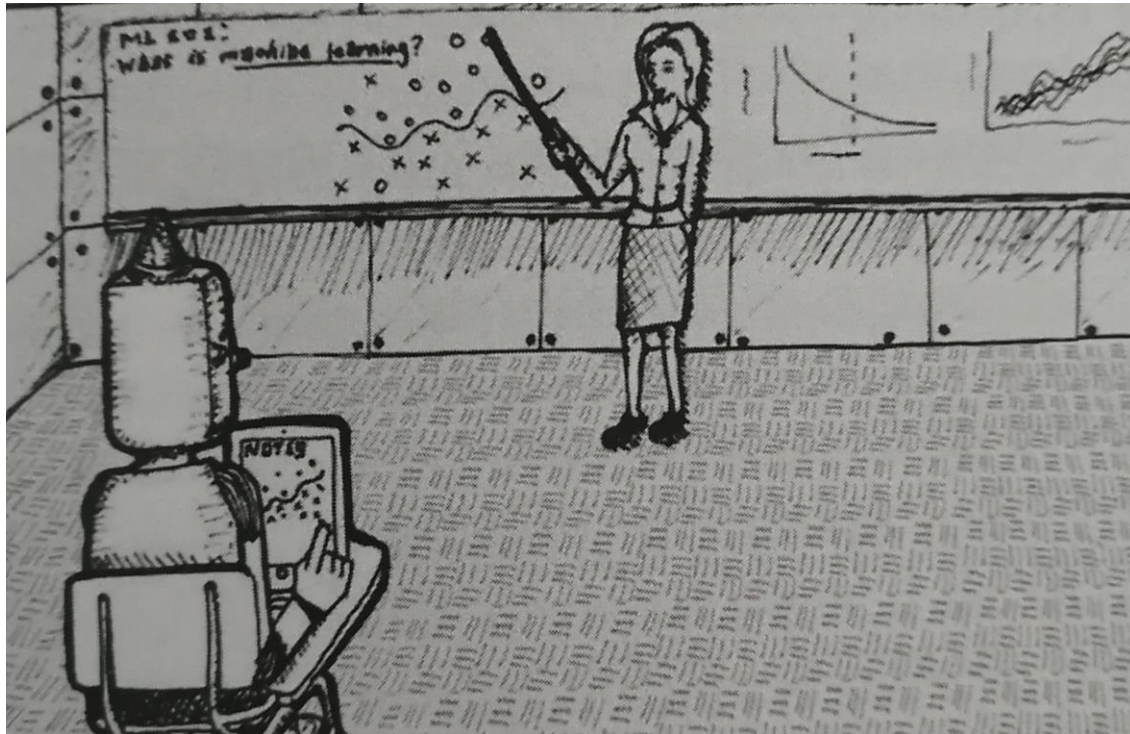
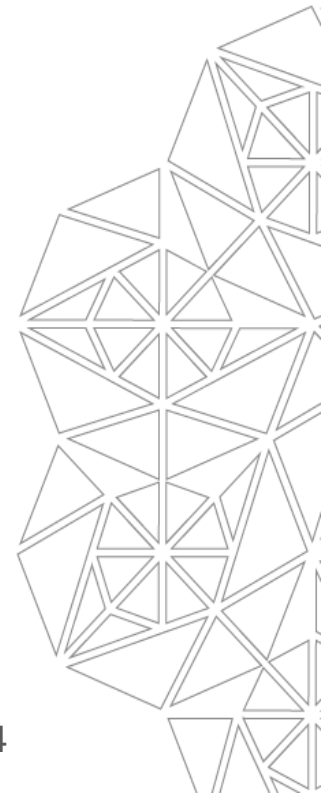
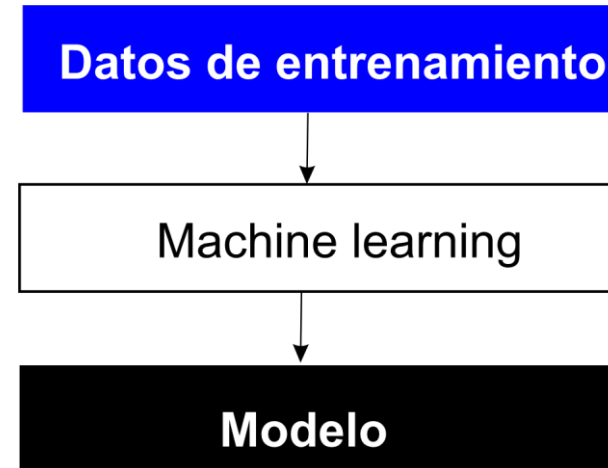


Figura 1.- Aprendizaje de máquinas [3].

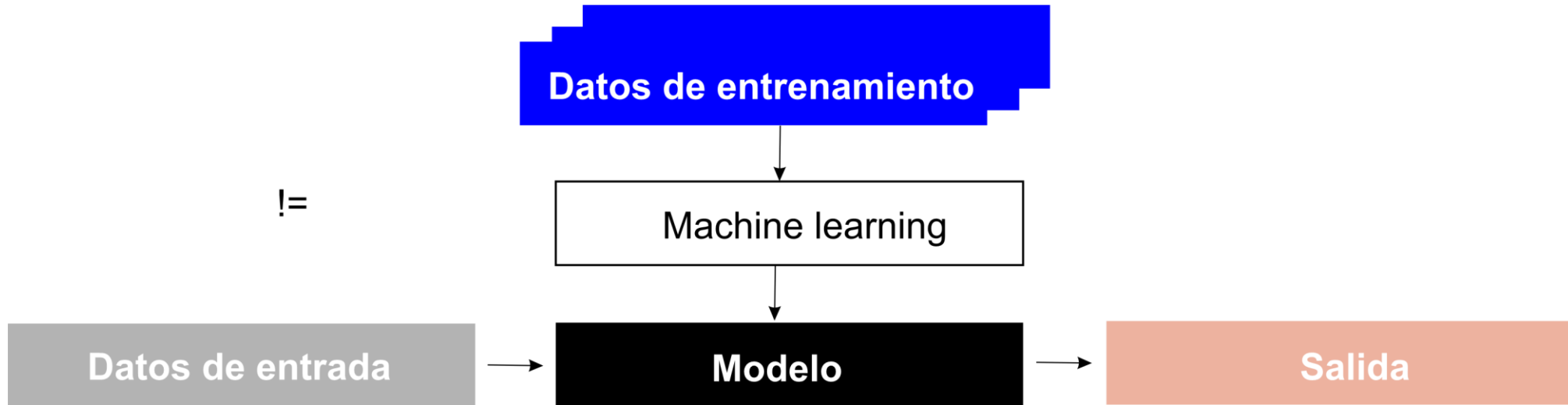
Definición:



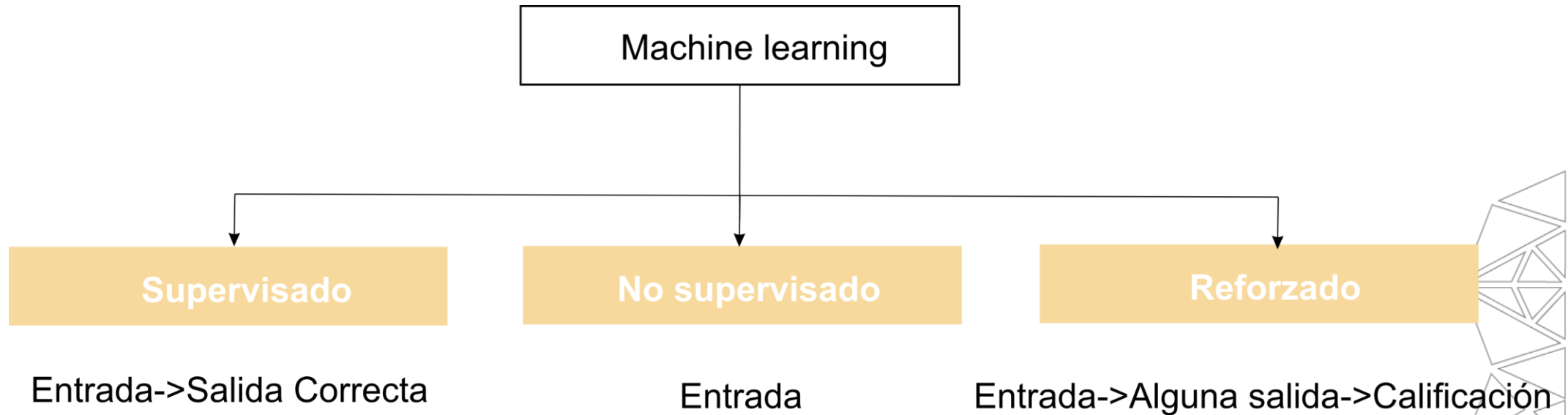
3. Machine learning



Diagrama general de un sistema de Machine Learning



Tipos de Machine Learning





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA

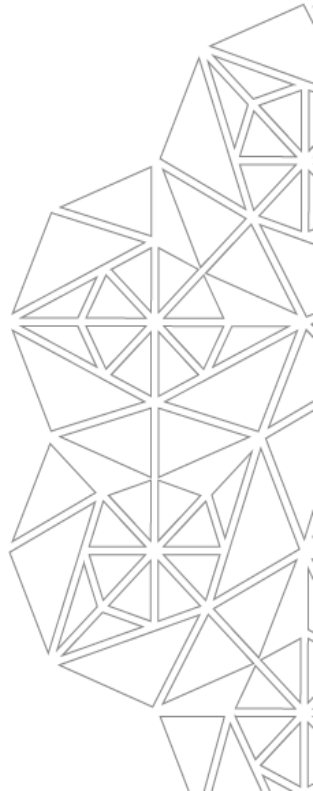


DIFP
POSGRADO
INGENIERÍA

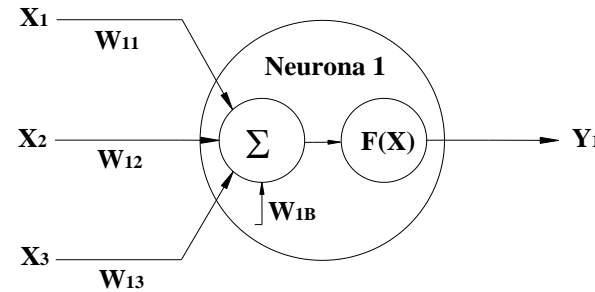


3. Machine learning:

Red Neuronal



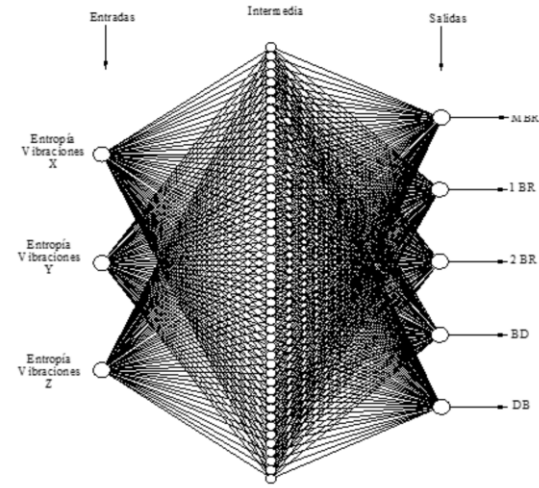
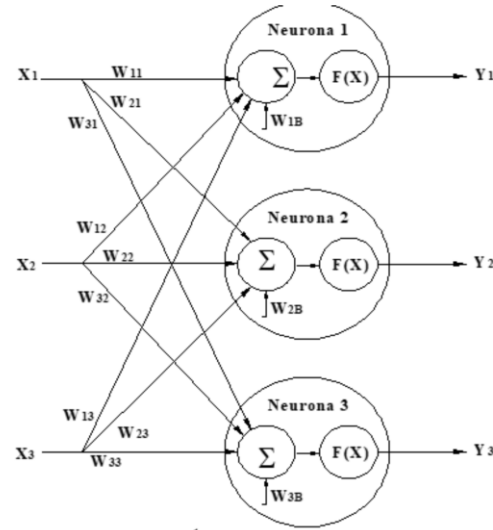
Modelo de Neurona Artificial



$$y_1 = F(x_1 w_{11} + x_2 w_{12} + x_3 w_{13} + w_{1B}) \quad (1)$$

Donde X_1 , X_2 y X_3 son las entradas, W_{11} , W_{12} , W_{13} y W_{1B} son los pesos o conexiones entre neuronas y $F(X)$ es una función de activación.

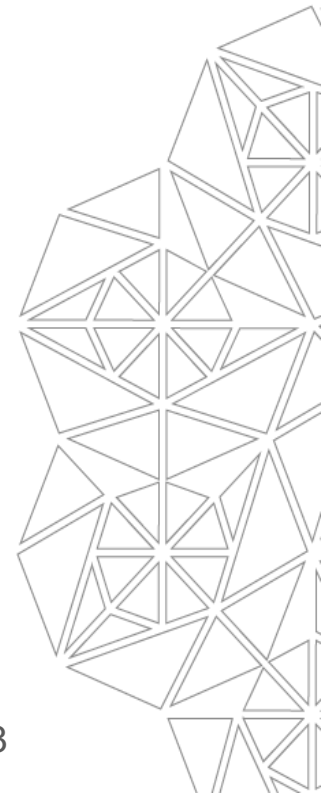
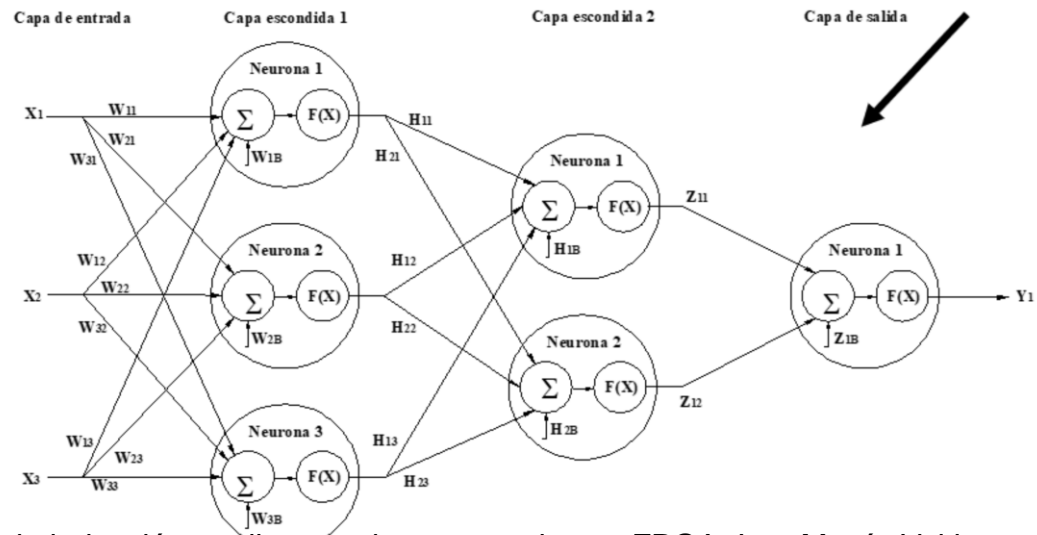
3. Machine learning: Red Neuronal



Multicapa

Arquitecturas

Monocapa



[4] Tesis de Maestría: Detección de falla múltiples combinadas en motores de inducción mediante redes neuronales en FPGA. Ing. Martín Valtierra Rodríguez, Universidad de Guanajuato, 2010.



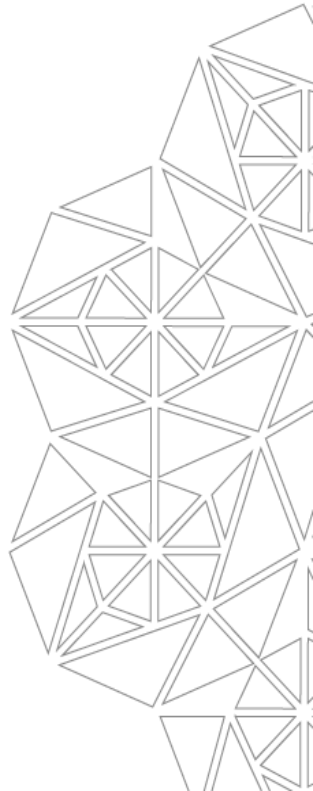
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA



DIFP
POSGRADO
INGENIERÍA



3. Machine learning: Sistema Difuso



3. Machine learning: Sistema difuso



Sistemas difusos – Variables lingüísticas

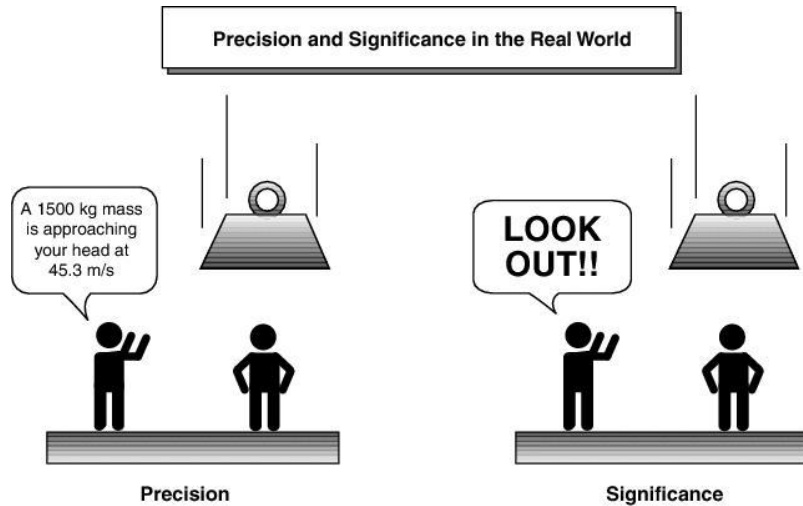


Figura 2.- Analogía FL [5].

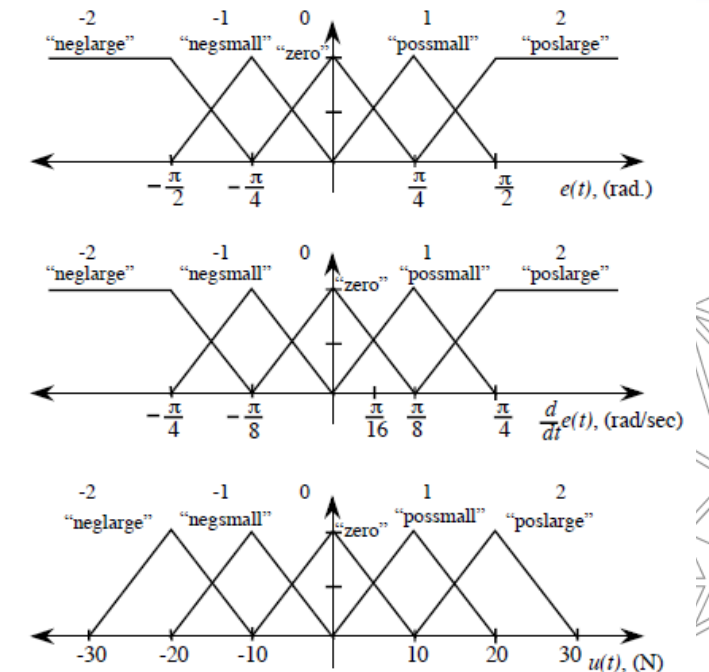
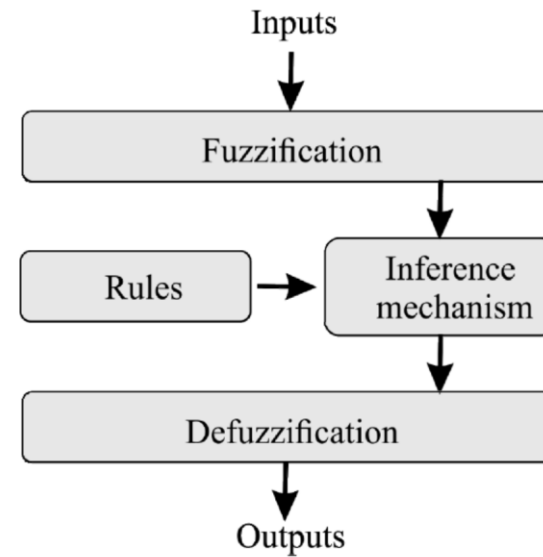


Figura 3.- Diagrama general de un FLS [6] y funciones membresía [7].

[5] Introduction to fuzzy logic, Dr. S. Swapna Kumar., Dept. of Electronics and Communication Eng., 2015.

[6] Mejia-Barron, A., de Santiago-Perez, J. J., Granados-Lieberman, D., Amezcua-Sanchez, J. P., & Valtierra-Rodriguez, M. (2019). Shannon Entropy Index and a Fuzzy Logic System for the Assessment of Stator Winding Short-Circuit Faults in Induction Motors. *Electronics*, 8(1), 90.

[7] Passino, K.M.; Yurkovich, S.; Reinfrank, M. *Fuzzy Control*; Addison-Wesley: Menlo Park, CA, USA, 1998; ISBN 0-201-18074-X.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA

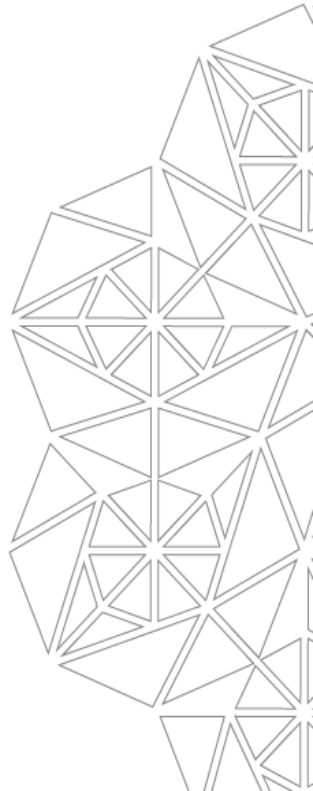


DIFP
POSGRADO
INGENIERÍA



3. Machine learning:

Red Neuronal Convolutacional



3. Machine learning: Red Neuronal Convolutacional

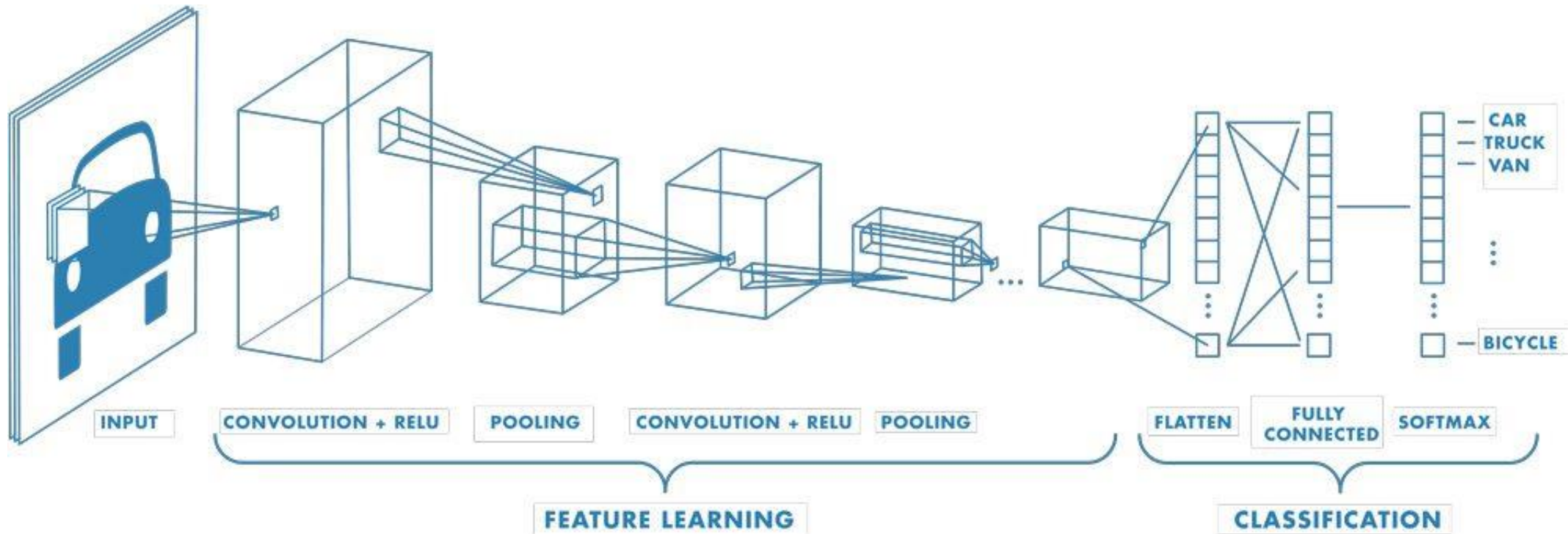


Figura 4.- Estructura de una red neuronal convolutacional [8].

3. Machine learning: Red Neuronal Convolutacional



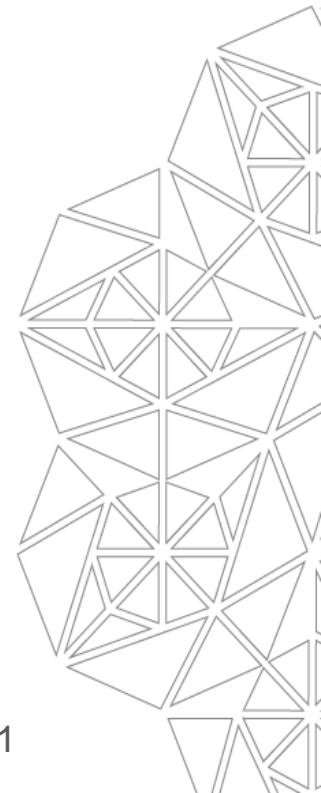
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA



DIPF
POSGRADO
INGENIERÍA



Figura 5.- Ejemplo de aplicación de filtros (máscaras) convolucionales [9].





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA

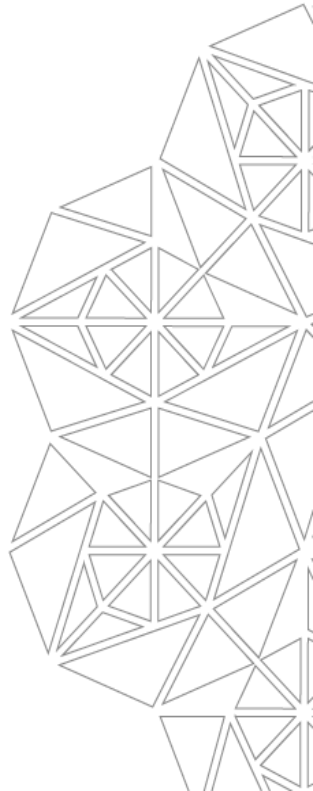


DIFP
POSGRADO
INGENIERÍA



4. Aplicaciones en diagnóstico de transformadores

CASO 1



4. Aplicaciones en diagnóstico de transformadores

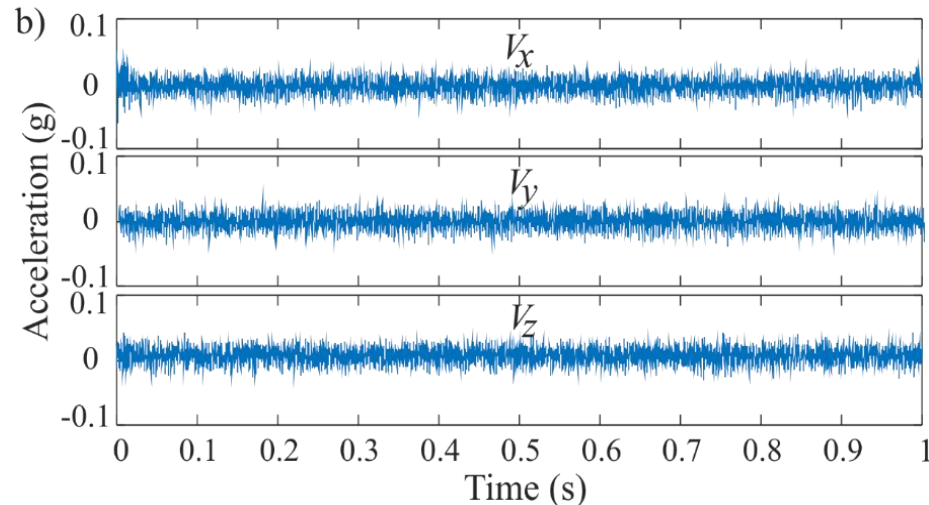
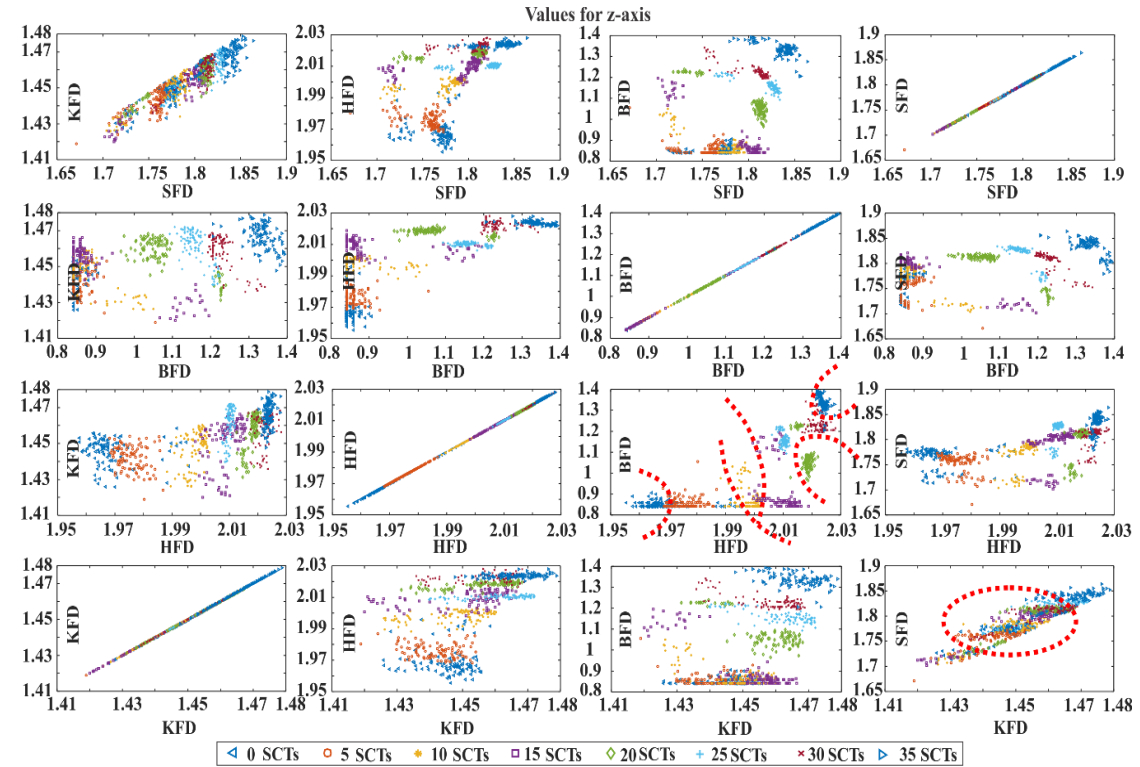
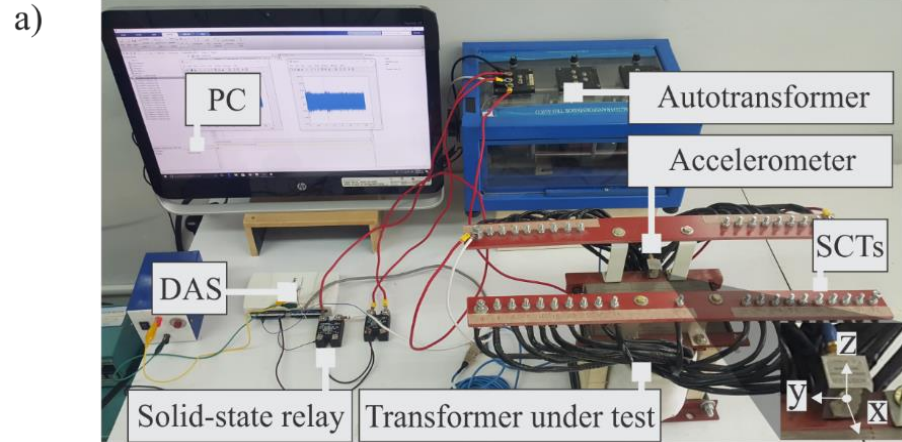
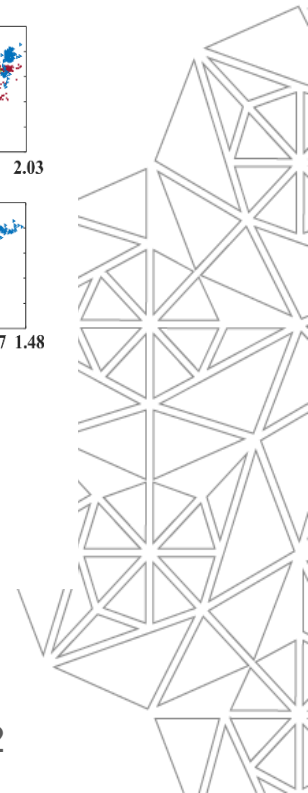


Figura 6.- Resultados experimentales [10].



[10] Valtierra-Rodriguez, M. (2019). Fractal dimension and data mining for detection of short-circuited turns in transformers from vibration signals. *Measurement Science and Technology*, 31(2), 025902.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA

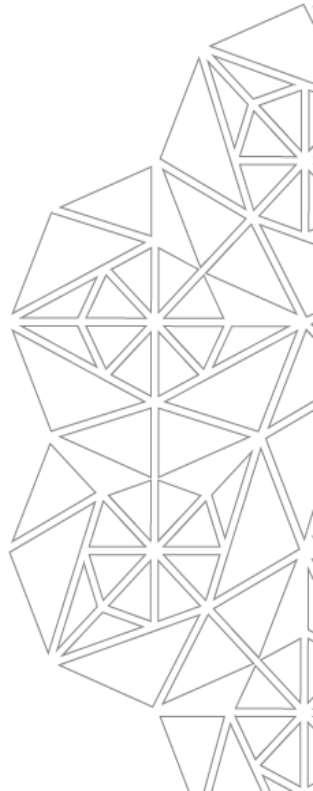


DIFP
POSGRADO
INGENIERÍA



4. Aplicaciones en diagnóstico de transformadores

CASO 2



4. Aplicaciones en diagnóstico de transformadores

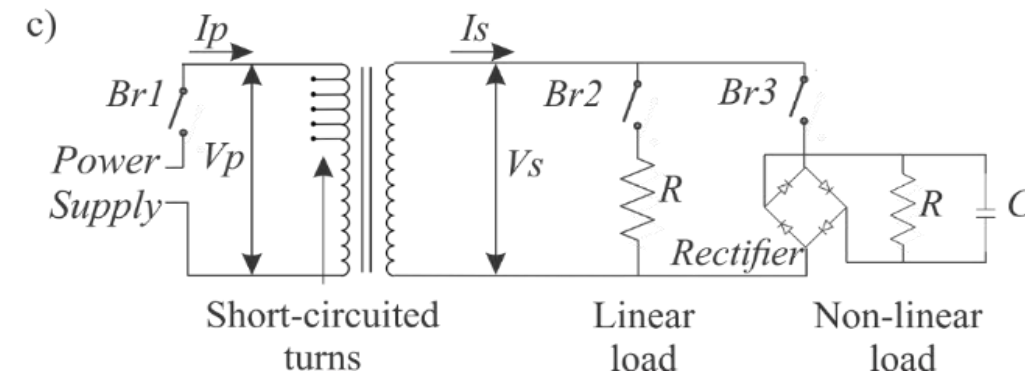
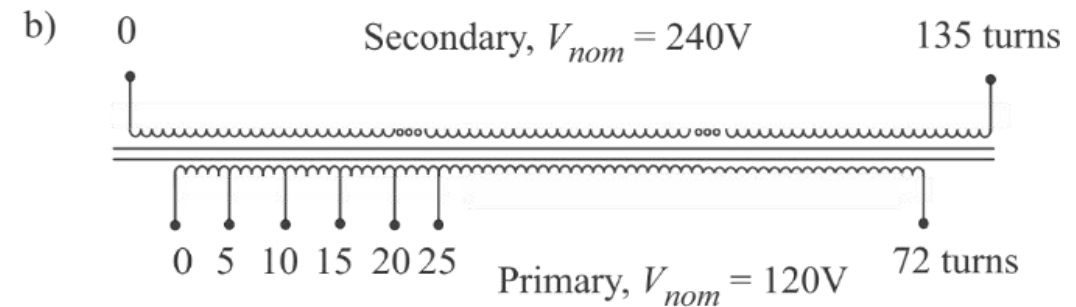
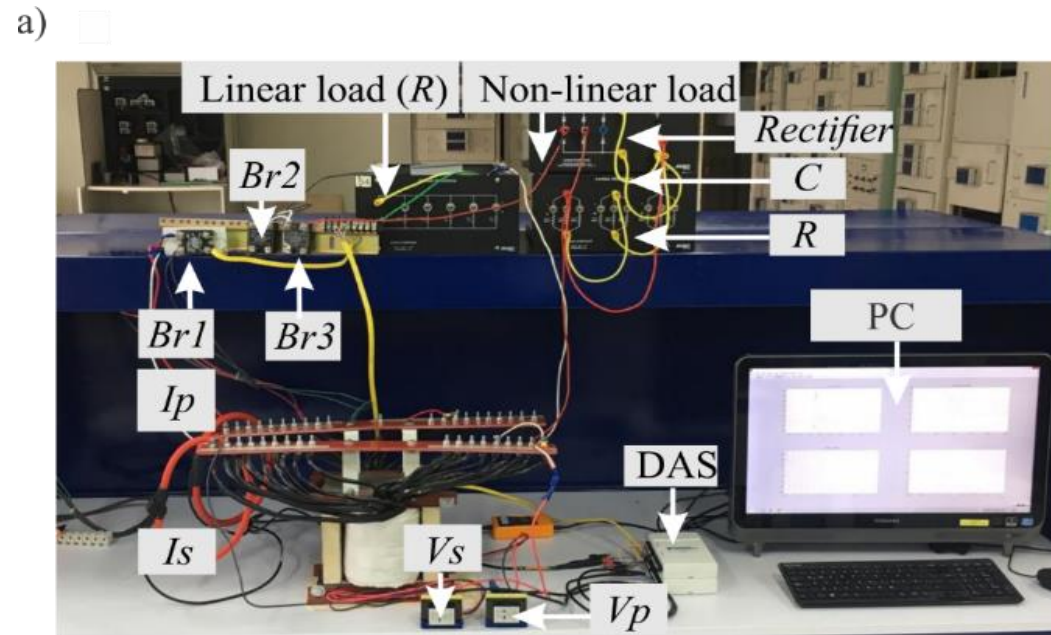
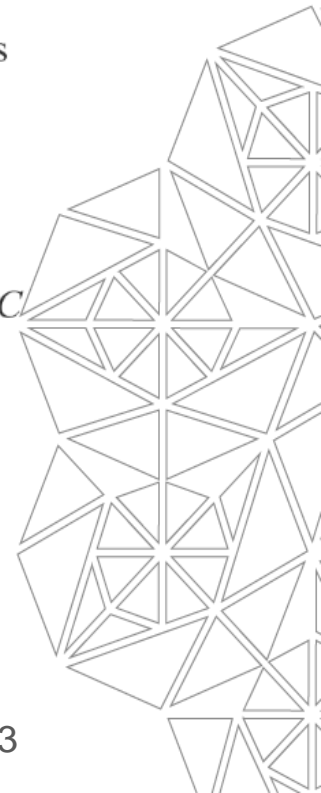


Figura 7.- Experimentación [11].



[11] 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.

4. Aplicaciones en diagnóstico de transformadores

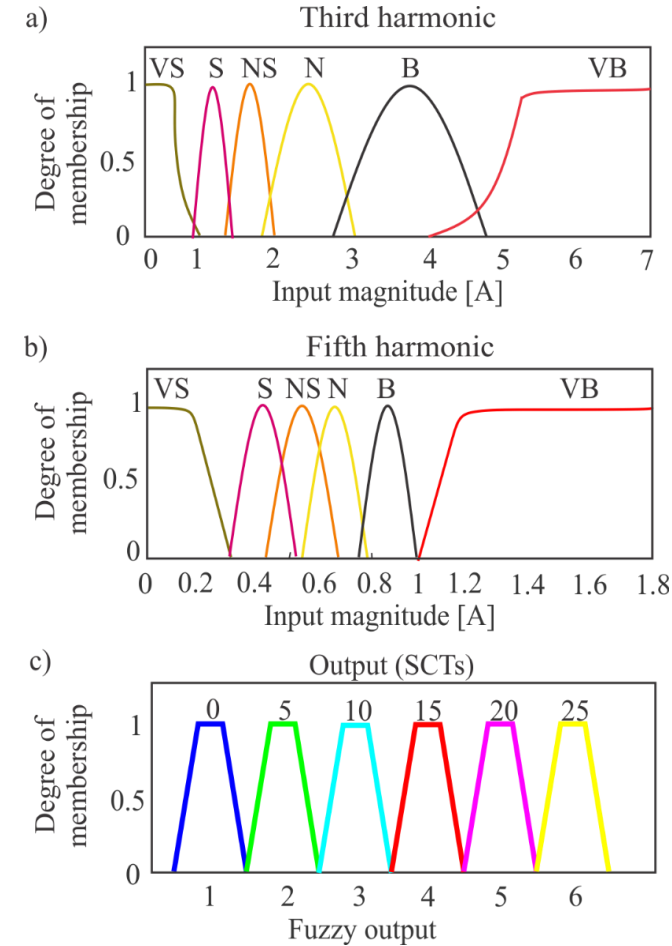
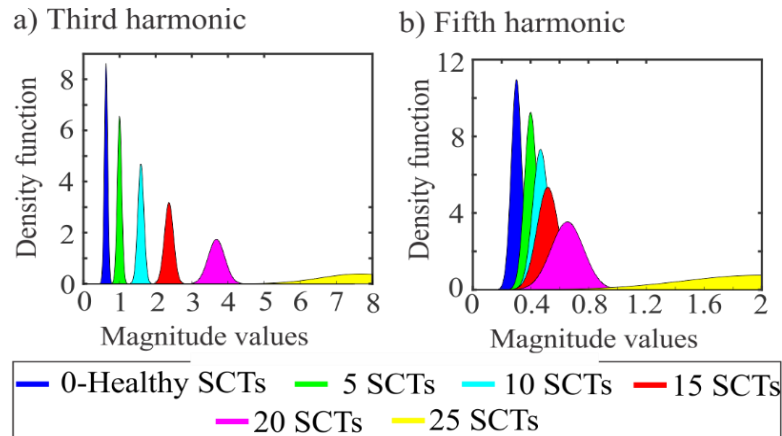
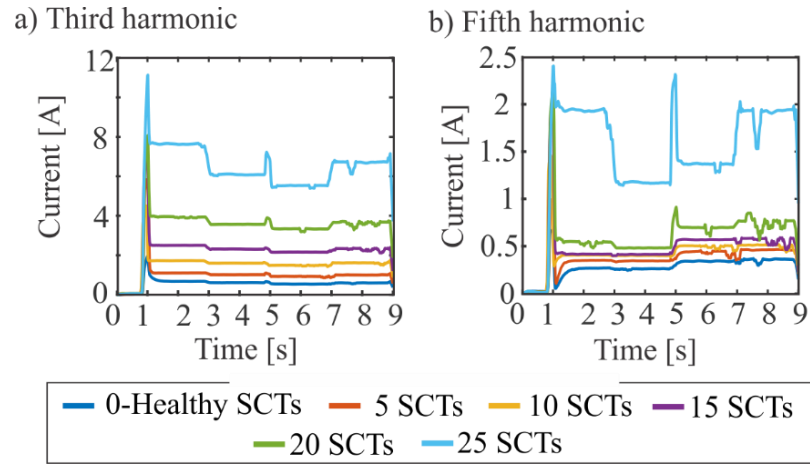


Figura 8.- Resultados experimentales [11].

[11] 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.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA

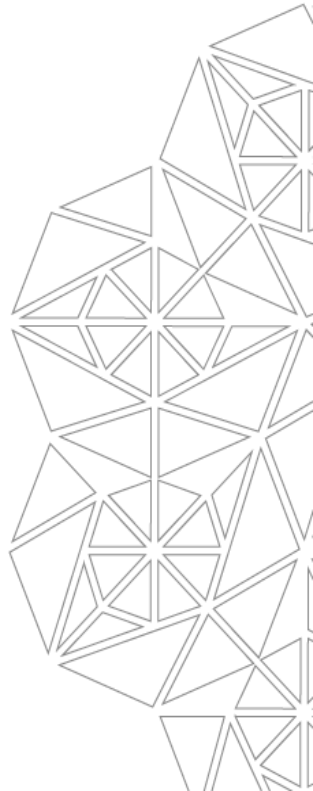


DIFP
POSGRADO
INGENIERÍA



5. Aplicaciones en diagnóstico de motores

CASO 1



5. Aplicaciones en diagnóstico de motores



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA



DIFP
POSGRADO
INGENIERÍA

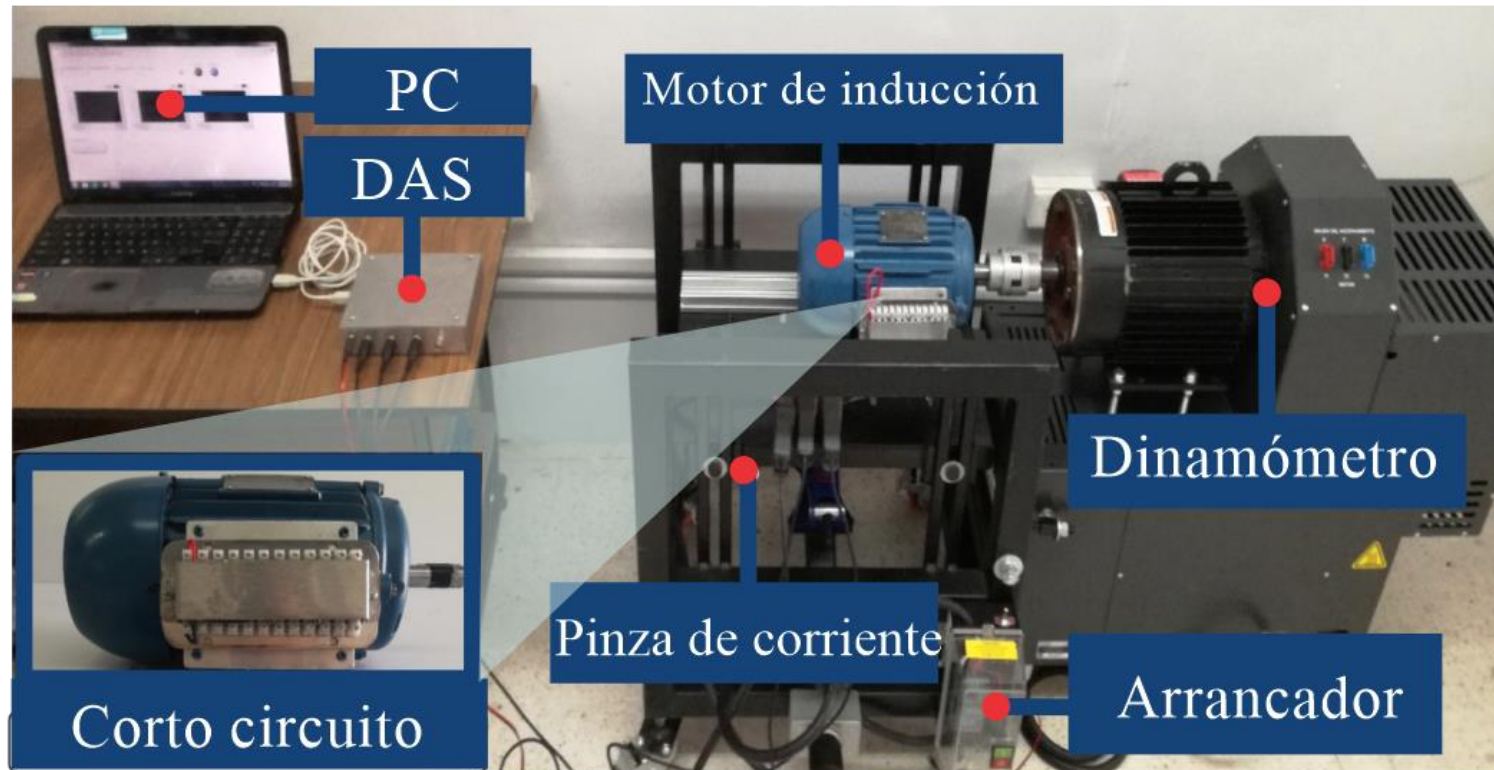


Figura 9.- Experimentación [12].

[12] Mejia-Barron, A., de Santiago-Perez, J. J., Granados-Lieberman, D., Amezcua-Sanchez, J. P., & Valtierra-Rodriguez, M. (2019). Shannon Entropy Index and a Fuzzy Logic System for the Assessment of Stator Winding Short-Circuit Faults in Induction Motors. *Electronics*, 8(1), 90.

5. Aplicaciones en diagnóstico de motores

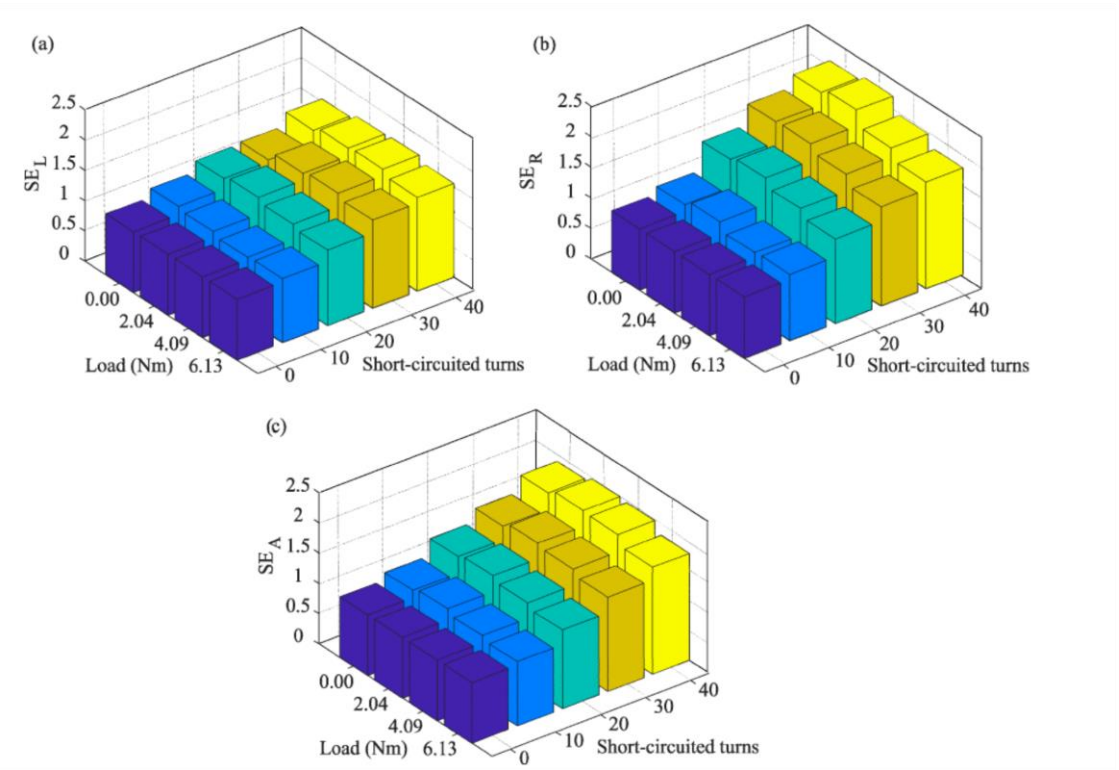
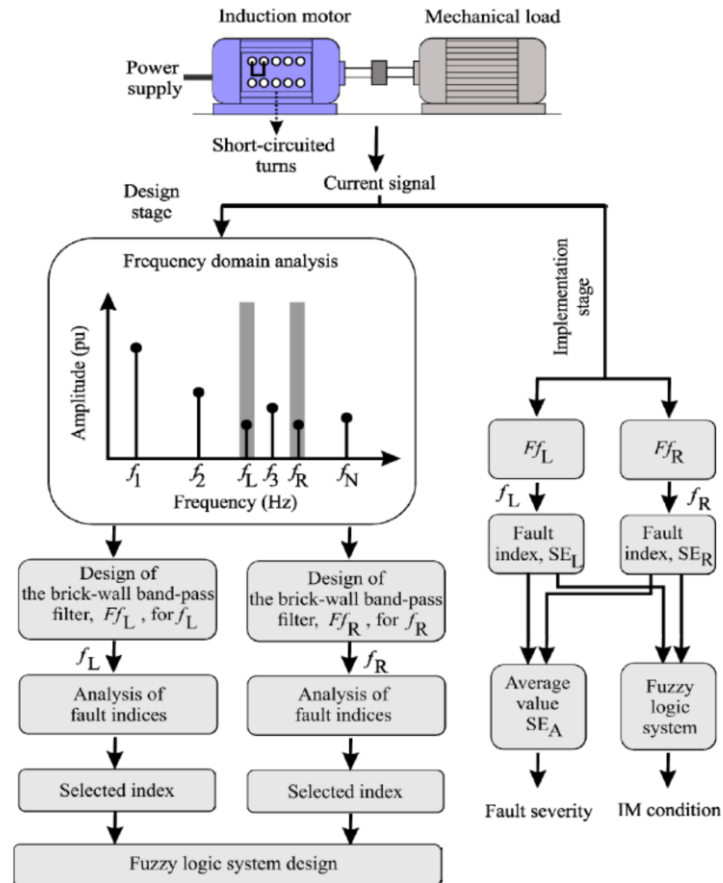


Figura 10.- Resultados experimentales [12].

[12] Mejia-Barron, A., de Santiago-Perez, J. J., Granados-Lieberman, D., Amezcua-Sanchez, J. P., & Valtierra-Rodriguez, M. (2019). Shannon Entropy Index and a Fuzzy Logic System for the Assessment of Stator Winding Short-Circuit Faults in Induction Motors. *Electronics*, 8(1), 90.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA

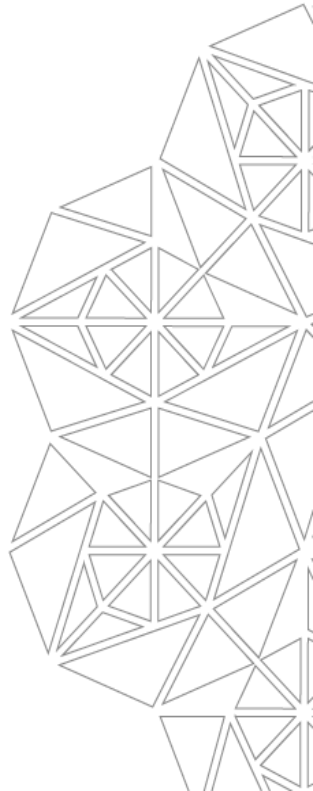


DIPF
POSGRADO
INGENIERÍA



5. Aplicaciones en diagnóstico de motores

CASO 2



5. Aplicaciones en diagnóstico de motores

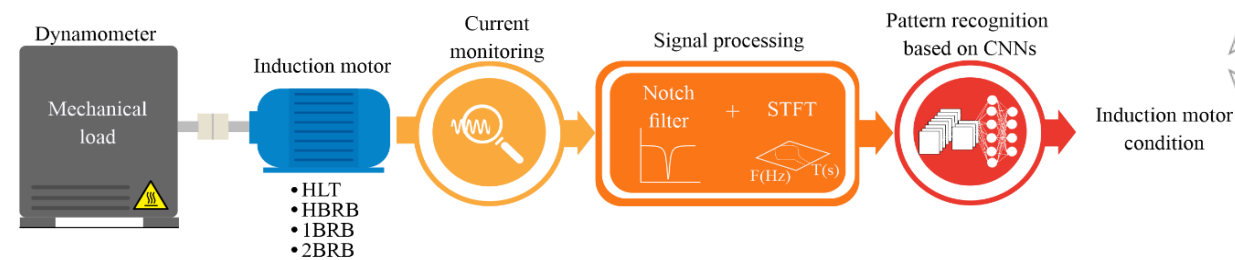
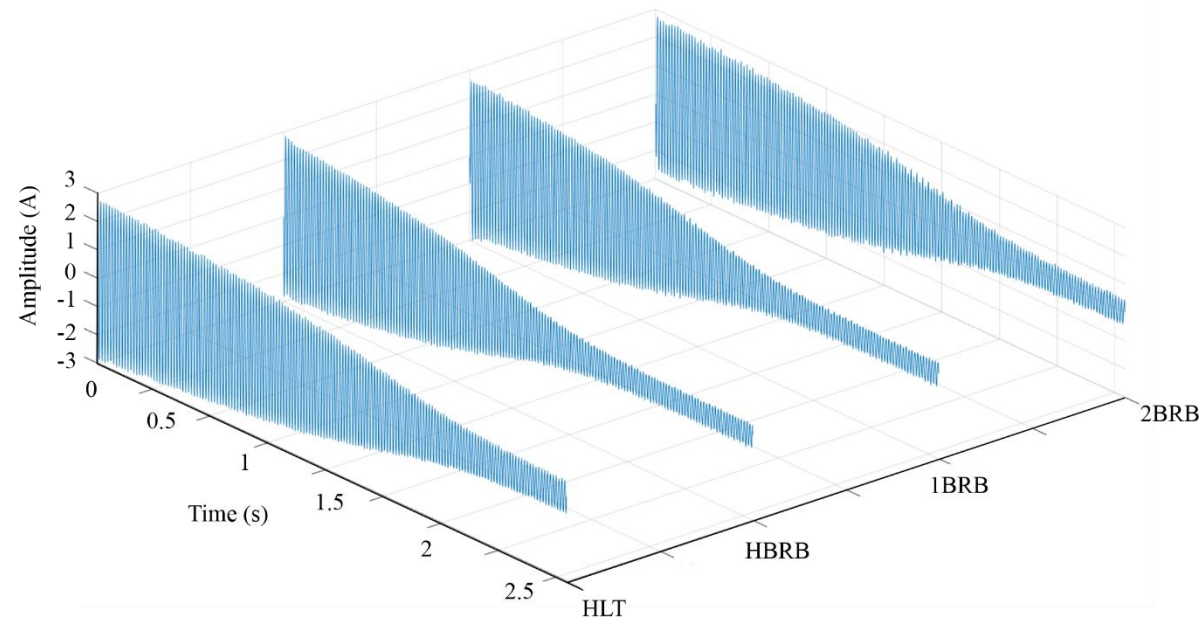
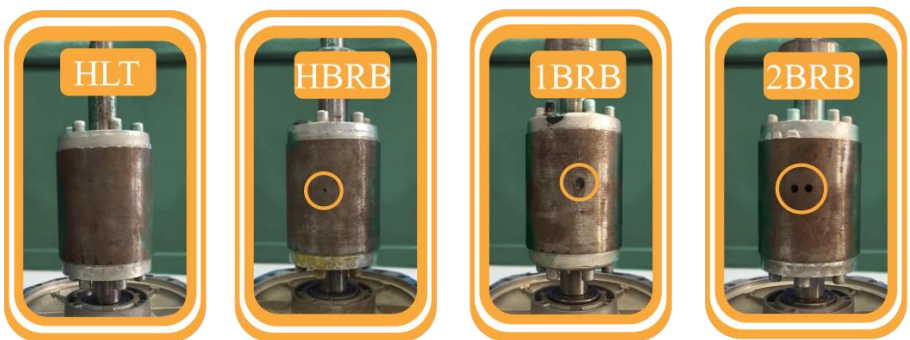
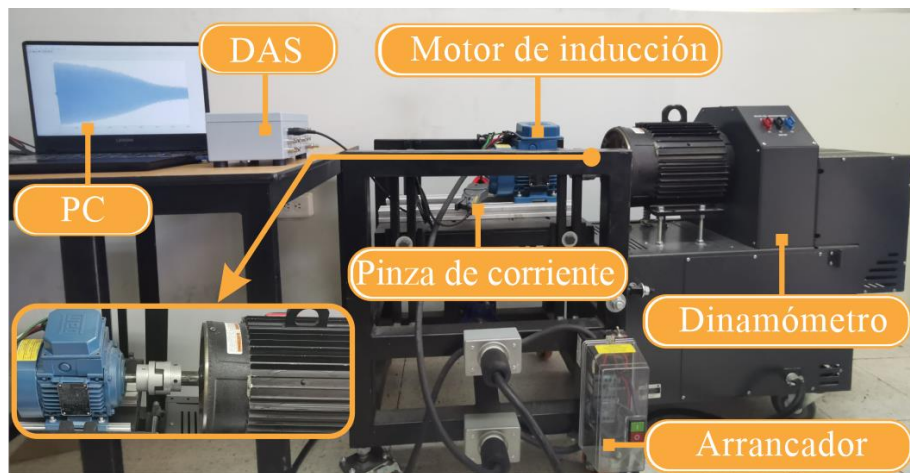


Figura 11.- Experimentación [13].

[13] Valtierra-Rodriguez, M., Rivera-Guillen, J. R., Basurto-Hurtado, J. A., De-Santiago-Perez, J. J., Granados-Lieberman, D., & Amezcua-Sanchez, J. P. (2020). Convolutional Neural Network and Motor Current Signature Analysis during the Transient State for Detection of Broken Rotor Bars in Induction Motors. *Sensors*, 20(13), 3721.

5. Aplicaciones en diagnóstico de motores

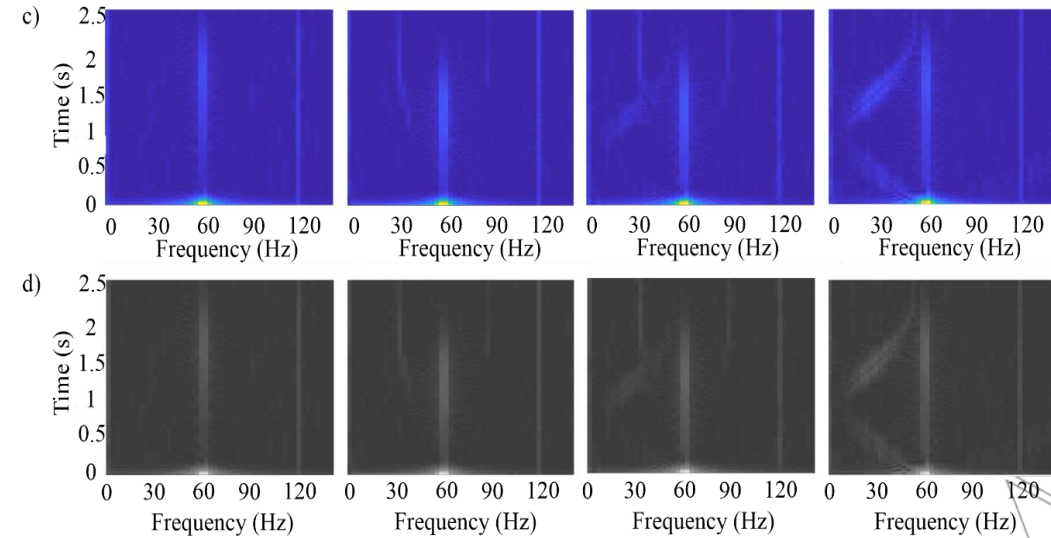
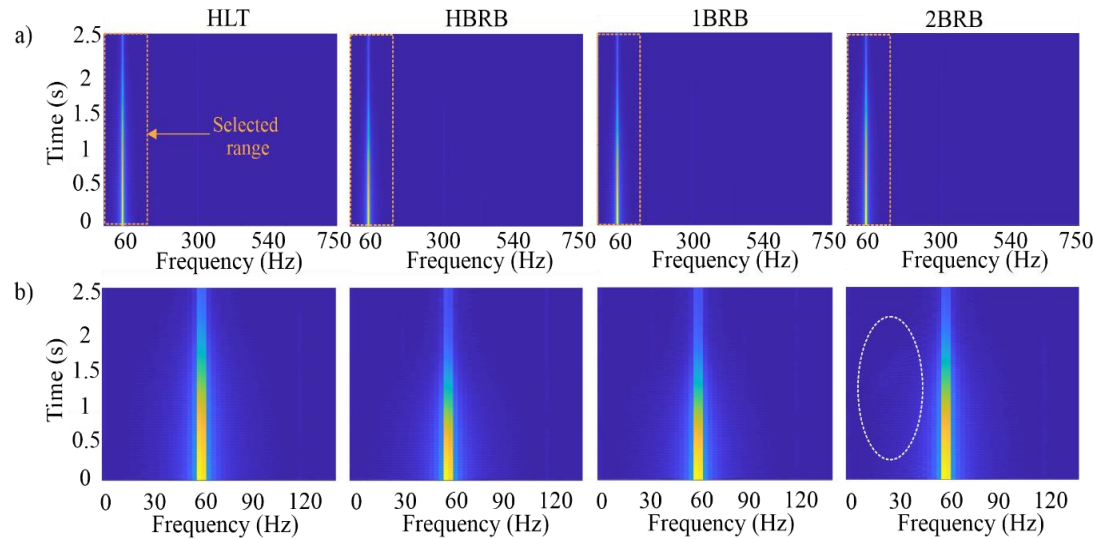


Figura 12.- Resultados experimentales [13].

[13] Valtierra-Rodríguez, M., Rivera-Guillen, J. R., Basurto-Hurtado, J. A., De-Santiago-Perez, J. J., Granados-Lieberman, D., & Amezcua-Sanchez, J. P. (2020). Convolutional Neural Network and Motor Current Signature Analysis during the Transient State for Detection of Broken Rotor Bars in Induction Motors. *Sensors*, 20(13), 3721.

6. Áreas de oportunidad



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA



DIFP
POSGRADO
INGENIERÍA



1. Machine learning: Definición
2. Estudiar y mejorar la robustez de las propuestas.
3. Daños incipientes.
4. Desarrollo tecnológico.
5. Investigar otras áreas.

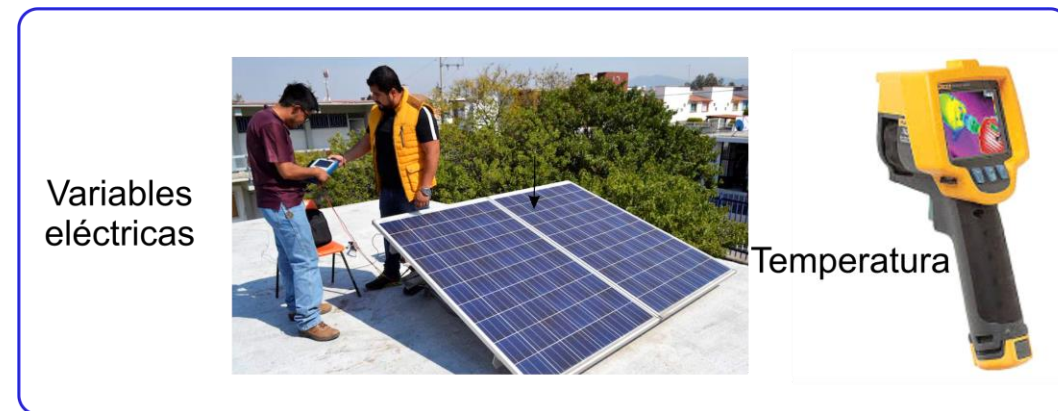
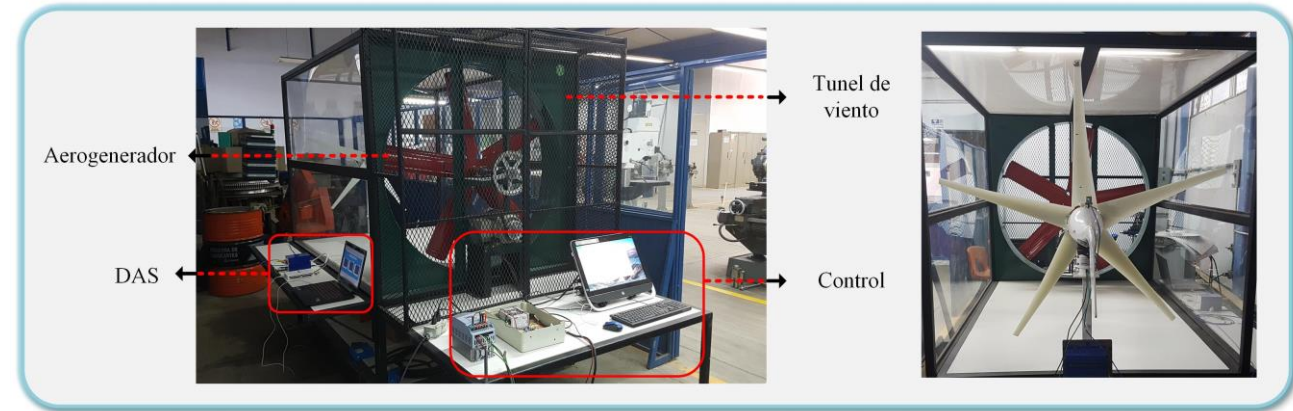


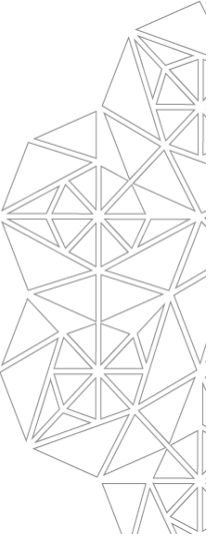
Figura 14.- Otras puestas de experimento, FI-UAQ, SJR, Posgrado en Mecatrónica.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA



DIPFI
POSGRADO
INGENIERÍA



¡Gracias por su atención!

Contacto:

martin.valtierra@uaq.mx

martin.valtierra@enap-rg.org

posgradomecatronica@uaq.mx

