

# DETECCIÓN DE BARRAS ROTAS EN MOTORES DE INDUCCIÓN UTILIZANDO LA STFT

Paniagua Medina, Juan José (1), Cabal-Yépez, Eduardo (2), Rodríguez-Doñate, Carlos (2)

1 [Lic. Ing. Comunicaciones y Electrónica, Departamento De Estudios Multidisciplinarios, División De Ingenierías Irapuato-Salamanca, Sede Yuriria] | [jj.paniaguamedina@ugto.mx]

2 [Departamento De Estudios Multidisciplinarios, División De Ingenierías Irapuato-Salamanca, Sede Yuriria] | [educabal@ugto.mx, c.rodriguezdonate@ugto.mx]

## Resumen

Por su durabilidad y funcionalidad el motor de inducción de jaula de ardilla tiene un lugar muy importante dentro de la industria, pero a pesar de su durabilidad al pasar el tiempo el motor puede presentar fallas, una de las más importantes es la existencia de barras rotas. La participación de esta investigación fue en la detección de este problema disponiendo de la presencia de alteración en el consumo energético a comparación de un motor en buen estado. La metodología utilizada en esta investigación fue el análisis tiempo-frecuencia de las señales obtenidas de dos motores uno con existencia de barras rotas y otro en estado sano, esto por medio de la STFT (Short Time Fourier Transform) y al realizar este método se compararon ambas señales logrando la detección del problema con la ayuda de las gráficas obtenidas.

## Abstract

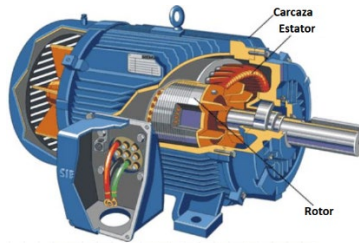
The squirrel-cage induction motor has a very important place within industry because of its durability and functionality; however, despite its durability, in time, the motor can present failures. One of the most important is the existence of broken rotor bars. The participation on this research was the detection of broken rotor bars having the presence of alterations on the energy consumption compared against a motor in good condition. The used methodology in this investigation was the time-frequency analysis of the electric current signals obtained from two induction motors, one with the presence of broken rotor bars and another one in healthy condition, through STFT (Short Time Fourier Transform), and applying this method both signals were compared to reach the detection of this problem with the help of the obtained spectrograms.

## Palabras Clave

Motor de jaula de ardilla, Barras rotas, Análisis tiempo-frecuencia, STFT (Short Time Fourier Transform).

## INTRODUCCIÓN

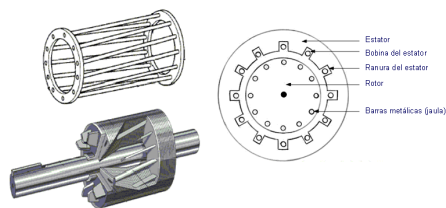
Los motores de inducción jaula de ardilla (Imagen 1) son muchas veces referidos, como “Los caballos de trabajo en la industria”, debido a que son de bajo costo y confiables. Ellos se ajustan a muchas aplicaciones y tiene la mejor confiabilidad. Los motores de jaula de ardilla tienen requerimientos de mantenimiento mínimo y son frecuentemente elegidos [1].



**Imagen 1: Motor de Inducción.**

### Fallas en los motores de inducción

De manera general, un motor de jaula de ardilla puede presentar tanto problemas eléctricos como mecánicos. Esto dependiendo si tienen relación directa con el circuito eléctrico que conforma la máquina o no. En el presente trabajo se estudiará un método para detectar la presencia de barras dañadas en el rotor de un motor de inducción con jaula de ardilla (imagen 2). Este problema se encuentra dentro de la categoría de los problemas de origen mecánico, que puede ser detectado ya que una barra dañada distorsiona las corrientes que fluyen dentro del motor. En la investigación de Nandi y Toliyat (1999) se muestran algunos métodos para diagnosticar el problema de las barras dañadas; sin embargo, indican que el más usado y que entrega mejores resultados es el análisis de la corriente que alimenta al estator.



**Imagen 2: Rotor Jaula de Ardilla.**

La presencia de barras rotas suele estar relacionadas con las altas temperaturas alcanzadas durante la operación y con las elevadas fuerzas centrífugas que soportan tanto las barras como los anillos de corto circuito.

#### *Efectos en la presencia de barras rotas*

La presencia de barras rotas produce variaciones en el campo magnético del motor que se traduce en la aparición de armónicos de campos giratorios, los cuales inducen fuerzas magnetomotrices que dan lugar a la aparición de armónicos en la corriente de alimentación del motor [3].

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo y probar la existencia de barras rotas se realizó un análisis tiempo-frecuencia en un motor en estado sano y en un motor con presencia de barras rotas utilizando la STFT, para esto se utilizó la representación visual de señales “spectrogram” de MATLAB (imagen 3), para poder tener una comparación visual de ambas señales y poder observar la anomalía que se presenta en la energía.

### Short Time Fourier Transform

Spectrogram devuelve la STFT de la señal de entrada, cada columna contiene una estimación del contenido de frecuencia localizada a corto plazo contenida en la frecuencia localizada en el tiempo de la señal.

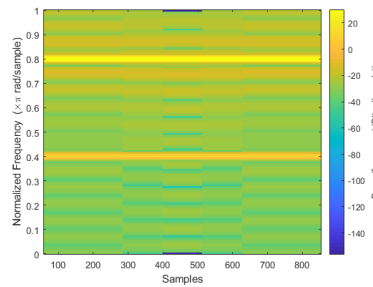


Imagen 3: Ejemplo de spectrogram para la visualización de la STFT de una señal.

Para una mejor visualización se dividieron ambas señales en diferentes ventanas con 512 datos en cada ventana (imagen 4) con datos superpuestos [4].

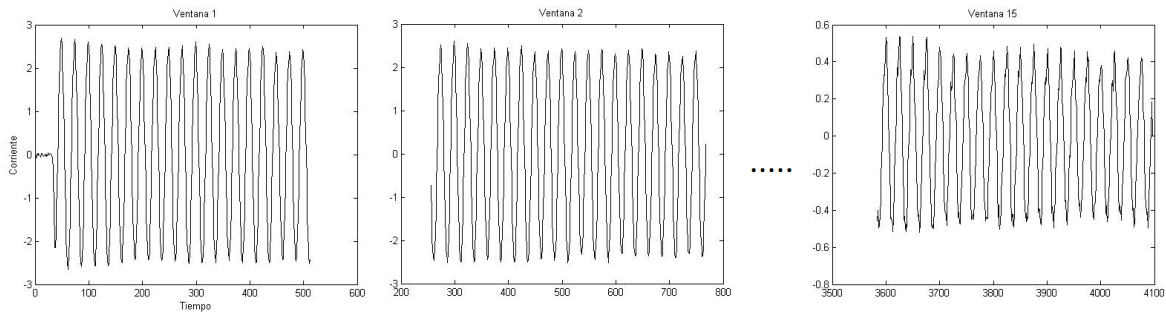
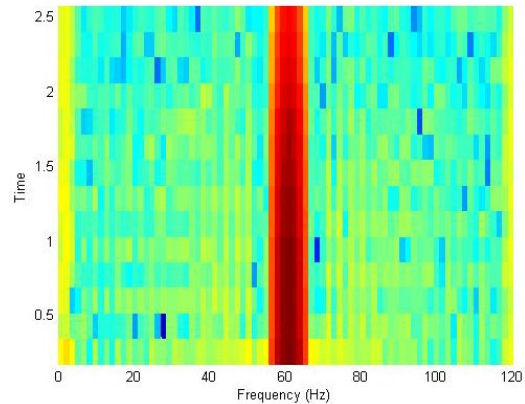
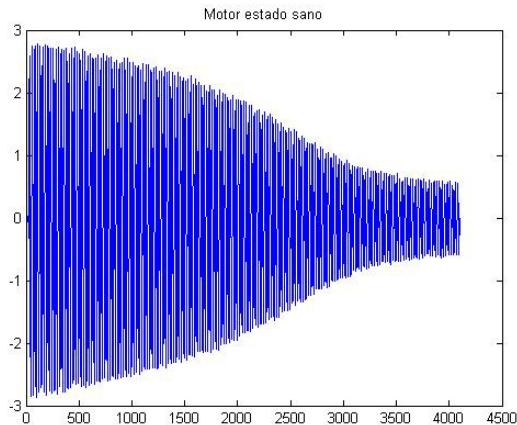


Imagen 4: Visualización de la señal en diferentes ventanas

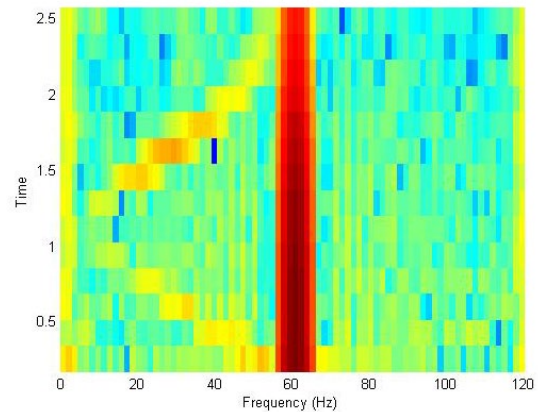
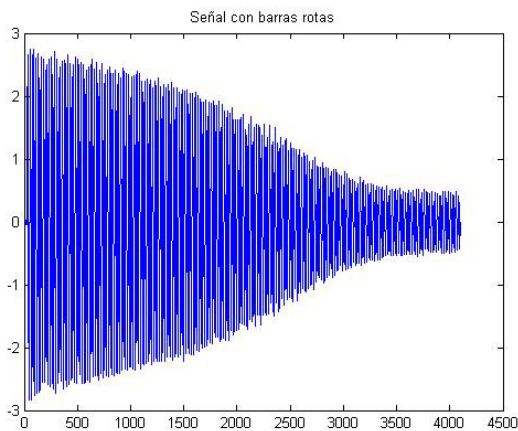
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la señal que se obtuvo del motor se puede observar claramente un consumo energético alto hasta que llega a un punto que se estabiliza (imagen 5), en la imagen 6 podemos ver que la intensidad de la señal se encuentra en 60Hz.



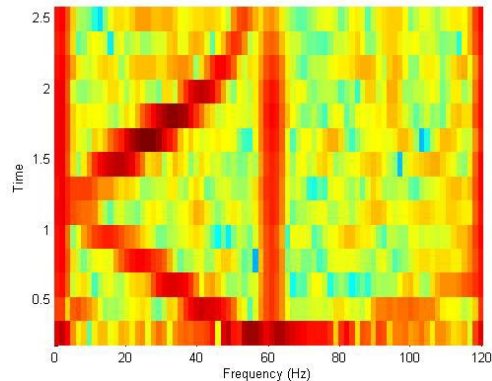
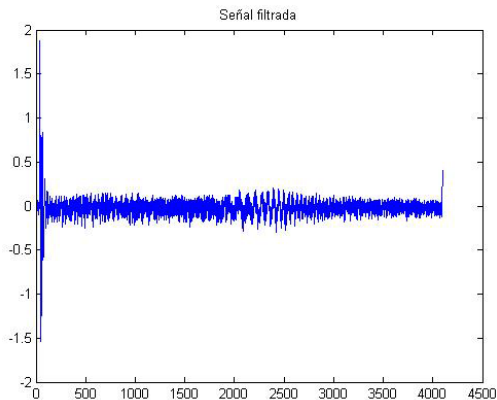
**Imágenes 5 y 6: Señal y espectrograma del motor sano, respectivamente.**

Después al obtener la señal y el espectrograma del motor con existencia de barras rotas (imagen 7 y 8) podemos observar que no hay una diferencia muy aparente entre las señales de ambos motores (imagen 5 y 7), al contrario en los espectrogramas (imagen 6 y 8) hay una notable diferencia, ya que en la imagen 8 presenta una distorsion en la frecuencia menor de 60Hz al pasar el tiempo [5].



**Imágenes 7 y 8: Señal y espectrograma del motor con barras rotas, respectivamente.**

Para una mejor visualización de la distorsion frecuencial que sufre el motor con barras rotas se implemento un filtro rechazo de banda (Notch) a la señal del motor para suprimir la componente de 60Hz, ahora tal y como se puede notar en el espectrograma (imagen 10).



**Imágenes 9 y 10: Señal y espectrograma con filtro notch del motor con barras rotas, respectivamente.**

## CONCLUSIONES

Como se puede observar al comparar y analizar detalladamente la imagen 10 que corresponde al motor con presencia de barras rotas hay una anomalía energética indiscutible comparándola con la imagen 6 del motor sano, este método utilizando la STFT (Short Time Fourier Transform) para la detección de anomalías energéticas es muy eficiente para inspeccionar el estado de un motor y así poder repararlo o reemplazarlo, ya que a largo plazo puede generar un aumento importante en el cargo en el consumo energético.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad de Guanajuato por darme la oportunidad de participar en los veranos de investigación y por ofrecer sus instalaciones para la realización de la misma; por último, agradezco al Dr. Eduardo Cabal Yépez por aceptar trabajar conmigo, además por brindarme su tiempo y ayuda para lograr terminar esta investigación.

## REFERENCIAS

- [1] Harper Enríquez, G., (2004).Capitulo 4: Motores eléctricos de corriente alterna. El libro práctico de los generadores, transformadores y motores eléctricos (pp. 146-147). México: Limusa.
- [2] Talbo, C., Saavedr, P., Anibal, M., (2013). Diagnóstico de la Condición de las Barras de Motores de Inducción. Información Tecnológica-Vol. 24(4), 85-94.
- [3] Virquez, H., (2013), Barras Rotas, IME Ingeniería de Máquinas Eléctricas S.A., 1-3.  
Ejemplo: Haner, R. L., Llanos, W. & Mueller, L. (2000). Small volume flow probe for automated direct injection NMR analysis: design and performance. Journal of Magnetic Resonance, 143(8), 69-78.
- [4] Villalpando, Hernández, J., Cabal, Yépez, E., (2017). DETECCIÓN DE BARRAS ROTAS EN MOTORES DE INDUCCIÓN UTILIZANDO LA STFT. Vol. 3 no. 2, Verano de la Investigación Científica, 2385-2386.
- [5] Saavedra, P., Harrison, C., Iribarren, M., San Martin, C. (1997). Aplicación de transformadas tiempo-frecuencia al diagnóstico de fallas en máquinas rotatorias, Mecánica computacional, Volumen XVIII, pp.451-458.