

**MÉTODO PARA DETERMINAR PATRONES DE FALLO EN LA MAQUINARIA**

**ING. RICARDO GUERRERO**

**RMS LTDA**

## INTRODUCCION

Las nuevas técnicas de mantenimiento en las empresas se han enfocado en identificar métodos que permitan establecer patrones de fallo en los componentes de la maquinaria. Cada vez más, los esfuerzos de investigación se han concentrado en establecer herramientas eficientes y acertadas en la detección de fallos. A raíz de esto, han surgido innumerables teorías en donde los autores tratan de expresar de una manera convincente, las ventajas que cada uno de sus métodos ofrece y cómo este puede llevar a establecer nuevos parámetros de diagnóstico.

Este es el punto del software, realizar una recopilación de los estimadores representativos en el diagnostico y por medio de aplicaciones practicas establecer las principales utilidades y ventajas que estos ofrecen. Así, el software se convierte en una herramienta muy valiosa que no simplemente sirve como un analizador de señales aplicado a un tipo específico de maquinaria, sino que esta en la capacidad de interpretar señales en el tiempo e identificar sus propiedades y determinar las condiciones actuales.

## ESTRUCTURA DEL PROGRAMA

<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

El primer capítulo define las bases sobre las cuales se van a generar los algoritmos. Cada programa debe seguir una estructura que sea fácil de entender para el usuario y que permita el correcto procesamiento de la información. La estructura del programa se realiza en MATLAB 7.0. Las especificaciones sobre las cuales se desarrolla el programa se presenta en la Tabla 1

Tabla 1. Requerimientos sobre los cuales se desarrolla el programa

	Requerimientos
Software	MATLAB version 7.0+Librería Wavelet
Sistema Operativo	Windows 2000
Especificaciones de Hardware	Procesador Intel Pentium 4 2.8 GHz, Memoria RAM 512 MB, Tarjeta de video ATI RADEON 9000 64 MB.

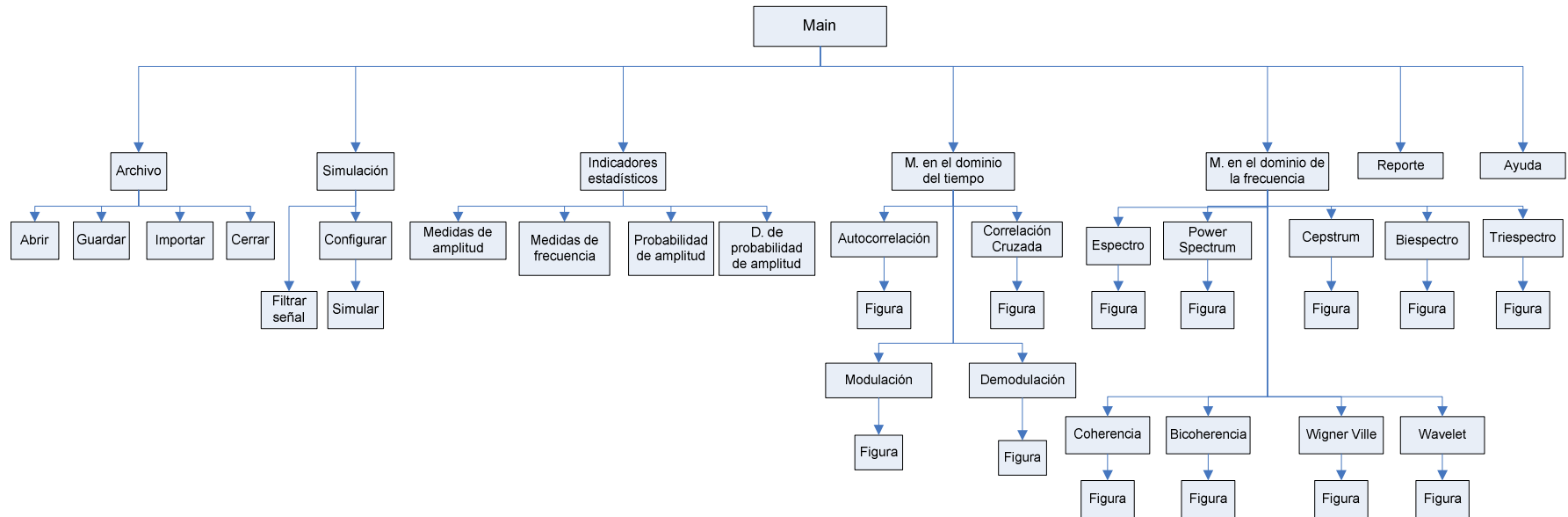
La estructura del programa se presenta en la en donde se define el orden jerárquico de los programas y se establece la clasificación para visualizar cada una de las ventanas dentro del programa. Cada uno de los programas sigue el modelamiento matemático definido dentro del capítulo de conceptualización.

<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

Ilustración 1. Diagrama de la estructura del programa.



<http://matlab.udes.edu.co>

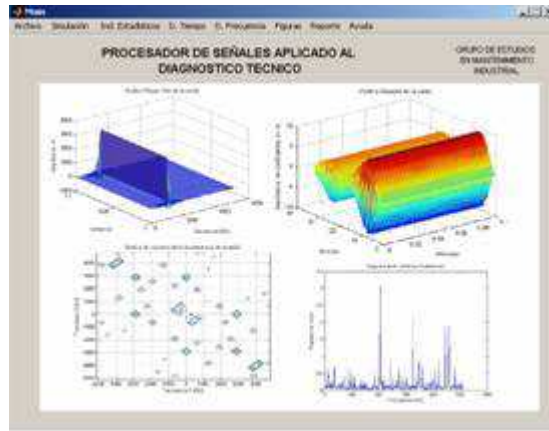
[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

## 1.1 VENTANA MAIN.

La ventana principal permite acceder los siguientes menús del programa:

Ilustración 2. Menús ventana principal.



- a. Menú archivo.
- b. Menú simulación.
- c. Menú indicadores estadísticos.
- d. Menú métodos en el dominio del tiempo.
- e. Menú métodos en el dominio de la frecuencia.
- f. Menú figuras

<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

g. Menú reporte

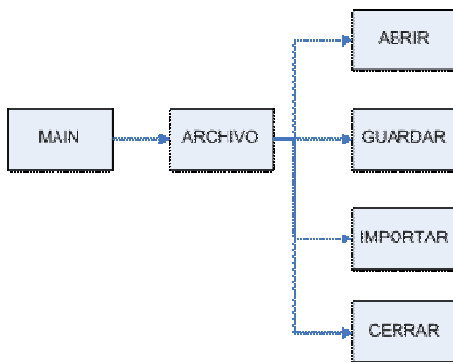
h. Menú ayuda

El entendimiento de cada uno de los menús se realiza mediante diagrama de flujos donde se establecen los pasos a seguir para la ejecución de la ventana. Las líneas punteadas dentro del diagrama de flujo representan el flujo de información necesaria para la ejecución de los métodos.

## 1.2 MENU ARCHIVO

La estructura establecida para la ejecución del programa se define en el diagrama de flujo de cada menú. Las líneas continuas representan el flujo para llegar a la ventana y las líneas punteadas denotan el flujo de la información necesaria para la ejecución de la ventana.

Ilustración 3. Diagrama de flujo menu archivo



<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

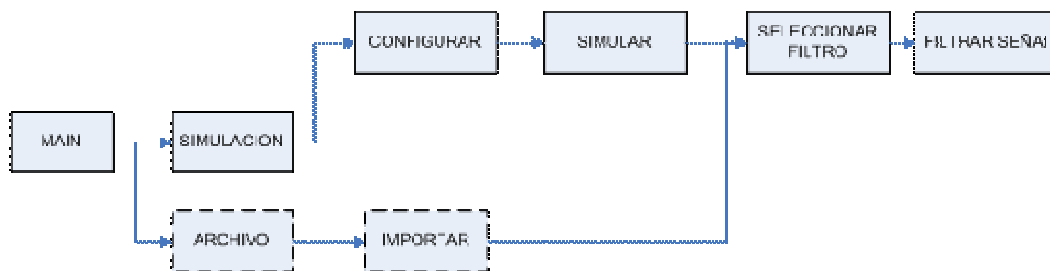
En este menú se encuentran las opciones de abrir y guardar archivos de almacenamiento de datos propios de Matlab(R) de extensión .mat, se habilita la opción de importar archivo de texto plano y cerrar la ventana principal.

Ilustración 4. Menú Archivo.



### 1.3 MENU SIMULACION

Ilustración 5. Diagram de flujo menu simulacion



Se encuentran dos opciones, configurar y simular, que si se accede por primera vez se debe seguir secuencialmente, primero configuración donde se establece la cantidad de muestras de la señal simulada y la frecuencia de muestreo, con estos valores se tiene el tiempo total de muestreo y el intervalo de tiempo entre

<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

muestras. Luego se accede a la ventana de simular donde el usuario puede generar señales sinusoidales y cuadradas con valores de amplitud, frecuencia, fase y nivel de ruido. Puede también, sumar las señales simuladas incluso con otra real en caso de haberla importado.

La segunda ventana corresponde al filtrado de la señal. La selección del filtro se hace mediante la aplicación fdatool de MATLAB. La señal filtrada puede ser de origen simulado o importada. Se debe seguir el procedimiento definido en la ventana filtrado.

Ilustración 6. Menú simular.



<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

Ilustración 7. Ventana Simulador.

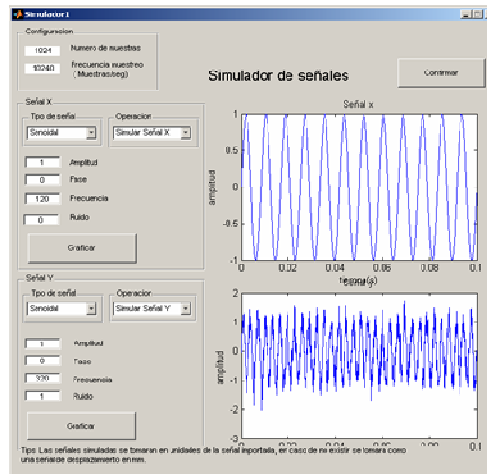
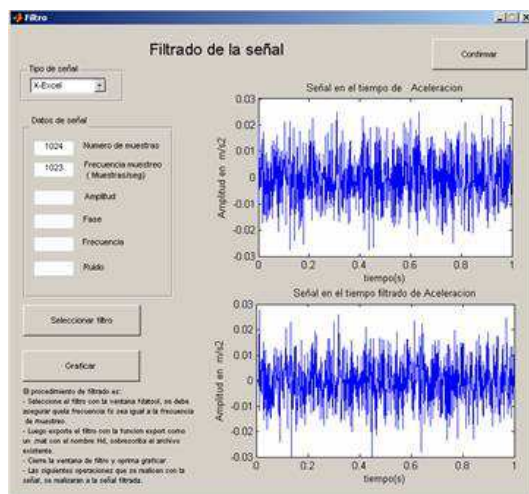


Ilustración 8. Ventana filtrado y selección de filtro

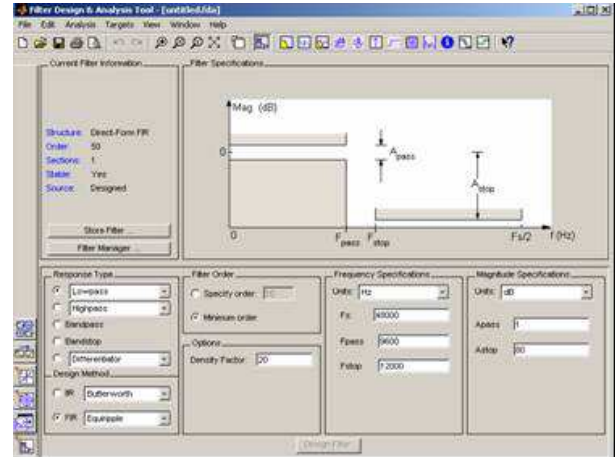


<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>





Los menús a continuación descritos permiten seleccionar la señal que se desea analizar dentro de las opciones de Señal x, y Señal y para las señales simuladas y señales Excel x, Excel y, Excel z para las señales importadas.

Ilustración 9. Opción Selección de señal a analizar.



La explicación conceptual y de todas estas funciones son presentados en el capítulo dos

<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

#### 1.4 MENU INDICADORES ESTADISTICOS

La estructura del program presenta en líneas punteadas el proceso de la información para llegar a las ventanas y en línea continua se establece el flujo para llegar a cada una de las pantallas de ejecución de los programas.

Ilustración 10. Diagram de flujo menu indicadores estadísticos

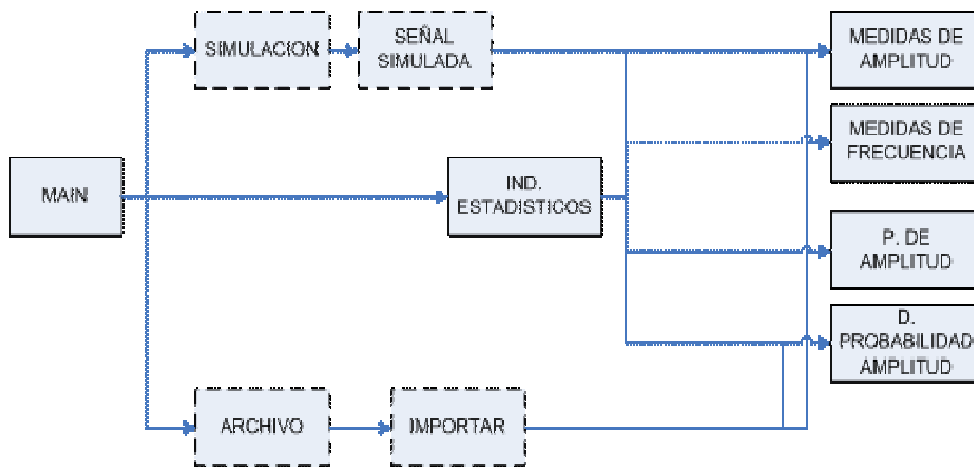


Ilustración 11. Menú Índices Estadísticos.



<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

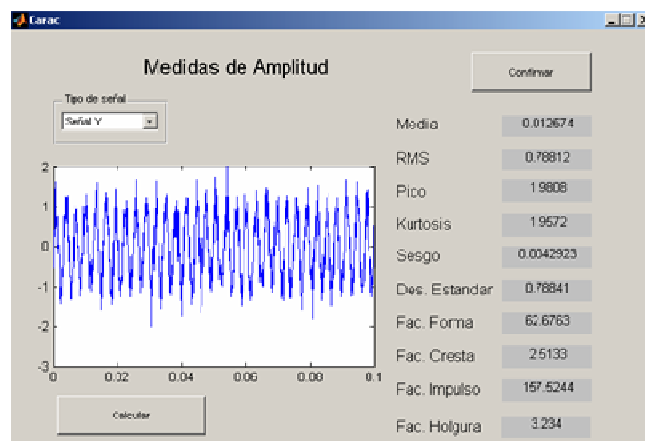
<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

Algunas de estas funciones requieren de parámetros que el usuario debe ingresar, para obtener indicadores de probabilidad. Cada uno de los estimadores presentes en estas ventanas han sido definidos teóricamente en el capítulo 2.

Esta opción permite acceder las siguientes funciones:

- a. Medidas de amplitud.

Ilustración 12. Ventana Medidas de Amplitud.



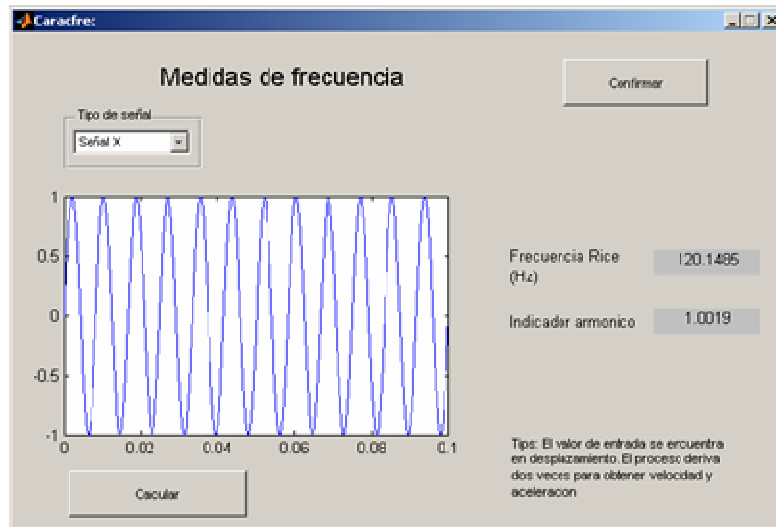
- b. Medidas de frecuencia.

<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

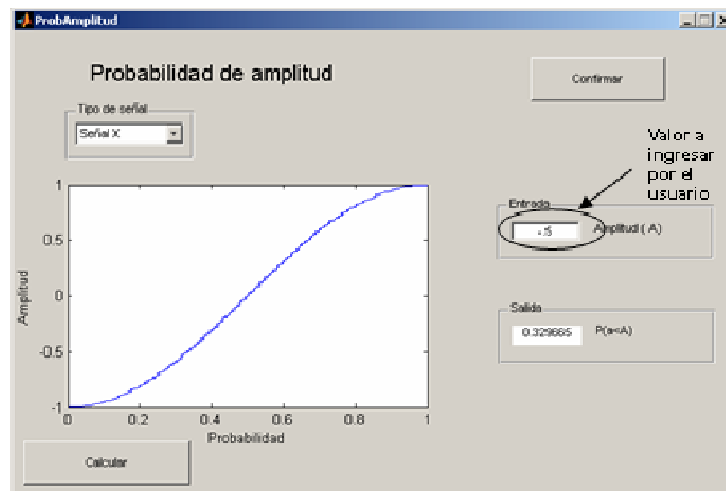
<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

Ilustración 13. Ventana medida de frecuencia.



c. Probabilidad de Amplitud.

Ilustración 14. Ventana Función probabilidad de amplitud.



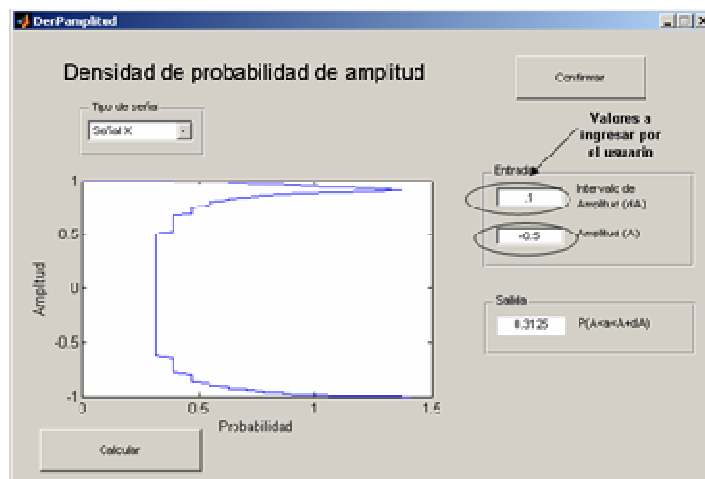
<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

d. Densidad de probabilidad de amplitud.

Ilustración 15. Ventana función densidad de probabilidad de amplitud.



## 1.5 MENU METODOS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO

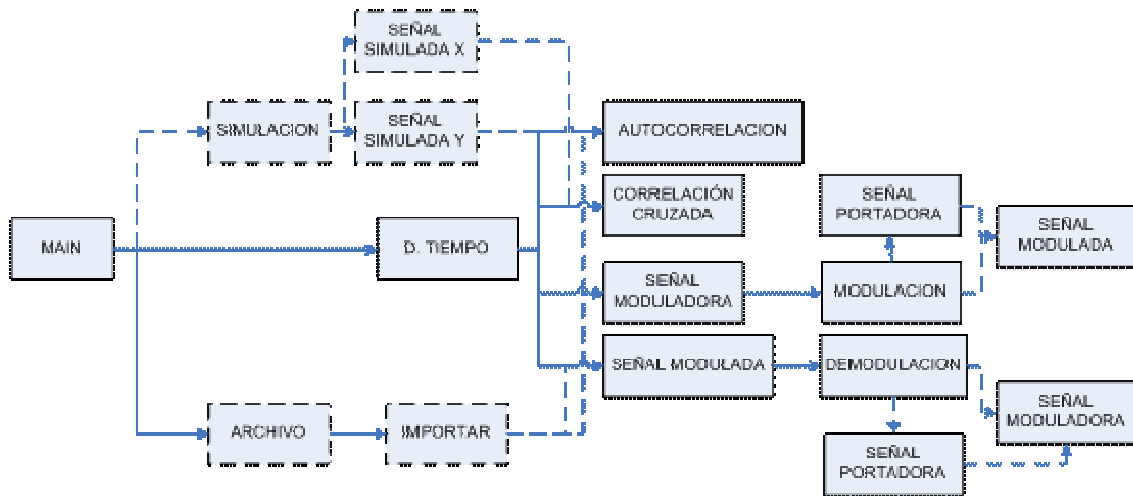
En los métodos de dominio de tiempo es importante establecer la jerarquía de la información y determinar que la información de entrada no representa únicamente la información de salida.

<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

Ilustración 16. Diagrama del flujo del menú M. en el dominio del tiempo



En este menú se accede a las funciones de autocorrelación y correlación cruzada. Algunos indicadores útiles de estas funciones son estimados en estas ventanas. Además, se pueden acceder a las ventanas para modular y demodular la señal.

Ilustración 17. Menú métodos dominio del tiempo.



- a. Autocorrelación: herramienta útil para el análisis de armónicos y del nivel de ruido de las señal. Esta ventana permite el cálculo de la Autocorrelación ya sea

<http://matlab.udes.edu.co>

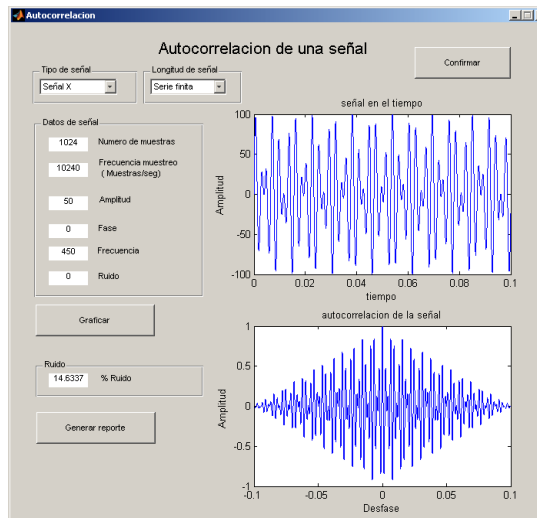
[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

para señales finitas o infinitas. Además, tiene un indicador de factor de ruido definido en el capítulo dos. Dos indicadores son presentados en esta ventana.

- b. La correlación cruzada también se puede calcular en señales finitas o infinitas. El procesamiento expresa indicadores de amplitud, fase y frecuencia de las frecuencias correlacionadas. Además, se define el delta de correlación que permite expresar la correlación entre dos señales.

Ilustración 18. Ventana Función autocorrelación.

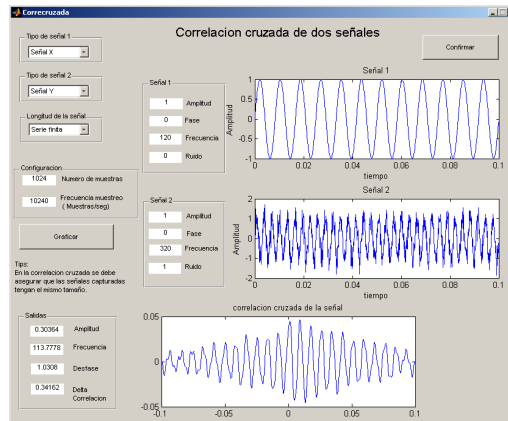


<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

Ilustración 19. Ventana de función de correlación cruzada.



- c. Modulación: En esta ventana se habilita al usuario para que module una señal a partir de dos señales. El usuario debe ingresar la frecuencia de la señal portadora y su desfase. Las graficas que se observan corresponden a la señal moduladora, que en este caso sería la señal que se importa o simula, la señal portadora y señal modulada.
- d. Demodulación: en esta ventana se recupera la señal moduladora extraída de la señal modulada. El usuario debe ingresar la frecuencia de la señal portadora y su desfase. Las última gráfica corresponden a la señal modulada, que en este caso sería la señal que se importa o simula, además el programa permite demodular una señal que sido modulada.

<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>



Ilustración 20. Ventana Modulación.

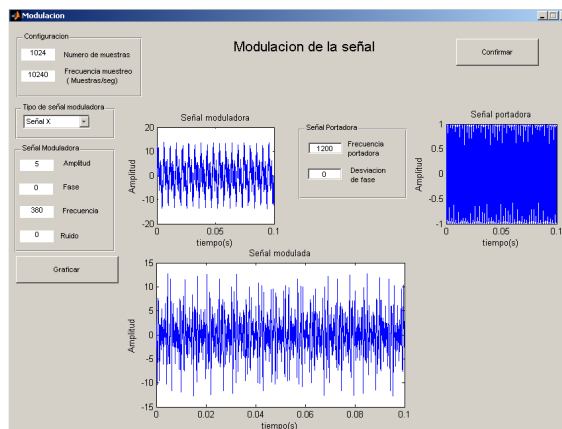
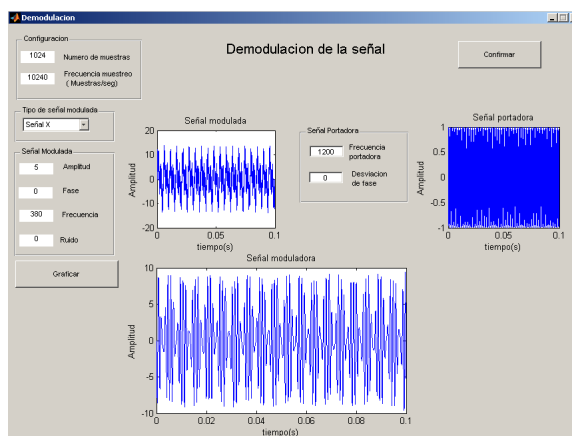


Ilustración 21. Ventana Demodulación.

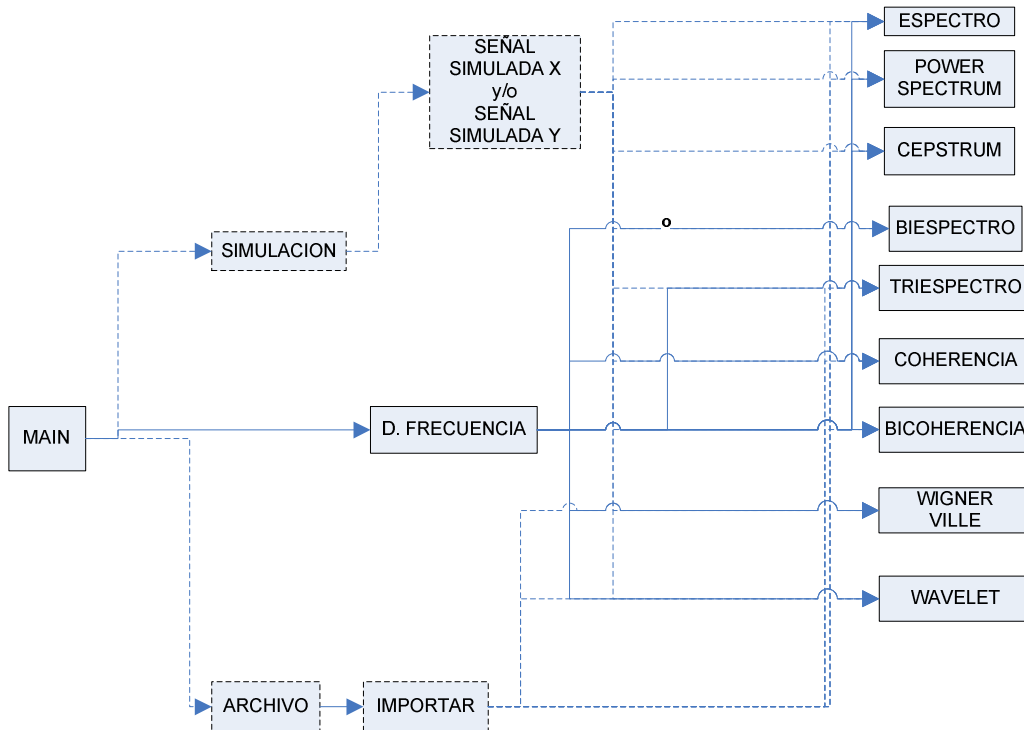


<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

### 1.6 MENU METODOS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA



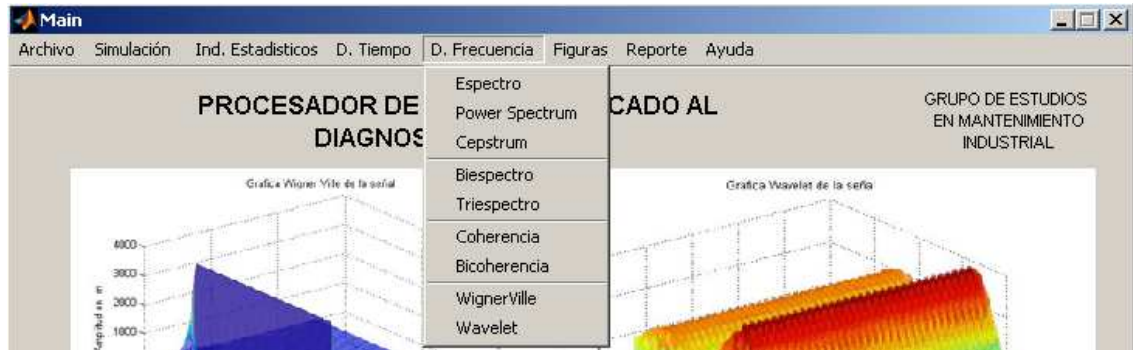
Este menú contiene las funciones mostradas en la ilustración:

<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

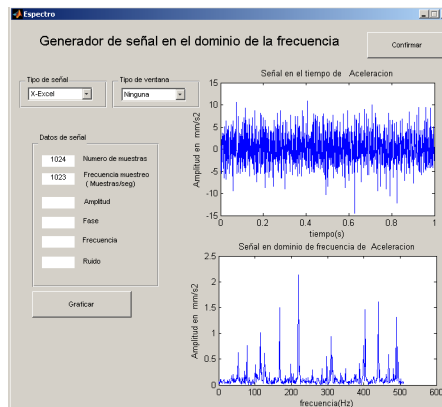
<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

Ilustración 22. Menú métodos en el dominio de la frecuencia.



- a. Espectro: permite visualizar las frecuencias más importantes en amplitud de la señal. Es una guía para el uso de otras herramientas del analizador. La ventana de espectro permite aplicar un ventaneado a la señal antes de su procesamiento. El procesamiento de la información y la amplitud coincide con el origen de las señales.

Ilustración 23. Ventana función espectro discreto de fourier.



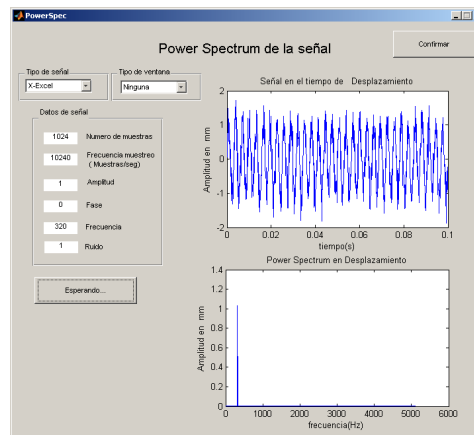
<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

- b. Power Spectrum: maneja la misma estructura del espectro. Pero los valores que se obtienen de este son reales (no complejos) facilitando el analisis de la señal cuando no se requiere trabajar con la fase.

Ilustración 24. Ventana función Power Spectrum.



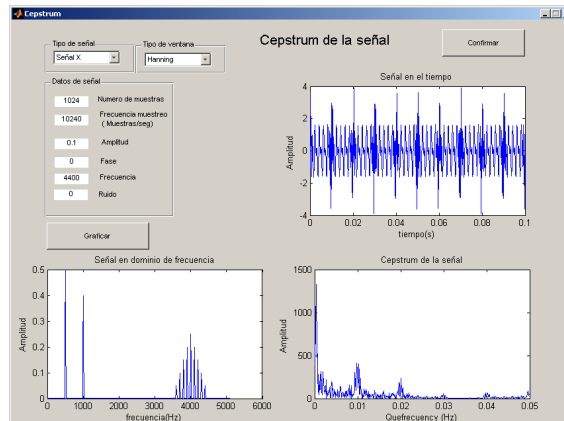
- c. Cepstrum: la ventana genera tres graficas que muestran la señal en el dominio del tiempo y de la frecuencia y el cepstrum respectivo de la señal. Los valores de amplitud en la grafica del cepstrum son generados por obtener el espectro sobre el espectro.

<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

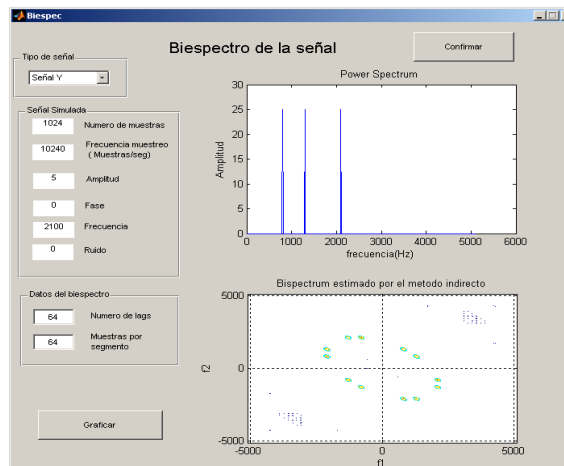
<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

Ilustración 25. Ventana función cepstrum.



- d. Biespectro: para efectos de análisis se visualiza como una grafica de contorno en la cual se establecen acoplamientos dentro de la señal. El usuario debe incluir antes de ejecutar del procesamiento el número de lags y las muestras por segmento, estos dos factores definen la resolución de los datos en la señal.

Ilustración 26. Ventana función biespectro.



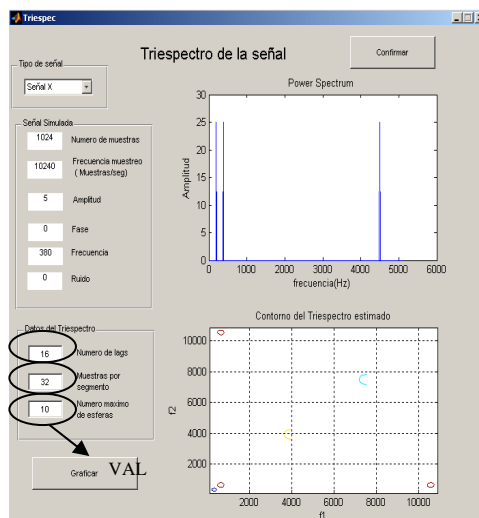
<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

- e. Triespectro: esta función es analizada con un grafico de tres dimensiones, para facilitar su interpretación en esta ventana se muestra el espectro de la señal y la vista superior de las esferas. El usuario debe ingresar el número de lag, las muestras por segmento y el número de esferas que desea visualizar, el programa visualiza las esferas de mayor radio.

Ilustración 27. Ventana función triespectro.



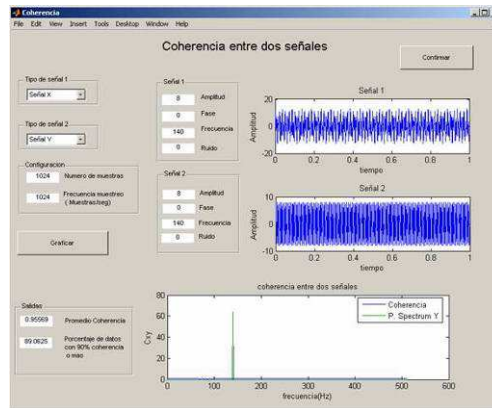
<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

- f. Coherencia. La grafica de esta función muestra el Power Spectrum de la señal, y la coherencia entre las dos señales. Con el objeto de identificar los puntos donde la frecuencia es considerable para la coherencia entre las señales. La ventana además, genera dos indicadores que corresponden al promedio de coherencia de la señal y el porcentaje de datos que se encuentren por encima del 90% de coherencia.

Ilustración 28 Ventana función Coherencia.



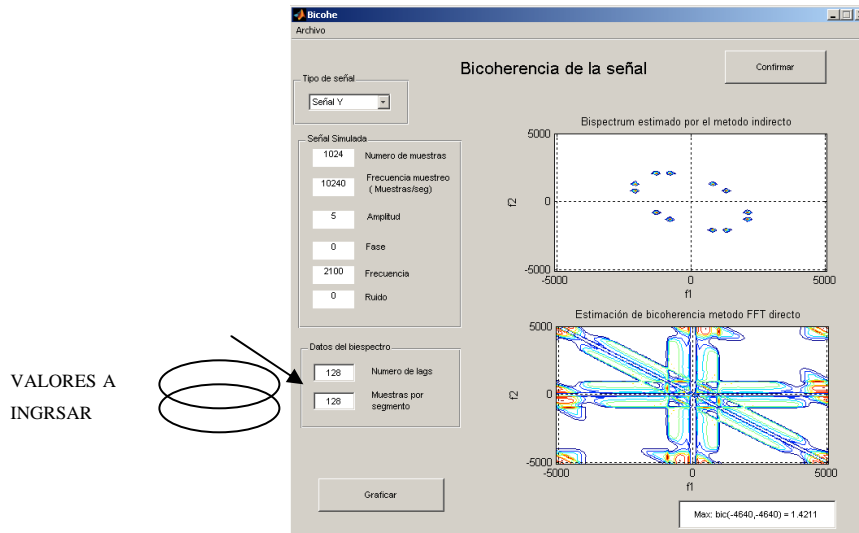
- g. Bicoherencia: expresa en grafica de contorno el valor del biespectro normalizado. En la pantalla se observa además, el indicador del punto máximo de bicoherencia.

<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

Ilustración 29. Ventana función Bicoherencia.



- h. Wigner Ville. Esta función es representada en tres dimensiones cada eje es tiempo, frecuencia y amplitud, para facilitar el análisis en esta ventana se visualiza dos graficas, la primera presenta el eje del tiempo y el de amplitud, en la segunda grafica se muestra el eje de frecuencia y tiempo.

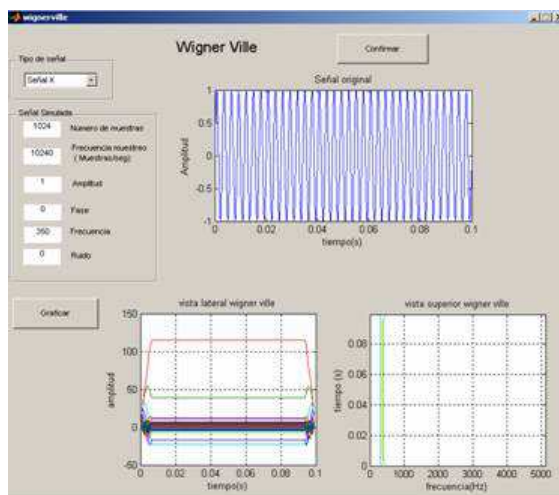
<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>



Ilustración 30. Ventana funcion Wigner Ville



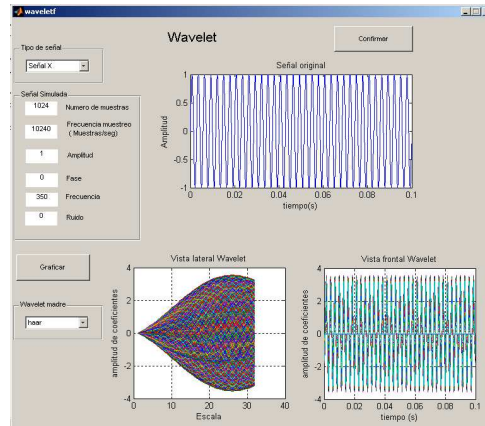
- i. Wavelet. Esta es también un función para visualizar en tres dimensiones, en la ventana se muestra dos vistas de la superficie generadas. La primera se encuentran los ejes de amplitud y escala, en la segunda los eje de tiempo y amplitud de los coeficientes.

<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

Ilustración 31. Ventana función Wavelet.



<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>

<http://matlab.udes.edu.co>

[http://es.geocities.com/matlab\\_colombia/diamatlabnov3.html](http://es.geocities.com/matlab_colombia/diamatlabnov3.html)

<http://www.compelect.com.co/FormularioDiaMATLAB.html>