

## **DEMSW.EXE, EL NUEVO PROGRAMA PARA ADQUISICIÓN SÍSMICA.**

*AUTOR: Nicolás Antonio Oliveras Mercado*  
*PRESENTADO POR: SCHÜLER WEAGE*  
*DIRECCION: Calle 27N # 7 A-34 Interior 116*  
*CIUDAD: Popayán – Cauca.*  
*TELEFONO: (072)8381153-8232171*  
*FAX: (072) 8382411- 8381158*  
*E-MAIL: [schulerw@emtel.net.co](mailto:schulerw@emtel.net.co)*

*Nota: El DEMSW.EXE funciona actualmente bajo prueba en el Observatorio Sismológico del Quindío desde noviembre de 2001.*

### **RESUMEN**

El objeto de la presentación es difundir el trabajo realizado por el autor, que busca una alternativa tanto software como hardware para la adquisición de datos digitales para sismología a bajo costo, con el uso de una tarjeta de sonido para PC. Tiene tres partes, a saber, la primera comprende la base matemática que sustenta bajo qué condiciones es posible demodular usando software; la segunda explica qué métodos son posibles usar según los casos en la práctica; y la tercera comprende una aplicación práctica para sismología que permite monitorear señales telemétricas mediante un programa en tiempo real llamado **Demsw.exe** (Versión 1.2). La gran ventaja de este nuevo sistema es que elimina todos los demoduladores y usa una tarjeta de sonido para PC como elemento digitalizador de entrada. De esta forma después de los radios analógicos de recepción, solamente un PC con multimedia es lo que se usa como elemento hardware para recibir las señales sismológicas.

**Demsw.exe** es compatible hacia atrás con el archivo XXX.INP del **Xdetec16.exe** y hacia adelante con SUDS, corre bajo Windows 98, organiza los sismos por día y corre de forma continua marcando los eventos.

### **PALABRAS CLAVES:**

- Demodulación por software.
- Tarjeta de sonido.
- Señales sísmicas.
- Digitalización.
- Monitorear.

**DEMSW.EXE**  
**A NEW SOFTWARE FOR SEISMIC ACQUISITION**

*Note: At present the software DEMSW.EXE is running under test at the Seismic Observatory of Quindio since November 2001.*

**ABSTRAC**

The goal of this article is to diffuse the authors works, which gives a software and hardware alternative to acquire digital for seismology use al low cost using a PC sound board. The article is divide into three parts, the first one diffuses the mathematical basis that gives the condition under which demodulation is possible using software; the second part explains what methods are useful according to the practice case; and the third involves seismology application that allows monitoring telemetric signals with the use of a real time software called **Demsw.exe** (Version 1.2).

The great advantage of this new system is that it eliminates all the demodulators and uses a PC sound board as the input digitalizer. The only hardware needed to receive the seismologic signals are the analogic radios and a PC with multimedia. **Demsw.exe**, is backward compatible with the file XXX.INP of **Xdetec16.exe**, and is forward compatible with SUSD format. It runs under Windows 98, the seismos are organized by days and it runs continually checking each event.

**KEY WORD**

- Software demodulation.
- Sound Board.
- Seismic signal.
- Digitalization.
- Monitoring.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas actuales de adquisición de datos sísmológicos en los observatorios colombianos son obsoletos a nivel software y hardware. Por ello se estudió la viabilidad del uso de una tarjeta de sonido para PC como elemento primario de adquisición de datos, y buscar que hiciera de demodulador y de tarjeta de adquisición a la vez, para ahorrar así grandes sumas a los observatorios vulcanológicos de Colombia y de Latinoamérica. En cuanto al software, se estudió todas las características del **Xdetec16.exe** y se realizó un software que funcionalmente hiciera lo mismo. Éste incluso lee al archivo XXX.INP como archivo de configuración y graba los datos en formato SUDS.

## 2. BASE MATEMÁTICA

El uso de una tarjeta de sonido como elemento primario de adquisición hace una diferencia radical, ya que ésta se acopla directamente a los radios analógicos de telemetría cuya banda base está entre 300 Hz y 3,3 kHz. Dentro de este rango se transmiten hasta ocho (8) canales de telemetría, los cuales ocupan un ancho de banda de 250 Hz modulados en FM. Ya que la tarjeta de sonido registra la señal antes de la demodulación, este proceso debe ser llevado a cabo por software, y se consiguen unos efectos bastante interesantes, como aumento de la frecuencia de muestreo y el filtrado exacto, por el computador, de las frecuencias a demodular.

La tarjeta de sonido puede entregar digitalizaciones a 44.100 Hz en 16 bit y en estéreo (dos canales). La ley que rige la posibilidad de hacer este proceso es:

$$\frac{8}{f_m} < 4/f_c < 2/f_s < 1/B \quad (1)$$

donde

$f_m$  = frecuencia de la tarjeta de sonido.

$f_c$  = frecuencia de la subportadora VCO.

$f_s$  = frecuencia de muestreo sísmico.

$B$  = ancho de banda de la señal sísmica.

Por ejemplo, si se reemplazan valores posibles, en la desigualdad anterior, se tiene:  $f_m = 44.100 \text{ Hz}$ ;  $f_c = 3.060 \text{ Hz}$ ;  $f_s = 100 \text{ Hz}$ ;  $B = 50 \text{ Hz}$ , con lo cual se demuestra que los valores están dentro de una realización física del sistema.

Otro tema interesante es el número de bit del sistema, el cual viene determinado por la siguiente ecuación: (si el volumen en la tarjeta de sonido es máximo para un único canal)

$$\#bit = (\log_{10}(BD * \pi * F_{vco} * dF_{vco} * 2^{n+1}) - \log_{10}f_{fs}) / \log_{10}2$$

(2)

*Nota: Para demostrar la formula dos (2) comunicarse con el autor.*

donde

$\log_{10}$ : es el logaritmo en base 10.

$BD$ : es el tamaño de bloque procesado por dato. Ejemplo para 86,13 muestras por segundo, son 512 datos. En 172,26 Hz son 256 datos. ( $f_m = 44.100$  Hz).

$F_{vco}$ : frecuencia central del VCO (Ejemplo: 3.060 Hz).

$dF_{vco}$ : ancho de banda del VCO (constante 250 Hz).

$2^{n+1}$ :  $n$  son los números de bit que digitaliza la tarjeta de sonido si se supone que la señal tiene su máxima amplitud. Si la señal tiene una amplitud mitad del máximo, se debe hacer  $(n+1)-1$ , o sea, usar  $16+1-1=16$ .

$f_{fs}$ : frecuencia de la tarjeta de sonido (Ejemplo: 44.100 Hz).

$\pi$ : 3,14159

Esta formula arroja la siguiente tabla en función de las frecuencias de VCO y frecuencia de muestreo:

| TABLA NUMERO DE BIT EN FUNCION DE VCO/FRE |             |             |            |
|---|-------------|-------------|------------|
| VCO/FRE                                   | 86,1328125  | 172,265625  | 344,53125  |
| 680                                       | 14,16968806 | 13,16968806 | 12,1696881 |
| 1020                                      | 14,75465056 | 13,75465056 | 12,7546506 |
| 1360                                      | 15,16968806 | 14,16968806 | 13,1696881 |
| 1700                                      | 15,49161616 | 14,49161616 | 13,4916162 |
| 2040                                      | 15,75465056 | 14,75465056 | 13,7546506 |
| 2380                                      | 15,97704298 | 14,97704298 | 13,977043  |
| 2720                                      | 16,16968806 | 15,16968806 | 14,1696881 |
| 3060                                      | 16,33961306 | 15,33961306 | 14,3396131 |

Tabla 1

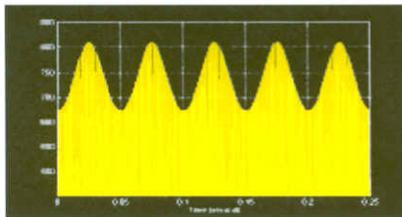
Número de Bit en función del VCO y la frecuencia de muestreo seleccionada.

Si se coloca como estándar muestreo a 12 bit, el sistema cumple las especificaciones. Hay que anotar que la suma de canales en banda base baja la resolución en  $\log_2$  ( $n$  canales), o sea, 2 canales baja un bit y 4 canales baja 2 bit. Esto se contrarresta con el uso de VCO por encima de 1.700 para no violar la norma. Aunque se habla de mayor número de bit, el sistema internamente trunca a 12 bit.

### 3. MÉTODOS DE DEMODULACIÓN

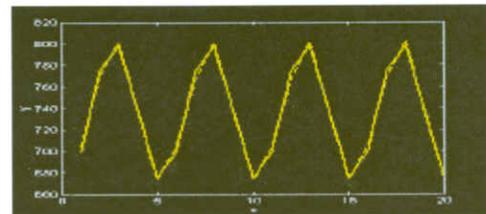
Durante el desarrollo de este programa se estudiaron métodos para recuperar la señal sísmica a partir de la señal FM capturada por la tarjeta de sonido. Estos fueron simulados en **MatLab** y posteriormente el código fue transportado a **C**. Los métodos son:

- **Cruce por cero.** Se basa en contar en un tiempo base el número de veces que una señal cruza el nivel cero. De esta forma es fácil deducir el período y, por ende, la frecuencia.



Gráfica 1

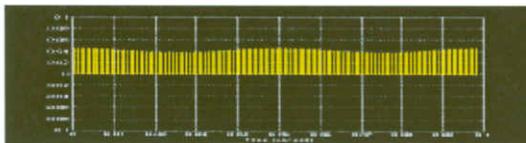
La  $y$  representa la frecuencia y la  $x$  el tiempo. (20 Hz en 680 Hz de VCO)



Gráfica 2

La  $y$  representa la frecuencia y la  $x$  el tiempo. La línea punteada es la señal demodulada.

- **Por pendiente.** Similar al anterior, pero su principio es calcular el promedio de la pendiente en los cruces por cero en un tiempo dado.



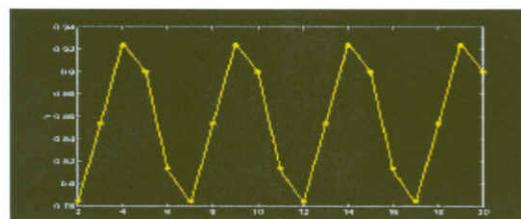
Gráfica 3

La  $y$  representa la pendiente y la  $x$  el tiempo. (20 Hz en 680 Hz de VCO)



Gráfica 4

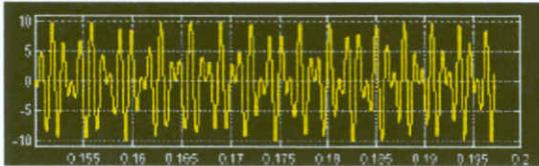
La  $y$  representa la amplitud máxima un cuarto de ciclo antes de la medida de la pendiente.



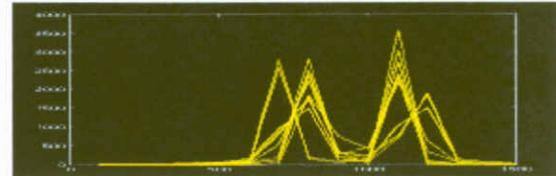
Gráfica 5

Señal recuperada por el método de la pendiente. Los puntos son la señal demodulada.

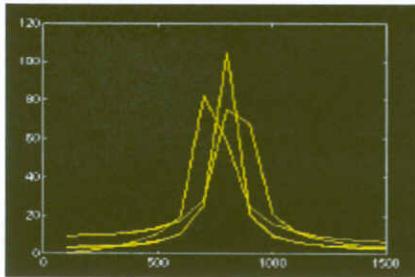
- **Por Fourier.** Usa la transformada de Fourier para separar las señales por espectros. La recuperación de los datos se realiza por los desplazamientos de los máximos en las subportadoras en el gráfico frecuencial.



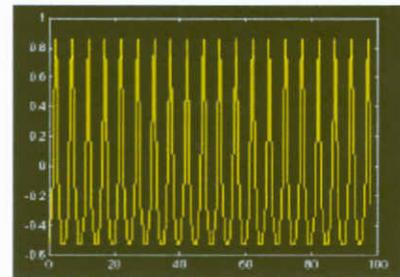
Gráfica 6  
Señal de VCO con 680 Hz y 1020 Hz portando 20 Hz y 15 Hz respectivamente.



Gráfica 7  
Análisis frecuencial de la señal de la gráfica 6.



Gráfica 8  
Espectro 680 Hz portando 20 Hz



Gráfica 9  
Señal recuperada de forma no muy satisfactoria de la gráfica 8.