



**CONSULTORES Y CONTRATISTAS  
DE  
GEOLOGIA Y GEOFISICA**

*Compañía Mexicana de Exploraciones, S. A.*

**RIO BALSAS 101 8º PISO APDO. POSTAL 5-255**

**MEXICO 5, D. F.**

**TELS. 533-62-46**

# COMPAÑIA MEXICANA AEROFOTO. S. A.



## ESPECIALIDADES

Cartografía  
Catastro urbano y rural.  
Cálculo electrónico.  
Diseño fotogramétrico electrónico  
de obras de Ingeniería  
Estudios preliminares.  
Fotointerpretación.  
Fotografía aérea: pancromática.  
Infrarroja y a color.  
Fotografía comercial aérea  
Fotomurales.  
Levantamientos fotogramétricos.  
Localización de obras.  
Mosaicos fotográficos.  
Programación electrónica.  
Topografía

132 empleados especializados.

## EQUIPO

- |   |   |
|---|---|
| 1 Avion Queen Air A-80 Mat. XB-XAE        | 4 Camaras de Reproducción                             |
| 1 Avion Riley Rocket. Mat. XB-SAR         | 3 Unidades de Telurómetro MRA-3                       |
| 1 Avion Beech Craft Mat. XB-VIG           | 4 Teodolitos Wild T-2                                 |
| 2 Aviones Piper Astec Mat. XB-MO/ y NOO   | 2 Niveles automáticos Wild NAE-2                      |
| 1 Avion Cessna 185 Mat. XB-TIS            | 4 Camionetas doble tracción                           |
| Unidad Central de Proceso IBM, 1131       | 2 Autografos Wild A-7 con Registradora de coordenadas |
| Lectora-perforadora de tarjetas IBM, 1442 | 1 Estéreo cartógrafo Wild A-8                         |
| Unidad Impresora IBM, 1132                | 1 Autógrafo Wild A-9                                  |
| 1 Camara Fotogrametrica Zeiss MKK-A       | 4 Aviografos Wild B-8                                 |
| 1 Camara Fotogrametrica Wild RC-9         | 1 Balplex 760, de 7 proyectores                       |
| 1 Camara Fotogrametrica Wild RC-8         | 2 Keish K-5, de 4 proyectores c u                     |
| 1 Camara Fotogrametrica Wild RC-5         | 3 Keish K-1, de 7 proyectores c u                     |
| 3 Camaras Fairchild                       | 2 Multiplex de 8 proyectores c u                      |
| 4 Camaras para fotografia oblicua         |   |
| 6 Camaras Rectificadoras                  |   |

### DIRECCION

11 de Abril N° 338 esquina con Pestalozzi Col Escandón  
Teléfono 516-07-40  
Cable: AEROFOTO, MEXICO MEXICO 16, D.F.  
Servicios Aereos Ave Santos Dumant N° 212

Schlumberger

# SCHLUMBERGER SURENCO, S. A.

## AGENCIA EN MEXICO

Bahia de San Hipólito 56-Desp. 302

Tel. 250-62-11

MEXICO 17, D.F.

**GEOFISICOS CONSULTORES PARA  
PETROLEOS MEXICANOS**



***Seismograph Service Corporation  
of Mexico***

**RIO TIBER 50-101 MEXICO 5, D.F.  
TELEFONOS : 514-47-94 514-47-96**

**SUBSIDIARIA DE  
SEISMOGRAPH SERVICE CORPORATION  
6200 East 41st. St. • Box 1590 • Tulsa, Oklahoma, U.S.A.**

**ESPECIALIZADOS EN :**

**SERVICIO DE  
GEOFISICA**

- Levantamientos :**
- Sismológicos
  - Gravimétricos
  - Magnetométricos
  - Procesado de Datos Magnéticos
  - LORAC-Levantamiento Electrónico

**SERVICIO DE  
REGISTRO DE POZOS**

- Registros para Evaluación de Formaciones
- Registros de Pozos de Producción
- Servicio de Terminación Permanente
- Registro Continuo de Velocidad

**C A A , S.A.**

**EXPLORACION**

**Y**

**PERFORACION**

**Bruselas No. 10 3<sup>er</sup>. Piso**

**Tel. 546-63-77**

**MEXICO 6, D. F.**

# **BOLETIN**

**de la**

## **Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración**

---

### **S U M A R I O**

Principios Basicos para el Procesado  
Digital de Datos Sísmicos.

Primera Parte.

Por: Ing. Héctor Palafox R.

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION

MESA DIRECTIVA PARA EL PERIODO 1974-1976

Presidente: Ing. Raúl Silva Acosta  
Vicepresidente: Ing. Felipe Neri España  
Secretario: Ing. Andrés Ramírez Barrera  
Tesorero: Ing. David Juárez T.  
Editor: Ing. Antonio Deza Suárez  
Vocales: Ing. Fabián C. Chavira  
Ing. Raymundo Aguilera  
Ing. Rafael Chávez Bravo  
Ing. Luis Madrigal U.  
Ing. Héctor Palafox R.

Presidente saliente: Ing. Antonio C. Limón

---

Este boletín no se hace responsable de las ideas emitidas en los artículos que se publiquen, sino sus respectivos autores.

---

Este boletín se publica cada tres meses y se distribuye gratuitamente a los socios.

---

Cuota anual para miembros de la AMGE	\$ 200.00
Subscripción anual (no socios)	\$ 250.00
Números sueltos	\$ 75.00

---

Para todo asunto relacionado con el boletín: manuscritos, asuntos editoriales, subscripciones, descuentos especiales a bibliotecas públicas o Universidades, publicaciones, anuncios, etc., dirigirse a:

ING. ANTONIO DEZA S .  
Apdo. Postal 53-077  
México 17, D.F.

Imprenta VERDIGUEL  
Mar de Japón 39-A  
México 17, D.F.  
Tel. 527-42-68

## PRINCIPIOS BASICOS PARA EL PROCESADO DIGITAL DE

DATOS SISMICOS. \*

PRIMERA PARTE.

Por: Ing. Héctor Palafox R. \*\*

R E S U M E N

La finalidad de este artículo, es tratar de describir en forma general, la teoría básica que emplean los recientes métodos de procesamiento digital. Los conceptos básicos y la terminología se presentan sin profundizar en la teoría, con objeto de entender y evaluar en forma cualitativa, - los nuevos métodos de procesamiento digital de información sísmica empleando computadoras digitales de alta velocidad.

\* Artículo presentado dentro del 1er. Tomo del Curso de - Entrenamiento sobre Principios de Grabación y Procesado Digital de Datos Sísmicos preparado por el Ing. Héctor Palafox para la Compañía Mexicana de Exploraciones, S. A., en el año de 1974.

\*\* Centro de Procesamiento Geofísico. I.M.P.

PRINCIPIOS BASICOS PARA EL PROCESADO DIGITAL DE DATOS SISMICOS.1.- INTRODUCCION.

Originalmente la teoría de las comunicaciones fue desarrollada para resolver problemas relacionados con la telefonía, radio, radar y sonar, en donde cada uno de ellos tiene como todo sistema clásico de comunicación, su fuente de excitación ó información, un canal de transmisión y un receptor.

En forma similar, el método sísmico puede ser considerado un proceso de comunicación y aplicarle las teorías de la comunicación con criterio geofísico, mediante procesos matemáticos apropiados (Treitel y Robinson 1966). En este sistema la tierra es el medio de propagación, donde la señal creada por una explosión de dinamita ó una fuente de excitación tal como el --- VIBROSEIS\*, es transmitida en todas direcciones a través de la tierra, con cambios de amplitud y fase, para que finalmente sea detectada por un receptor y registrada en un equipo sismológico.

En los sistemas de telefonía y de radio, la información transmitida es la señal misma, mientras que en los de radar, sonar y sísmico lo que es más importante, es el tiempo de viaje de la señal.

Sin embargo antes de que el tiempo de viaje pueda ser determinado, la señal debe ser identificada dentro del ruido y en este aspecto todos los sistemas son parecidos.

Desafortunadamente el geofísico no conoce con exactitud la señal sísmica aplicada y sólo una idea general se tiene de ella, además como en los otros casos de comunicación, se tiene el problema de identificar la señal útil detectada en la superficie en presencia de ruido.

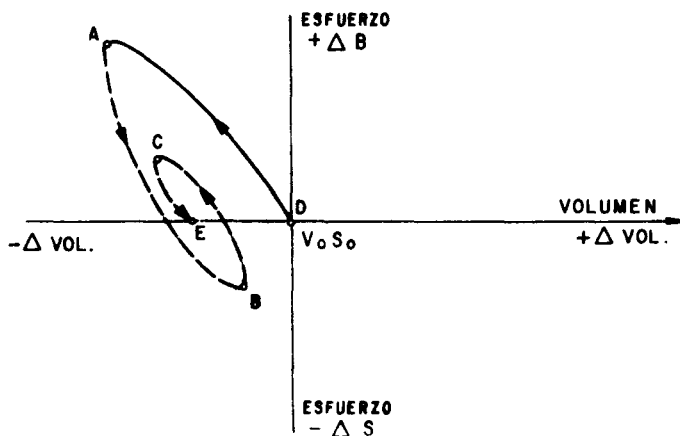
\* Nota: Marca Registrada de la Continental Oil Company.



## 2.- DESCRIPCION DEL SISTEMA SISMOLOGICO DE REFLEXION.

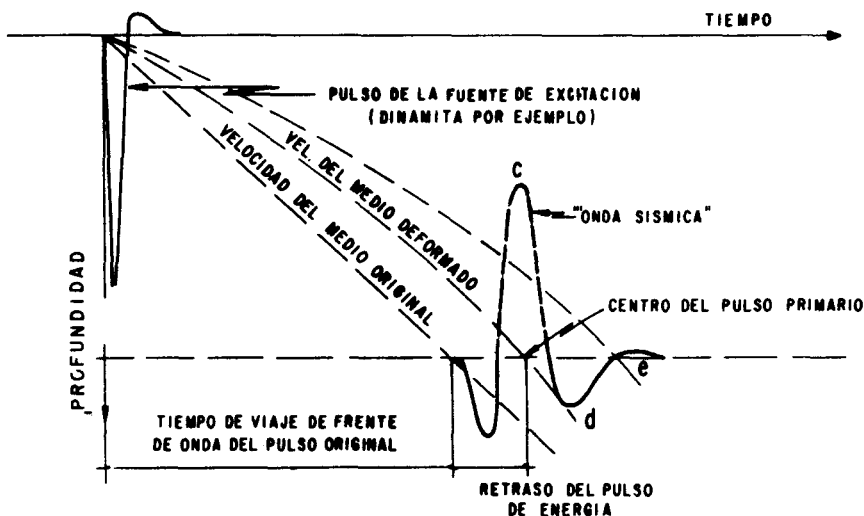
El sistema de comunicación sismológico empleado en el método de reflexión, se puede describir a grandes rasgos en la siguiente forma (Peterson et Al. 1955).

- a).- La señal generada por la fuente de excitación como la dinamita, produce un intenso pulso de muy corta duración y un gran contenido de frecuencias.
  - b).- La intensidad del impulso generado en la fuente de excitación es tan grande, que los materiales que la rodean son sometidos a esfuerzos que van más allá de los límites elásticos, elevándolos a la deformación parcial ó casi permanente, alterando el volumen de las rocas como se muestra esquemáticamente en la figura No. 1.
  - c).- Estos cambios de volumen ó deformaciones de las rocas, producen cambios de la velocidad de propagación de las ondas elásticas, proporcionales a los esfuerzos y deformaciones de la roca, los cuales son mostrados en la figura No. 2. - La parte inicial de la onda viaja con la velocidad del medio  $V_1$  antes de su deformación (proporcional a la curva cerca de  $V_0$   $S_0$ ).
- Sin embargo después de que el material sobrepasa el límite elástico y entra en la deformación permanente, la velocidad de propagación de la energía disminuye, haciendo que parte de la energía transmitida se retrase. Debido a este retraso de energía y a otros factores relacionados con la divergencia esférica de la onda, el impulso de corta duración -- generado, se transforma en una "Onda Sísmica" de mayor duración, tal como lo muestra la figura No. 2 cuyo centro está retrasado algunos milisegundos con respecto al frente del pulso original.



CURVA DE TENSION Y DEFORMACION DE UNA ROCA AL APLICARLE UN FUERTE PULSO DE COMPRESION CAUSADO POR UNA EXPLOSION.

FIGURA 1



GENERACION DE LA ONDA SISMICA QUE SE GENERA DE LA EXPLOSION DE UNA DINAMITA O FUENTE DE EXCITACION

FIGURA 2



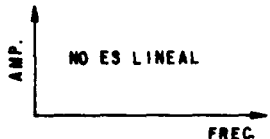
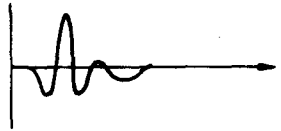
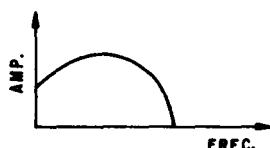
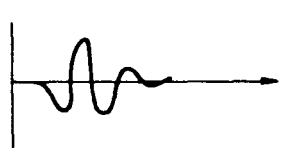
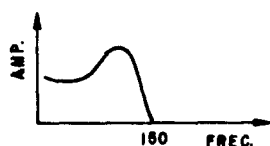
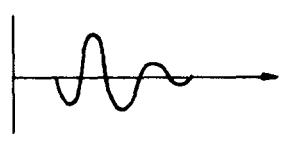
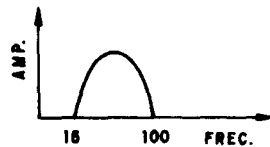
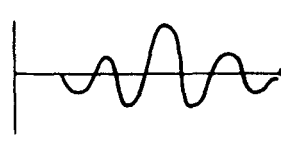
- d).- Esta onda sísmica es denominada por algunos "Pulso de Ricker"\* y en general varfa de amplitud y duración dependiendo del tipo de energía empleada y material que rodea la fuente de excitación.
- e).- Esta onda a medida que se propaga a través de la tierra, pierde energía y componentes de alta frecuencia, aumentando su duración en tal forma que al reflejarse y llegar a la superficie sólo una pequeña amplitud de la señal se detecta, con un aspecto un tanto diferente al impulso original como lo muestra la figura No. 3. Esto es debido al filtrado propio que sufre la onda desde su generación, -- transmisión en la tierra, detección en la superficie, --- respuesta del detector y equipo de registro, etc. (Anstey, 1960), sin tomar en cuenta los eventos anormales y ruidos extras que le son sumados al detectarse.
- f).- Al detectarse las ondas sísmicas reflejadas provenientes de los diferentes estratos del subsuelo, se registran junto con una gran cantidad de señales anormales ó ruidos, -- que hacen muy difícil la identificación de señales profundas ó débiles, que pueden estar directamente relacionados con condiciones geológicas propias para el acumulamiento de hidrocarburos.

### 3.- ANALISIS DE LAS SEÑALES SISMICAS.

Como la señal útil (que llamaremos simplemente señal), recibida en la superficie viene envuelta con una gran cantidad de ruidos indeseables, su extracción es difícil de hacer.

Uno de los medios para identificarla, es analizar y clasificar las señales sísmicas registradas por medio de sus principales características de: frecuencia, amplitud y duración:

\*Nota: La forma de onda de este pulso, llamado comunmente Pulso de Ricker, ha sido estudiado con todo cuidado por Norman Ricker (1953).

EFFECTO DE FILTRADO PRODUCIDO POR:	RESPUESTA DE FILTRO EQUIVALENTE	TIPO DE PULSO GENERADO Ó ONDA GENERADA.
EXPLOSION (FUENTE DE EXCITACION)		
REGION QUE RODEA LA FUENTE DE EXCITACION		
EFFECTO DE FILTRADO NORMAL DE LA TIERRA		
FILTRADO DE ACOPLAMIENTO ENTRE DETECTOR Y TIERRA		
EFFECTO DE FILTRADO DEL SISMODETECTOR Y EQUIPO DE GRABACION		

EFFECTO DE FILTRADO A LO LARGO DEL VIAJE  
DE LA "ONDA SISMICA" DESDE SU GENERACION  
HASTA SU DETECCION

FIGURA 3

- a).- Las señales sísmicas tienen un rango muy limitado de frecuencias, que van de 1 a 100 Hz.
- b).- El rango dinámico de la señal que se llega a registrar es demasiado pequeño (120 db).
- c).- La duración de las señales sísmicas es corta y oscila de 4 a 7 segundos.

### 3.1.- Clasificación de las Señales por Frecuencia.

Analizar y clasificar las señales sísmicas por frecuencia es muy útil, pues algunas de ellas son fácilmente -- identificables por su frecuencia.

- a).- Los ruidos ocasionados por ondas superficiales (Ground Roll) son producidos principalmente por ondas Rayleigh de baja frecuencia de 10 a 35 c/s.
- b).- Los ruidos de viento y de pozo son de alta frecuencia de 65 a 100 Hz.
- c).- Las inducciones de C.A. son generalmente de 50 y 60 Hz.
- d).- La banda de señales útiles son del orden de 20 a 70 c/s.

Bajo este punto de vista, gran cantidad de ruidos pueden ser eliminados por un simple filtro de frecuencias, pero desafortunadamente se tiene una gran cantidad de ruidos con la misma frecuencia de las señales sísmicas útiles, tales como reverberaciones marinas (ringing), difracciones, múltiples, refracciones etc., que no pueden ser eliminadas ó atenuados por medios de filtros de frecuencia y es necesario la aplicación de un tipo de filtrado óptimo.

Es deseable grabar con la máxima linealidad y con el más alto rango dinámico que sea posible para detectar pequeñas señales relacionadas con estructuras profundas, cambios de facies etc.

Actualmente este rango dinámico está limitado a 120 db, por el tipo de fuente de energía y detectores que se emplean.

### 3.2.- Transformada de Fourier.

Una señal analógica es frecuentemente expresada como una función continua del tiempo y de amplitud variable -- (también variable en polaridad), la que puede ser periódica ó aperiódica, en esta forma en la cual la amplitud varía en función del tiempo, se dice que la señal es expresada en el dominio del tiempo. Esta señal variando con el tiempo puede ser considerada estar formada por un grupo de señales de frecuencia individual de diferentes amplitudes y fases. Cuando la señal es expresada en términos de las amplitudes de sus componentes contra frecuencia y las fases de sus componentes contra frecuencia, se dice que está expresada en el dominio de la frecuencia.

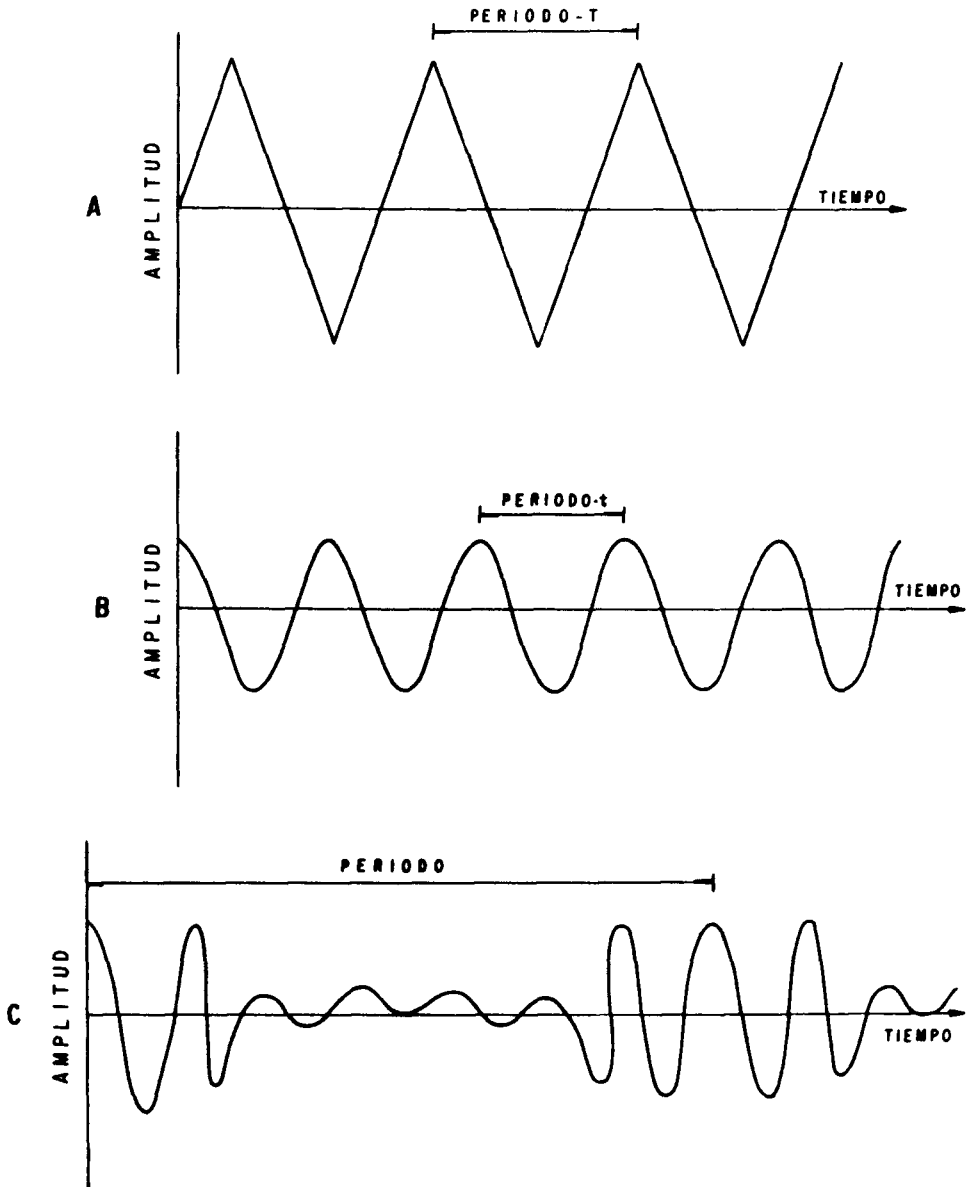
Si una señal en el dominio del tiempo se repite con cierta periodicidad una y otra vez en un tiempo "T", denominado período fundamental de la señal, como lo muestra la figura No. 4, se dice que la señal es periódica y analógica. Donde la frecuencia fundamental está dada por:

$$F = \frac{1}{T}$$

y los desplazamientos de la señal en el tiempo, se pueden relacionar directamente con los cambios de fase, como se muestra en la figura No. 5.

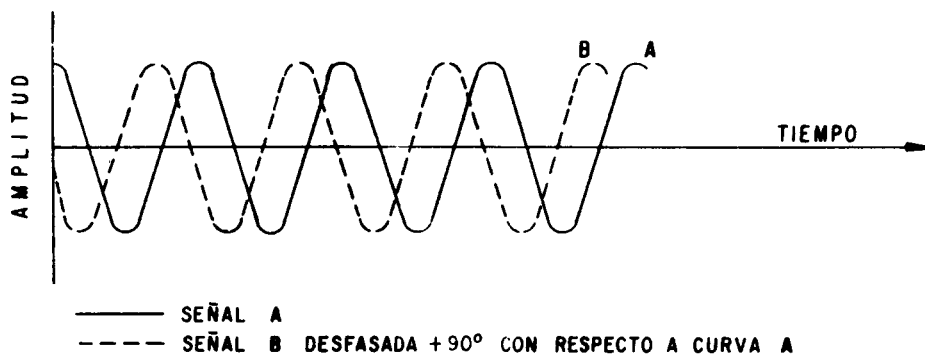
Una señal no periódica y analógica, en el dominio del tiempo, tal como la muestra la figura No. 6, es aquella que sus variaciones de amplitud no son repetitivas con el tiempo.

Las señales sísmicas por su composición que dependen de la geología del subsuelo y del sistema de transmisión, se



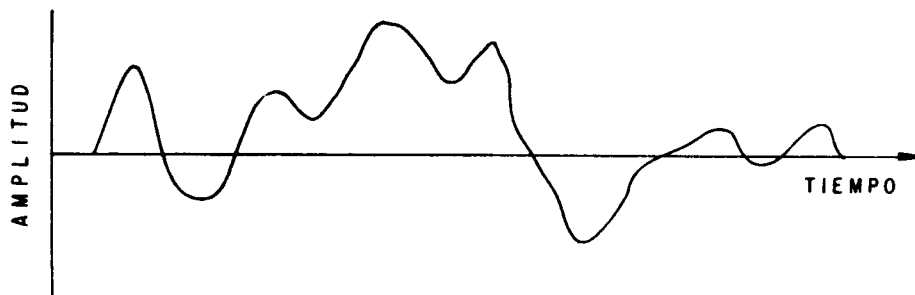
REPRESENTACION GRAFICA DE SEÑALES  
ANALOGICAS Y PERIODICAS

FIGURA 4



SEÑAL DESFASADA A  $90^\circ$

FIGURA 5



SEÑAL APERIODICA Y ANALOGICA

FIGURA 6



consideran no periódicas y analógicas.

Empleando la Transformada de Fourier, es posible pasar señales analógicas del dominio del tiempo; al dominio de las frecuencias y expresarlas en términos de sus componentes de frecuencia.

La principal ventaja de esta transformación es - que permite analizar las señales sísmicas (que originalmente fueron registradas en el dominio del tiempo), en el dominio de las frecuencias por medio de los espectros de amplitud y de fase y, así determinar con mayor exactitud los procesos de rutina y entender mejor los métodos aplicados.

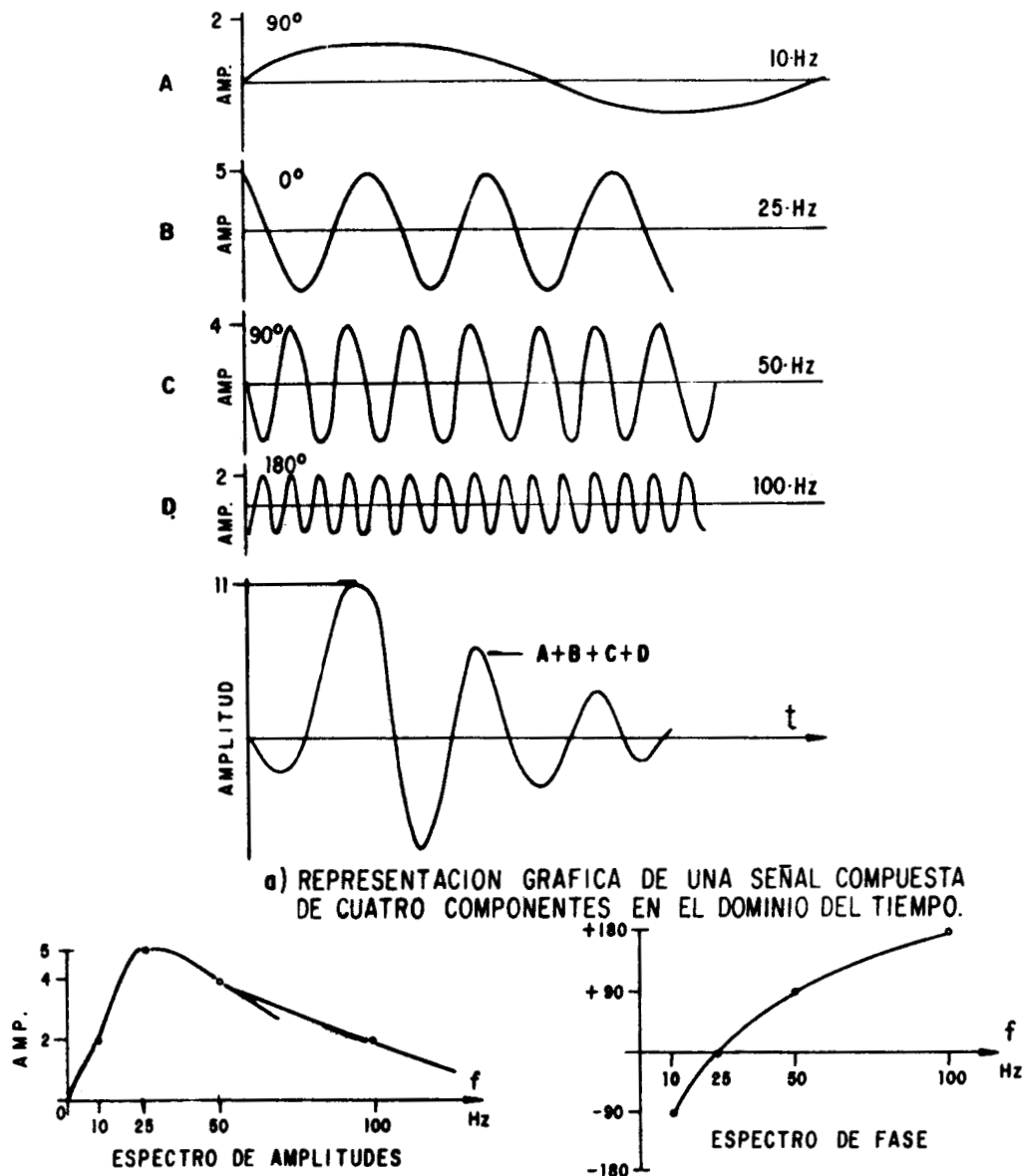
El espectro de amplitud es la gráfica en el dominio de las frecuencias, la cual muestra la amplitud de los diferentes componentes de frecuencia contenidos en una señal. Un ejemplo de este espectro se muestra en la figura No. 7.

El espectro de fase, es una gráfica también en el dominio de las frecuencias, el cual muestra la fase relativa de los diferentes componentes de frecuencia que integran una señal determinada (Figura No. 7).

Como la transformada de Fourier (TF) es reversible, también es posible transformar una señal sísmica ó una periódica, expresada en el dominio de las frecuencias, al dominio del tiempo por medio de la Transformada Inversa de Fourier (TIF).

### 3.2.1.- Transformada de Fourier de una Función Periódica y Analógica.

La transformada de Fourier de una función periódica  $b(t)$  se define como:



REPRESENTACION GRAFICA DE UNA SEÑAL EN EL DOMINIO DEL TIEMPO Y DE LAS FRECUENCIAS

FIGURA 7

$$B(n) = \frac{1}{T_0} \int_{-\frac{T_0}{2}}^{\frac{T_0}{2}} b(t) e^{-i 2 \pi f_0 t} dt \dots \dots \dots I$$

para  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

o bien

$$B(n) = \underbrace{\frac{1}{T_0} \int_{-\frac{T_0}{2}}^{\frac{T_0}{2}} b(t) \cos(2 \pi f_0 t) dt}_{R_n} - i \underbrace{\frac{1}{T_0} \int_{-\frac{T_0}{2}}^{\frac{T_0}{2}} b(t) \sin(2 \pi f_0 t) dt}_{I_n}$$

$$B(n) = R_n + i \quad \therefore I_n = - \frac{1}{T_0} \int_{-\frac{T_0}{2}}^{\frac{T_0}{2}} b(t) \sin(2 \pi f_0 t) dt$$

La transformada inversa de Fourier se expresa:

$$b(t) = \sum_{n=-\infty}^{n=\infty} B(n) e^{i 2 \pi f_0 t n}$$

En la ecuación (1),  $B(n)$  es el espectro de frecuencias dado por:

$$B(n) = |B(n)| e^{i \Theta_n}$$

en donde  $B(n)$  es el espectro de amplitud y  $\Theta_n$  el espectro de fase y  $F_0$  es la frecuencia fundamental de la señal (Titchkosky, 1967).

donde

$$|B(n)| = \sqrt{R_n^2 + I_n^2} \quad \text{y} \quad \Theta_n = \text{Arc Tan } \frac{I_n}{R_n}$$

### 3.2.2.- Transformada de Fourier para una función Aperiódica.

La Transformada de Fourier para una señal aperiódica se define como:

$$B(f) = \int_{-\infty}^{\infty} b(t) e^{-i 2 \pi f t} dt$$

o bien

$$B(f) = \underbrace{\int_{-\infty}^{\infty} b(t) \cos(2 \pi f t) dt}_{R(f)} - i \underbrace{\int_{-\infty}^{\infty} b(t) \sin(2 \pi f t) dt}_{I_n}$$

$= R(f) + i I_n$

donde  $b(t)$  es la función en el dominio del tiempo y  $B(f)$  es la Transformada de Fourier de  $b(t)$ .

En donde  $|B(f)|$  es el espectro de amplitud definido como:

$$|B(f)| = \sqrt{R^2(f) + I^2(f)}$$

y el espectro de fase es  $\Phi(f) = \text{Arc Tan } \frac{I(f)}{R(f)}$

en tal forma que  $B(f) = |B(f)| e^{i\Phi(f)}$  la cual asocia a cada componente de frecuencia, su amplitud y su fase.

La Transformada de Inversa de Fourier se define como:

$$b(t)$$

Ejemplo:

La función de la Figura 8 a cuya expresión es:

$$b(t) = \begin{cases} a & \text{para } -T_0 \leq t \leq T_0 \\ 0 & \text{para } -T_0 > t > T_0 \end{cases}$$

Aplicando la Transformada de Fourier.

$$B(n) = \int_{-T_0}^{T_0} b(t) e^{-i2\pi f t} dt = \int_{-T_0}^{T_0} a e^{-i2\pi f t} dt$$

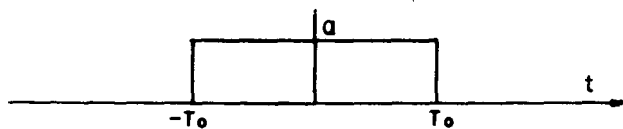
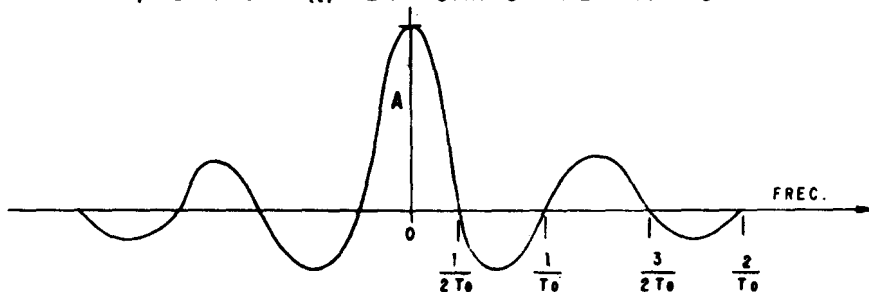
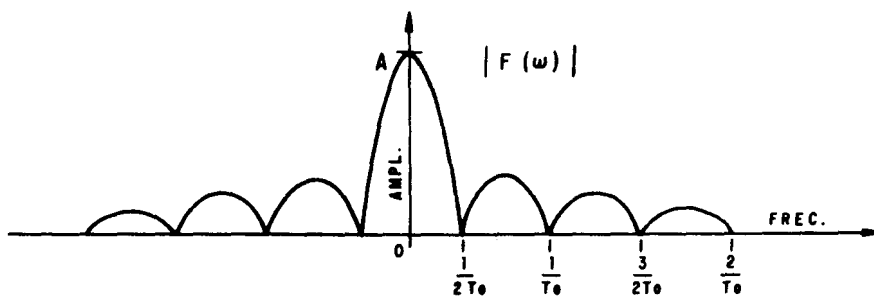
$$B(n) = -\frac{a}{2\pi f i} \left[ e^{-2i\pi f_0 T_0} - e^{2i\pi f_0 T_0} \right]$$

$$B(n) = \frac{a}{\pi f} \sin(2\pi f T_0)$$

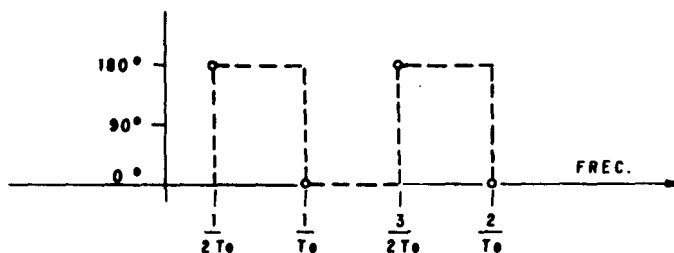
haciendo  $A = 2a T_0$  entonces  $a = \frac{A}{2T_0}$  así que

$$B(n) = A \frac{\sin(2\pi f T_0)}{2\pi f T_0}$$

Representada en la Figura 8 b donde el espectro de amplitudes es representado con la Figura 8 c y el de fase con la Figura 8 d.


 a) SEÑAL  $f(t)$  EN DOMINIO DEL TIEMPO

 b) GRAFICA QUE REPRESENTA LO TRANSFORMADO DE FOURIER DE  $f(t)$ 


c) ESPECTRO DE AMPLITUD



d) ESPECTRO DE FASE

 TRANSFORMADA DE FOURIER DE  $f(t)$ 

FIGURA-8

### 3.2.3.- Transformada de Fourier para señales no periódicas digitizadas.

La Transformada de Fourier de una función  $b(t)$  digitizada con valores  $b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$  se define como:

$$B(f_k) = \sum_{r=0}^n b_r e^{-i2\pi f_r \Delta t}$$

o bien

$$B(f_k) = \underbrace{\sum_{r=0}^n b_r \cos(2\pi f_r \Delta t)}_{R_f} - i \underbrace{\sum_{r=0}^n b_r \sin(2\pi f_r \Delta t)}_{I_f}$$

$$B(f_k) = R_f + i I_f \quad . \quad . \quad I_f = - \sum_{r=0}^n b_r \sin(2\pi f_r \Delta t)$$

Donde  $B(f_k)$  es la Transformada de Fourier de la función  $b(t)$ . Su espectro de amplitud es  $|B(f_k)| = \sqrt{R_f^2 + I_f^2}$  y el espectro de fase es:

$$\Theta(f_k) = \text{Arc Tan} \left( \frac{I_f}{R_f} \right)$$

Como se emplean señales discontinuas (ya que -- fueron digitizadas a ciertos intervalos de tiempo), el espectro continuo  $B(f_k)$  no puede ser evaluado en forma continua, por lo -- tanto  $B(f_k)$  se calcula para  $f_k = 0, \Delta f, 2\Delta f, \dots, f_N$ , donde  $\Delta f$  es -- el intervalo de frecuencias con que se obtiene el espectro de -- frecuencias, definido como:

$$\Delta f = \frac{f_N}{M}$$

Donde  $M$  es el número de componentes de frecuencia del espectro -- de frecuencias y  $f_N$  es la frecuencia de Nyquist; definida como:

$$f_N = \frac{1}{2\Delta t}$$

Haciendo las operaciones algebraicas, la Transformada de Fourier para funciones no periódicas y digitizadas es:

$$B(f_k) = \sum_{r=0}^N b_r e^{-i\pi \frac{K}{M} r}$$

donde

$$f_k = \frac{K}{M} f_N \quad \text{y} \quad f_N = M \Delta f$$

### 3.3.- Composición de las Señales Sísmicas.

La consideración básica en el análisis y procesado de la información sísmica, es que cualquier señal sísmica, - está compuesta de un número finito de componentes de frecuencia con amplitud y fase propia.

Cualquier componente puede ser representado en - el dominio del tiempo por una onda consenoidal, graficada en amplitud con respecto al tiempo, como lo muestra la curva A de la Figura 9.

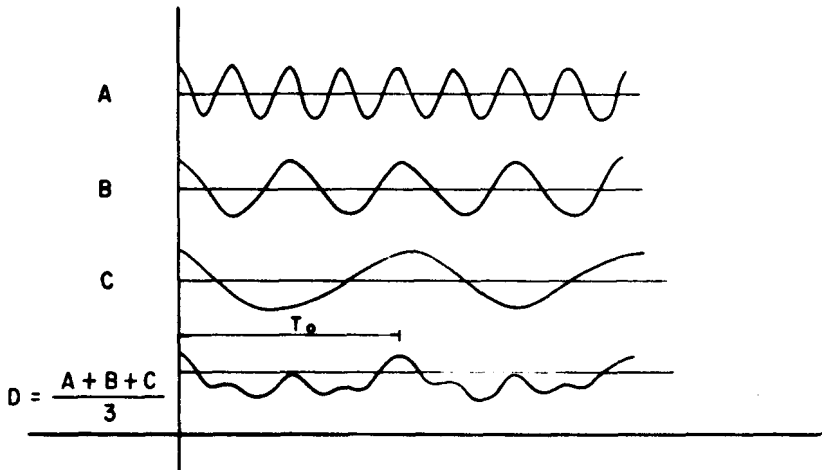
Tratándose de señales periódicas, la suma de 2 ó más señales, dará una señal más compleja como lo muestra la Figura 9, la cual seguirá teniendo una frecuencia fundamental. En esta figura se muestran 3 señales en fase de 2, 4, y 8  $H_z$ ; las - cuales sumadas y "Normalizadas" en amplitud dan la curva -----  

$$\frac{A + B + C}{3}$$

Cualquier variación en la fase de alguna de las componentes, variará la forma de la onda, pero no la periodicidad; tal como se muestra en la Figura No. 10. Un caso similar pasa cuando la amplitud de una de las componentes se varía, permaneciendo la misma periodicidad.

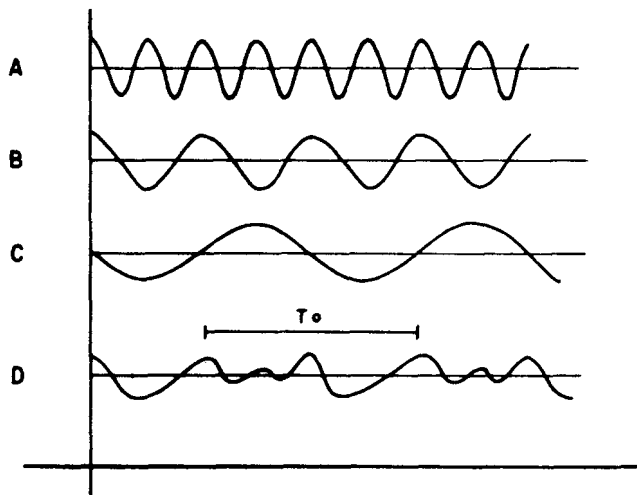
Por medio de este proceso, señales más complejas pueden ser obtenidas por medio de la suma de varias ondas en -- las que la fase y amplitud de dichas componentes varía.

La señal sísmica por su caracterfstica puede considerarse como una señal muy compleja con diferentes componentes con amplitud y fase variable, la cual puede mostrarse en la Figura 11, (Lindseth 1971). Dicha figura, fue obtenida mediante la



SUMA DE 3 SEÑALES EN FASE

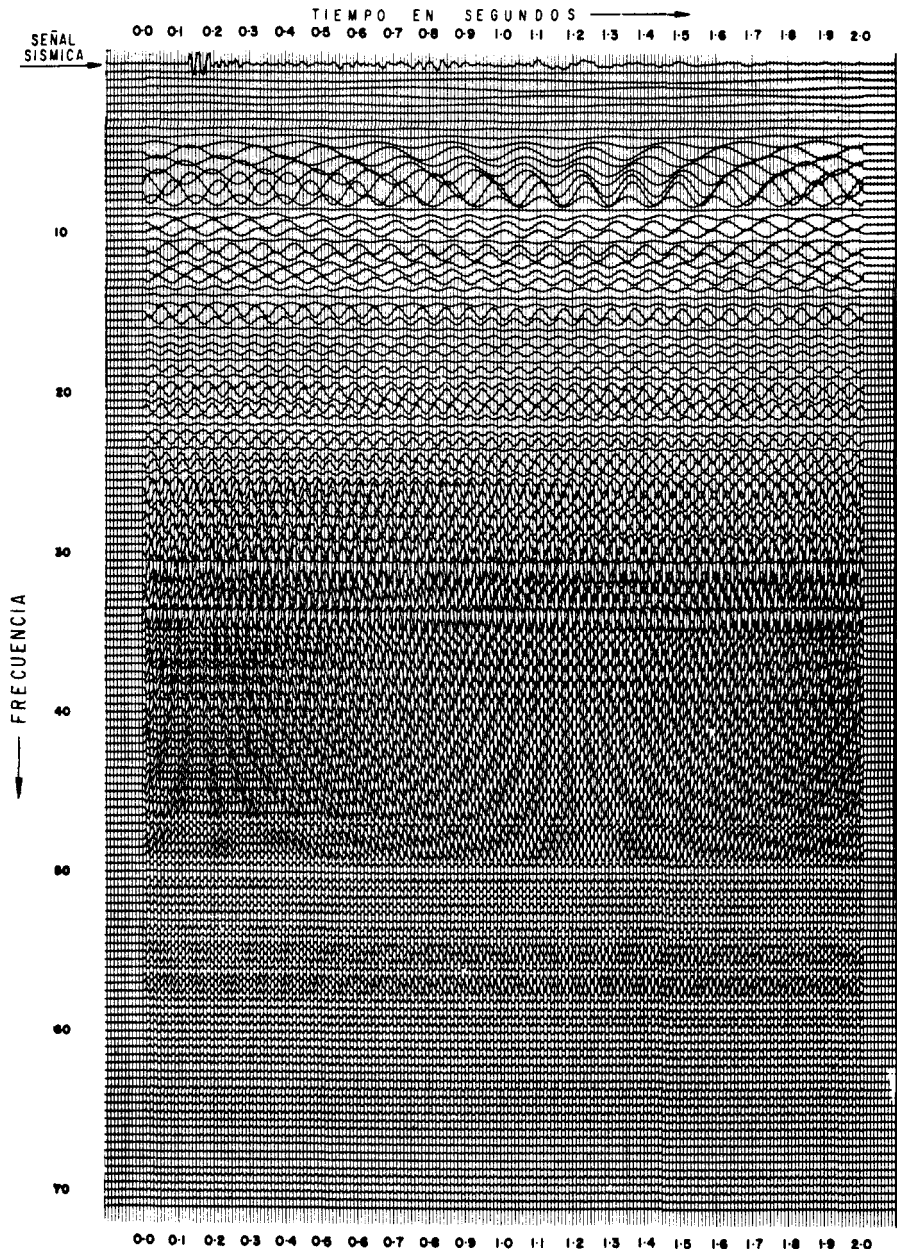
FIGURA · 9



SUMA DE 3 SEÑALES  
CON UNA DE ELLAS FUERA DE FASE

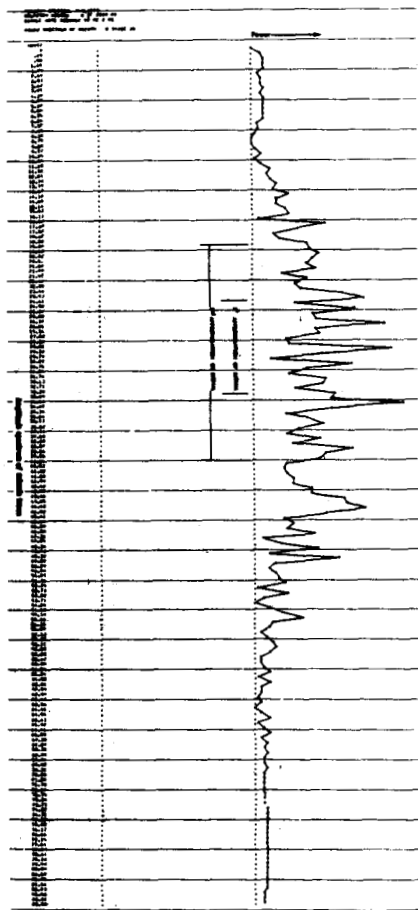
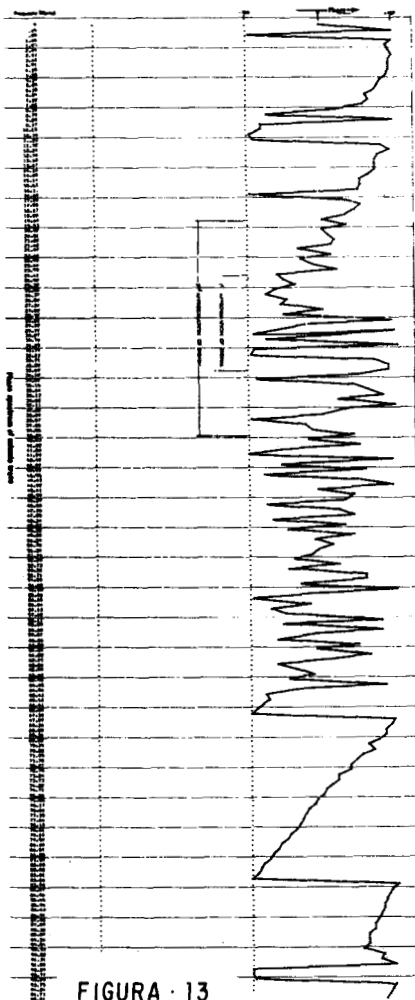
FIGURA · 10





COMPONENTES DE LA SEÑAL SISMICA EN EL DOMINIO DEL TIEMPO FIG.11

FIGURA OBTENIDA DEL ARTICULO DEL SR. LINSETH R.O. 1971.

FIGURA · 12FIGURA · 13

ESPECTROS DE AMPLITUD Y FASE DE LA SEÑAL SISMICA  
DE LA FIGURA · 11

FIGURAS OBTENIDAS DEL ARTICULO DEL SR. LINSETH R.O. 1971.

aplicación de la Transformada de Fourier siguiendo los siguientes pasos:

- a).- A una señal sísmica en el dominio del tiempo se le aplica la Transformada de Fourier.
- b).- Se obtienen sus espectros de amplitud y fase, figuras 12 y 13 (Lindseth 1971).
- c).- Graficar en el dominio del tiempo las componentes de frecuencia con su amplitud y fase respectiva, como lo muestra la figura 11. Donde al sumar y normalizar las componentes de señal con su fase y amplitud, forman la señal sísmica mostrada en la parte superior de dicha figura.

La facilidad de poder separar una señal en sus componentes de frecuencia, es una arma muy poderosa para analizar y procesar la información sísmica y obtener secciones sísmológicas que faciliten la interpretación geológica de un área en exploración.

#### 4.- CONVOLUCION.

La Convolución es un proceso matemático, empleado para realizar el filtrado digital en el dominio del tiempo.

Una de las aplicaciones más útiles de este proceso, es en el filtrado de frecuencias, realizado en el dominio del tiempo por medio de técnicas digitales. La convolución se expresa matemáticamente para funciones continuas no periódicas como:

$$C = A(t) * B(t) = \int_{-\infty}^{\infty} A(T) B(t-T) dt \dots \dots \dots (4-1)$$

donde  $\tau$  es el desplazamiento de la función B con respecto a la función A.

Para funciones no periódicas y digitizadas la con

volución en una dimensión en el dominio del tiempo, se define -- como:

$$C_l = \sum_{k=0}^M B_k A_{l-k} \quad \text{para } l = 0, 1, 2, 3, \dots, Z \quad (4-2)$$

en donde  $Z = N + M$ ;  $Z + 1 = N^2$  de muestras de la señal de salida

$A = (A_0, A_1, A_2, \dots, A_M)$  es la sucesión de valores que representa la señal de entrada.

$B = (B_0, B_1, \dots, B_M)$  es la sucesión de valores que representa al operador.

$C = (C_0, C_1, \dots, C_Z)$  es la señal de salida

$N + 1 = N^2$  de muestras de la señal A

$M + 1 = N^2$  de muestras de la señal B

En el dominio de frecuencias, la convolución es - equivalente a la multiplicación de los espectros de amplitud del operador y de la señal, y a obtener la suma de los espectros de fase del operador y la señal, para obtener el espectro de amplitud y fase de la señal de salida.

El proceso digital de convolución en el dominio - del tiempo se ilustra con la figura No. 14, en la cual una señal de entrada A, es convuelta con un operador B. La señal A es ilustrada en la traza (a), ésta consta de los valores  $A_0, A_1, \dots, A_N$ , en donde el tiempo avanza hacia la derecha.

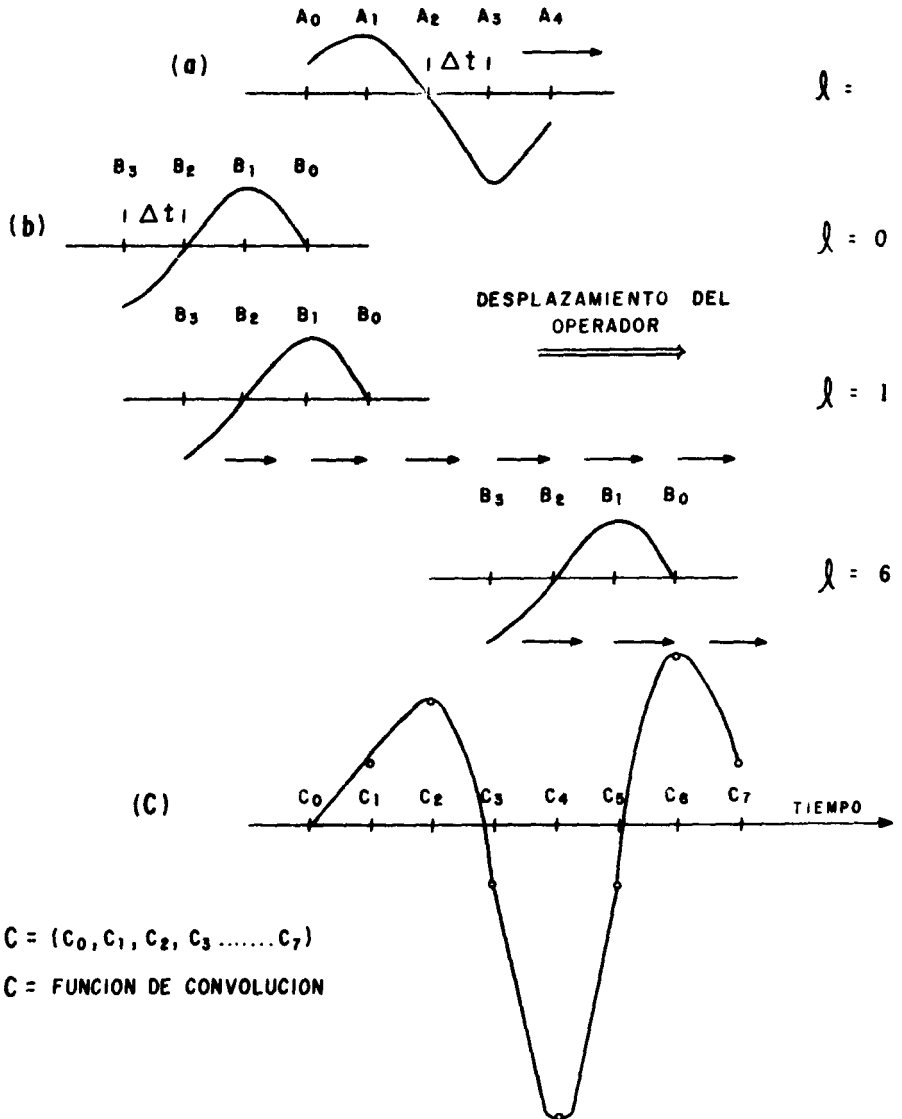
El operador  $B = B_1, B_2, \dots, B_M$  (que puede ser un filtro) es ilustrado por la traza (b), la sucesión de valores  $B_0, B_1, \dots, B_M$ , del operador B se invierten quedando con el - tiempo avanzando hacia la izquierda. El intervalo de muestreo -  $\Delta t$  es el mismo para ambas funciones. La traza (c) representa la señal de salida que resulta el proceso de convolución. (Si el - operador representa un filtro, la señal de salida será la señal filtrada). Esto abarca un número de valores digitales  $C_0, C_1, \dots$

$$A = (A_0, A_1, A_2, \dots, A_M)$$

$$B = (B_0, B_1, \dots, B_M)$$

$$A = (1, 2, 0, -3, -1)$$

$$B = (0, 2, 0, -2)$$



CONVOLUCION DE DOS FUNCIONES DISCRETAS A y B  
EN EL DOMINIO DEL TIEMPO

FIGURA 14

....  $C_2$ , calculados de acuerdo con la ecuación (4-2).

En el caso de la figura 14, tenemos:  $N = 4$ , ---  
 $M = 3$  y  $Z = 7$  y los valores de  $C$  están obtenidos como lo muestra la siguiente tabla de cálculos:

PARA

$l = 0$	$C_0 = B_0 A_0 =$	$= 0$
$l = 1$	$C_1 = B_0 A_1 + B_1 A_0$	$= 0 + 2 \times 1 = 2$
$l = 2$	$C_2 = B_0 A_2 + B_1 A_1 + B_2 A_0$	$= 0 \times (-3) + 2 \times 2 + 0 \times 1 = 4$
$l = 3$	$C_3 = B_0 A_3 + B_1 A_2 + B_2 A_1 + B_3 A_0$	$= 0 \times (-3) + 2 \times 0 + 0 \times 2 + (-2) \times 1 = -2$
$l = 4$	$C_4 = B_0 A_4 + B_1 A_3 + B_2 A_2 + B_3 A_1$	$= 0 \times (-1) + 2 \times (-3) + 0 \times 0 + (-2) \times 2 = -10$
$l = 5$	$C_5 = B_1 A_4 + B_2 A_3 + B_3 A_2$	$= 2 \times (-1) + 0 \times (-3) + (-2) \times 0 = -2$
$l = 6$	$C_6 = B_2 A_4 + B_3 A_3$	$= 0 \times (-1) + (-2) \times (-3) = +6$
$l = 7$	$C_7 = B_3 A_4$	$= (-2) \times (-1) = +2$

$C_0$  es igual al producto de  $A_0$  por  $B_0$ . Esto es, - las 2 funciones (a) y (b) son colocadas en forma tal que los valores iniciales de  $A_0$  y  $B_0$  están coincidiendo en tiempo. Estos valores son multiplicados para dar  $C_0$ .

Después, la función (b) es desplazada un intervalo  $\Delta t$  a la derecha. Entonces  $A_0$  se alinea con  $B_1$  y  $A_1$  con  $B_0$ . - Estos pares son multiplicados y después sumados para dar  $C_1 = A_0 B_1 + A_1 B_0$ . Entonces (b) es desplazada a la derecha otro intervalo  $\Delta t$  y los tres pares de valores son multiplicados y sumados --- para dar  $C_2$ , y así consecutivamente. Finalmente el último valor de  $C$ , el cual es indicado como  $C_7$ , es igual al producto de los -- últimos valores  $A_N$  por  $B_M$ . Los valores de  $C$  calculados son la se cuencia de números que permiten expresar la señal de salida  $C =$

( $C_0, C_1, C_2, \dots, C_N$ ) la cual representa la convolución de la señal A con la señal B.

Como se observa la función de salida C tiene Z - términos, donde  $Z = N + M$ . La duración de la señal de salida es una unidad menos que el tiempo de duración de la señal de entrada A más el operador B. La señal de salida es siempre más grande que la señal de entrada (es igual si el operador sólo tiene un sólo valor).

## 5.- CORRELACION.

La Correlación es un método matemático que permite medir el grado de similitud entre dos funciones  $f(t)$  y  $g(t)$ .

A la correlación que se hace entre dos funciones diferentes se le denomina correlación cruzada. Cuando la correlación de una señal se hace con ella misma se le denomina Auto-Correlación.

La expresión matemática de la correlación cruzada para funciones continuas y no periódicas es:

$$c = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) g(t-T) dt \quad \text{-----} \quad (5-1)$$

Donde T es el desplazamiento de la función  $g(t)$  con respecto a la función  $f(t)$ .

Para funciones discretas no periódicas, la correlación se define como:

$$C_l = \sum_{k=0}^M B_k A_{k+l} \quad \text{-----} \quad (5-2)$$

Donde las funciones A y B están representadas por las secuencias de valores ( $A_0, A_1, A_2, \dots, A_N$ ) y ( $B_0, B_1, B_2, \dots, B_M$ ) respectivamente y  $A_{-1} = A_{-2} = \dots A_{-M} = 0$ ;  $A_N + 1 = A_N + 2$

$$\dots = A_Z = 0$$

1 + N = Número de muestras de la señal A.

1 + M = " " " " " " B.

1 + Z = " " " " " " de salida.

$$Z = N + M$$

Analizando la ecuación 5-2, se observa que la correlación entre las señales A y B se obtiene deslizando una de ellas sobre la otra, en intervalos de Tiempo  $\Delta t$ , efectuando los productos respectivos sumándolos en cada corrimiento. Con este procedimiento los coeficientes de la correlación son calculados para cada corrimiento.

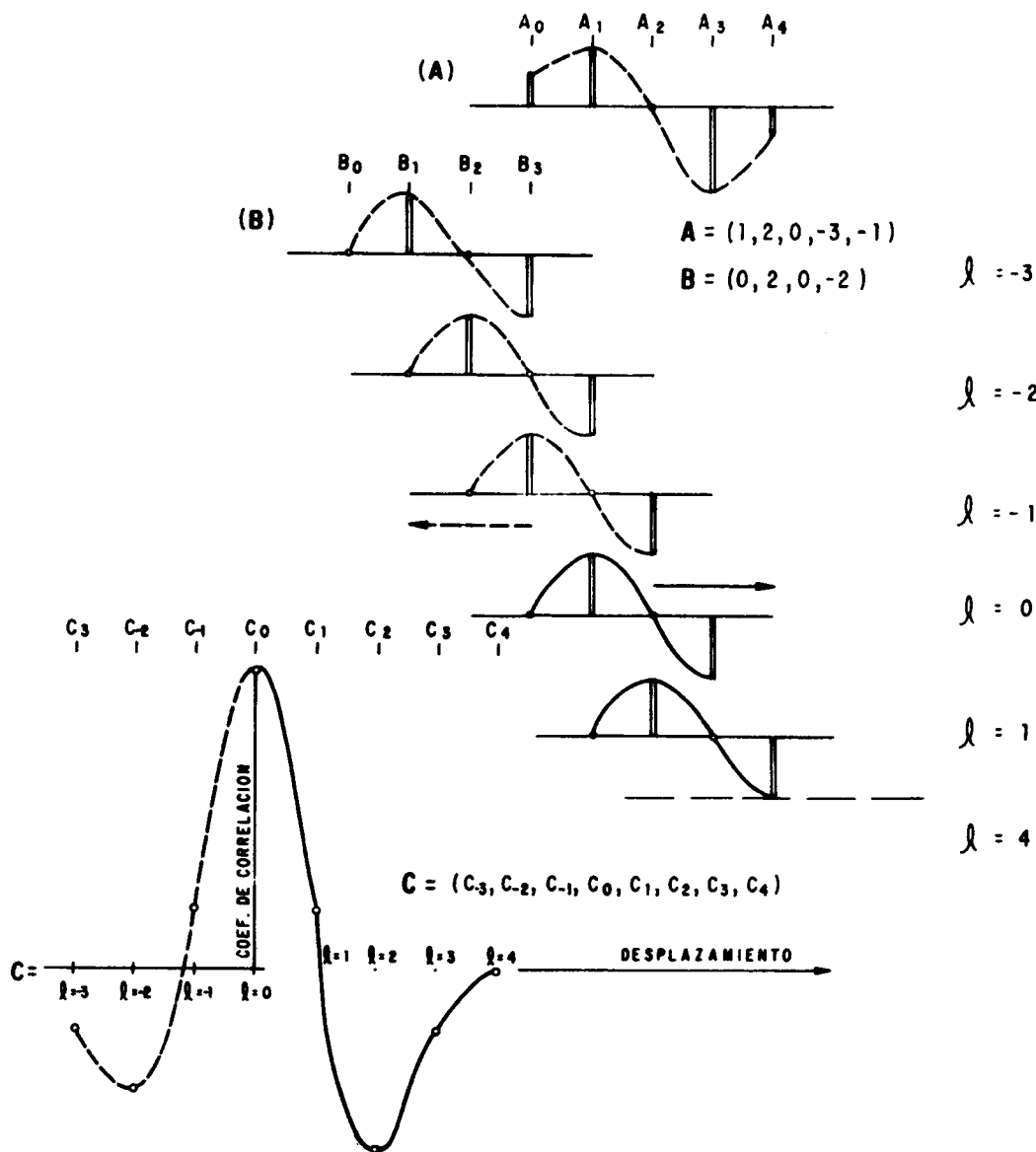
Bajo este concepto se puede ver que el mecanismo para calcular en forma digital la correlación, es el mismo que el empleado en la convolución, únicamente que en la convolución el operador se invierte con respecto al tiempo.

El proceso digital de la correlación en el dominio del tiempo, se ilustra con la figura 15 y los cálculos se presentan en la tabla 2. A y B son las señales de entrada y C la de salida. Al inicio una función A está sobre B en la primera muestra, es decir  $A_0$  coincide con  $B_3$ . De acuerdo con la ecuación 5-2 para  $z = -3$ , el primer coeficiente  $C_{-3}$  es el producto de  $A_0 B_3$ . Después la señal B se corre un intervalo de tiempo  $\Delta t$  a la derecha. ( $z = -2$ ) y el coeficiente de correlación  $C_{-2}$  es la suma de los productos  $A_0 B_2$  y  $A_1 B_3$ .

Nuevamente la función B se desplaza otro intervalo de tiempo  $\Delta t$  a la derecha.  $C_{-1}$  se obtiene de la suma de los productos  $A_0 B_1$ ,  $A_1 B_2$  y  $A_2 B_3$ . Al desplazar nuevamente B, otro intervalo de tiempo  $\Delta t$ , ( $z = 0$ ) la función B queda exactamente abajo de A.

$C_0$  se obtiene de la suma de los productos  $A_0 B_0$ ,  $A_1 B_1$ ,  $A_2 B_2$ ,  $A_3 B_3$ . Después la señal B se corre un intervalo





CORRELACION CRUZADA ENTRE LAS FUNCIONES A y B

FIGURA 15

de tiempo  $\Delta t$ , sumándose los productos  $A_1 B_0, A_2 B_1, A_3 B_2, A_4 B_3$ , para dar el coeficiente  $C_1$  para  $l = 1$ .

Desplazando nuevamente B a la derecha un intervalo  $\Delta t$ , ó sea  $l = 2$ , se obtiene  $C_2$  y así sucesivamente hasta obtener  $C_7$ , que en este caso es  $C_4$ .

En el ejemplo de la figura, se puede notar que la función de correlación es máxima cuando B no tenía ningún corrimiento, lo cual significa que en la posición de  $l = 0$ , la onda B es muy semejante a la onda A y el peor de los casos es cuando B tiene dos desplazamientos a la derecha ( $l = 2$ ).

## T A B L A 2

Mecánica para el cálculo de la correlación cruzada de las funciones A y B de la figura 15.

$A = (1, 2, 0, -3, -1)$ ;  $B = (0, 2, 0, -2)$ ;  $M = 3$ ;  $N = 4$ ,  $Z = 7$ .

Ecuación a  
emplear

$$C = \sum_{k=0}^M B_k A_{k+l} \quad \begin{array}{l} l = -M, -(M-1), \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots, N \\ M=3 \quad N=4 \end{array}$$

PARA

$$l = -3; C_{-3} = B_0 A_{-3} + B_1 A_{-2} + B_2 A_{-1} + B_3 A_0 = 0 + 0 + 0 + 1 \times (-2) = -2$$

$$l = -2; C_{-2} = B_0 A_{-2} + B_1 A_{-1} + B_2 A_0 + B_3 A_1 = 0 + 0 + 1 \times 2 + 2 \times (-2) = -4$$

$$l = -1; C_{-1} = B_0 A_{-1} + B_1 A_0 + B_2 A_1 + B_3 A_2 = 0 + 1 \times 2 + 2 \times 0 + 0 \times 2 = 2$$

$$l = 0; C_0 = B_0 A_0 + B_1 A_1 + B_2 A_2 + B_3 A_3 = 0 \times 1 + 2 \times 2 + 0 \times 0 + (-2) \times (-3) = +10$$

$$l = 1; C_1 = B_0 A_1 + B_1 A_2 + B_2 A_3 + B_3 A_4 = 0 \times 2 + 2 \times 0 + 0 \times (-3) + (-2) \times (-1) = +2$$

$$l = 2; C_2 = B_0 A_2 + B_1 A_3 + B_2 A_4 + 0 = 0 \times 0 + 2 \times (-3) + 0 \times (-1) = -6$$

$$l = 3; C_3 = B_0 A_3 + B_1 A_4 + 0 + 0 = 0 \times (-3) + 2 \times (-1) = -2$$

$$l = 4; C_4 = B_0 A_4 + 0 + 0 + 0 = 0 \times (-1) = 0$$

En el dominio de las frecuencias, la correlación cruzada entre dos funciones (en el caso de sismología entre 2 señales) es el resultado de multiplicar las amplitudes de los espectros de amplitud de las 2 señales (cada una con su correspondiente componente de frecuencia) y sacar la diferencia de fase de cada una de las componentes de frecuencia de los 2 espectros de fase.

Esta propiedad permite comparar 2 señales, dando a conocer las frecuencias comunes de ambas señales y la información relacionada con la diferencia de fase entre las 2 señales, para determinar en el dominio de las frecuencias el grado de similitud que existe entre ellas.

### 5.1.- Autocorrelación.

La autocorrelación se define como la correlación de una señal con ella misma. Mide el grado de similitud de una señal con ella misma desplazándola 1 intervalo.

Para funciones discretas la autocorrelación se define como:

$$R_L = \sum_{K=-N}^N B_K \cdot B_{K+L} \quad \text{-----} \quad (5-3)$$

Para  $L = -N, -(N-1), \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots, N$ .

$B = (B_0, B_1, B_2, B_3, \dots, B_N)$

$N + 1 =$  Número de muestras de la señal  $B$ .

$L =$  Número de corrimientos de  $B$  con respecto a ella misma.

$+ 1 =$  Número de muestras de la señal de salida.

$= 2 N$ .

Como la función de autocorrelación es par, es decir, es una función simétrica alrededor del eje  $= 0$ , los coeficientes de la autocorrelación, para corrimientos negativos ( $R_1$ ,

$R_2 \dots R_N$ ), serán idénticos a los coeficientes  $R_1, R_2 \dots R_n$  respectivamente y por lo tanto con calcular la autocorrelación para corrimientos positivos es más que suficiente empleando la siguiente ecuación:

$$R_L = \sum_{k=0}^N B_k \cdot B_{k+L} \dots \dots \dots (5-4)$$

para  $L=0,1,2,\dots,N$

El proceso digital de la autocorrelación en el dominio del Tiempo se ilustra en la figura No. 16 y los cálculos en la Tabla No. 3.

En este caso se hace uso de la ecuación 5-4 para calcular los coeficientes de la autocorrelación en forma simétrica al de la correlación.

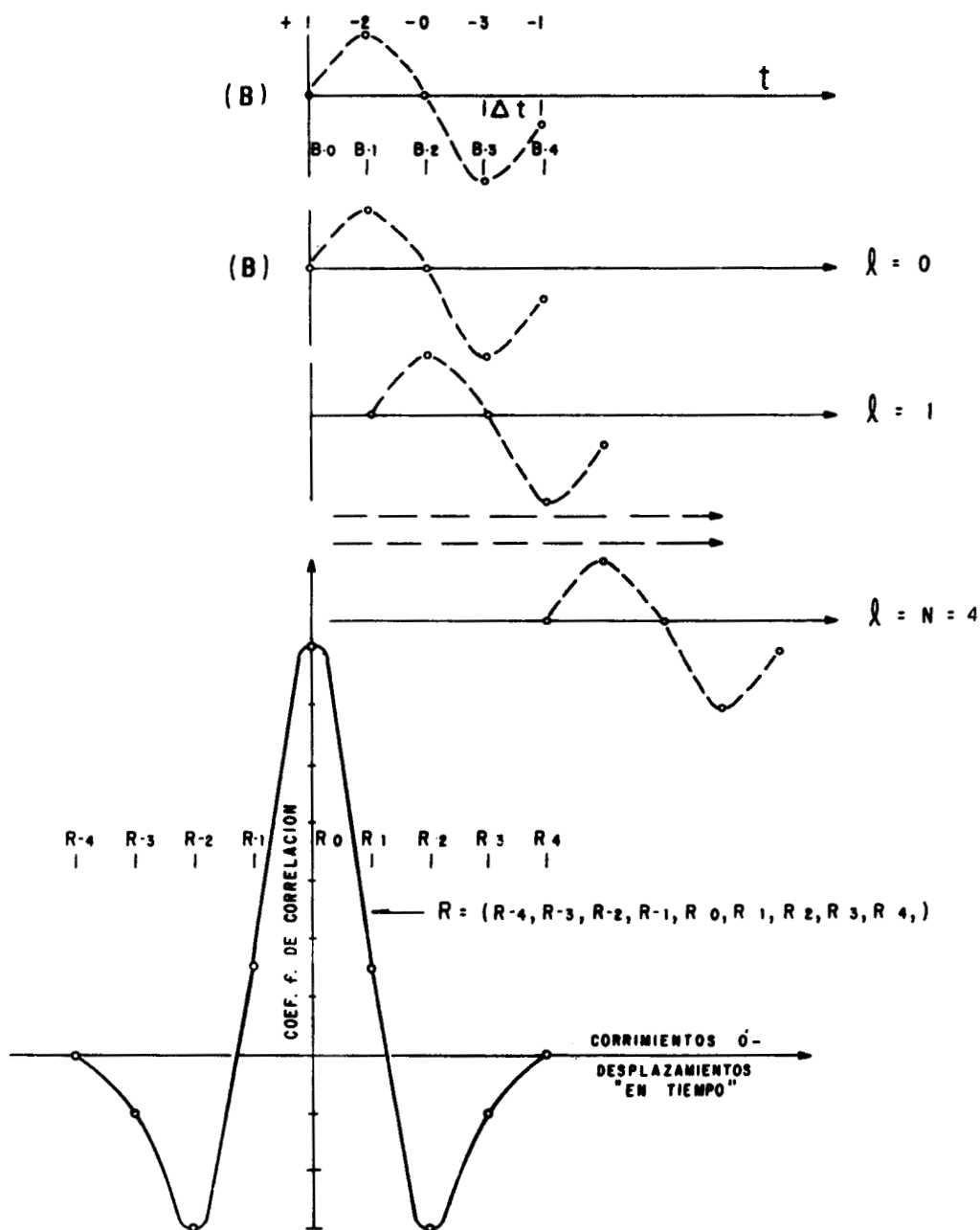
La curva R representa la función de la autocorrelación de la función B la que se observa que cuando la función coincide con ella misma el coeficiente de correlación es máximo e indica que en esa posición es el lugar en que la función es idéntica a ella misma.

Una de las propiedades de la autocorrelación es - que permite calcular la energía total de la onda, la cual está - representada por  $R_0 = b_0^2 + b_1^2 + \dots + b_n^2$ .

En el dominio de las frecuencias, la autocorrelación es equivalente a elevar al cuadrado el espectro de amplitud y sacar la diferencia de las fases de cada una de las componentes del espectro de fases.

Como en este caso las componentes tienen la misma fase la diferencia de fase es 0.

Por lo que se dice que la función es autocorrelación tiene su espectro de amplitud al cuadrado pero conteniendo las mismas componentes de frecuencia de la señal original pero - con fase 0.



AUTO CORRELACION DE UNA FUNCION "B"  
EN EL DOMINIO DEL TIEMPO

FIGURA-16

T A B L A 3

Cálculo de la función de autocorrelación de la función B (0, 2, -0, -3-1).

$$\text{Ecuación: } R_L = \sum_{k=0}^4 B_k B_{k+L}$$

$$L = 0, 1, 2, 3, 4$$

$$B = (B_0, B_1, B_2, B_3, B_4) \\ = (0, 2, 0, -3, -1)$$

$$\begin{aligned} L = 0 \quad R_0 &= 0 \times 0 + 2 \times 2 + 0 \times 0 + (-3) \times (-3) + (-1) \times (-1) = 14 \\ L = 1 \quad R_1 &= 0 \times 2 + 2 \times 0 + 0 \times (-3) + (-3) \times (-1) = 3 \\ L = 2 \quad R_2 &= 0 \times 0 + 2 \times (-3) + 0 \times (-1) = -6 \\ L = 3 \quad R_3 &= 0 \times (-3) + 2 \times (-1) + 0 = -2 \\ L = 4 \quad R_4 &= 0 \times (-1) = 0 \end{aligned}$$

Como la función de convolución es simétrica en  $L = 0$

$$\begin{aligned} R_1 &= R_{-1} = 3 \\ R_2 &= R_{-2} = -6 \\ R_3 &= R_{-3} = -2 \\ R_4 &= R_{-4} = 0 \end{aligned}$$

Finalmente la función de autocorrelación queda expresada por la siguiente serie:

$$\begin{aligned} R &= (R_{-4}, R_{-3}, R_{-2}, R_{-1}, R_0, R_1, R_2, R_3, R_4) \\ &= (0, -2, -6, 3, 14, 3, -6, -2, 0) \end{aligned}$$

Como elevar al cuadrado el espectro de amplitud de una función es el medio para encontrar el espectro de potencia de la función, la autocorrelación en el dominio del tiempo es equivalente al espectro de potencia en el dominio de las -- frecuencias y con sólo aplicar la Transformada de Fourier a la función de autocorrelación, se determina es espectro de potencias de una señal.

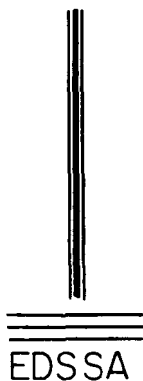
Fenómenos característicos asociados en las grabaciones de registros sísmicos, tales como: Reflejos fantasmas, - reverberaciones marinas ("ringing"), pueden ser localizados, mediante autocorrelación considerando que el contenido de frecuencias de los múltiples y el reflejo primario es muy semejante.

Conociendo esto, la autocorrelación es una herramienta muy útil para el diseño de filtros de deconvolución y -- filtros de frecuencias y para analizar los resultados durante - el procesamiento de datos sísmicos en forma digital.

# EXPLORACIONES DEL SUBSUELO, S.A.

---

---



- OCEANOGRAFIA
- GEOFISICA
- GEOLOGIA
- PERFORACIONES
- REPRESENTANTE EN MEXICO DE  
DECCA SURVEY (LATIN AMERICA) INC.

PASEO DE LA REFORMA 393 - 401  
MEXICO 5, D.F. TEL. 511-27-66



# SOCIOS PATROCINADORES

PETROLEOS MEXICANOS

COMPañIA MEXICANA DE EXPLORACIONES, S. A.

C A A S A

D U P O N T

SERCEL INC.

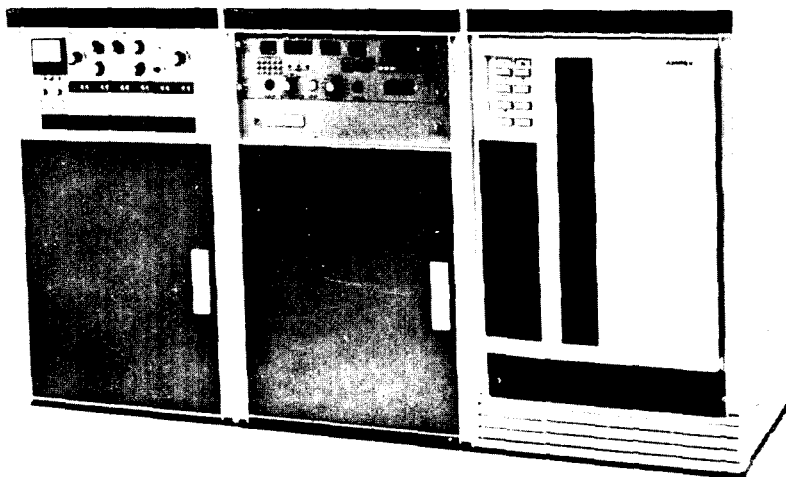
WESTERN GEOPHYSICAL

GEOPHYSICAL SERVICE DE MEXICO, S.A. DE C.V.

PETTY GEOPHYSICAL ENGINEERING DE MEXICO

El equipo digital de campo SUM-IT VII es un sistema completo para emplearse en el registro sísmico de datos con cualquier técnica de campo: Vibroseis, Dinoseis, Dinamita y otros generadores de energía. El formato empleado es SEG-A de 9 pistas -- en cinta de  $\frac{1}{2}$ ".

# SUM-IT VII



Para mayor información dirigirse a : Electro -  
Technical Labs Div., Mandrel Industries, Inc.  
P. O. Box 36306, Houston, Texas 77036

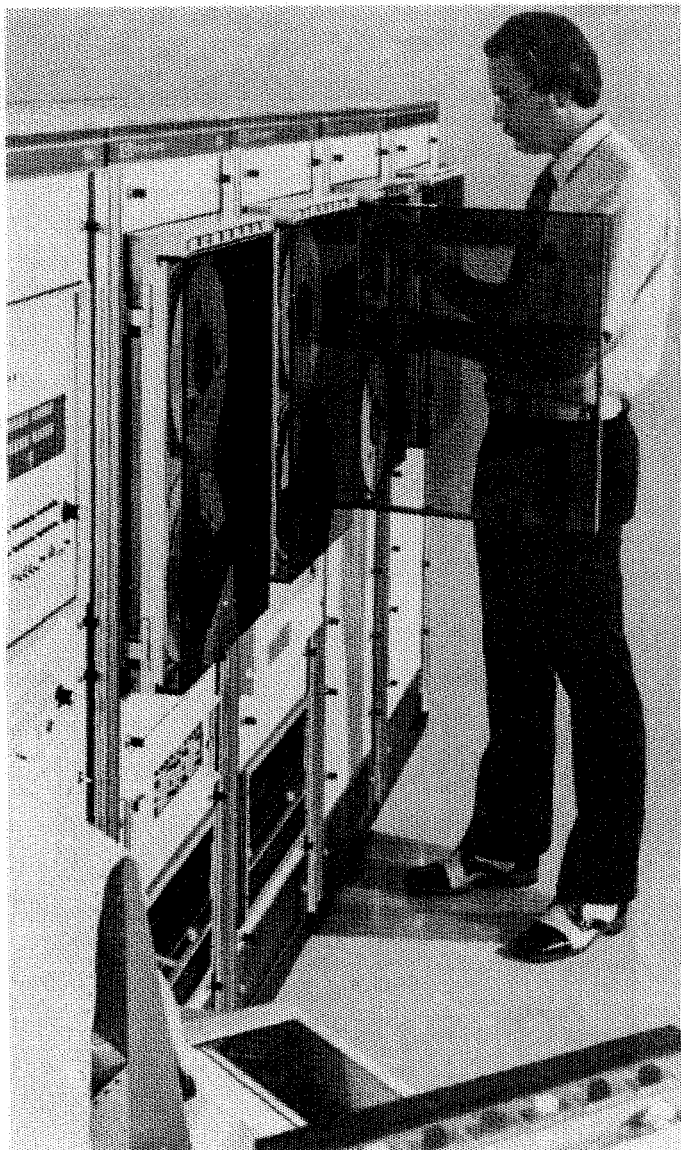


**ELECTRO-TECHNICAL LABS**

## Com\*Mand, LO MAXIMO !

TANTO EN ASISTENCIA PARA CENTROS DE PROCESADO.

COMO LA GRAN AYUDA INMEDIATA EN EL CAMPO.



EL SISTEMA **Com\*Mand** ES DE FACIL INSTALACION EN EL CAMPO O COMO UNA EXTENSION DE UN CENTRO DE PROCESADO ESTABLECIDO. DEBIDO A SU POCA SENSIBILIDAD A LAS CONDICIONES CLIMATOLOGICAS, EL SISTEMA **Com\*Mand** PUEDE SER INSTALADO EN TRAILERS, CAMPOS PORTATILES O EN UNIDADES MOBILES AUTONOMAS.

EL SISTEMA **Com\*Mand** PROPORCIONA UNA CAPACIDAD TOTAL DE PROCESADO A COSTOS LO SUFICIENTEMENTE BAJOS COMO PARA SER ASIGNADO A UNA SOLA BRIGADA.

LA RAPIDEZ DEL PROCESADO PERMITE QUE LA CALIDAD DE LOS REGISTROS Y LAS TECNICAS DE REGISTRO DE CAMPO PUEDAN SER EVALUADAS INMEDIATAMENTE Y, DE SER NECESARIO, QUE SEAN MODIFICADAS SIN COSTOSAS DEMORAS.

EN EL CAMPO O COMO EXTENSION DE UN CENTRO DE PROCESADO, EL SISTEMA **Com\*Mand** ES UN INSTRUMENTO DE GEOFISICA CON UNA PROPORCION DE COSTOS A RESULTADOS SIMPLEMENTE INIGUALABLE.

*Para mayor información comuníquese a:*

**Petty-Ray**

Petty-Ray Geophysical, Inc.

P.O. BOX 34308

HOUSTON, TEXAS TEL. 713-774-7967

**Petty-Ray**

Petty-Ray Geophysical, Inc.

De México, S.A. de C.V.

AV. JUAREZ 97, DESP. 408

MEXICO 1, D.F. TEL. 821-08-34



# **WESTERN** **en Mexico**

La exploración geofísica, encuentra la riqueza del subsuelo para el desarrollo del país, sin destruir la belleza del paisaje.



Litton

**WESTERN GEOPHYSICAL**

Post Office Box 2469

Houston, Texas 77001, E.E.U.U.

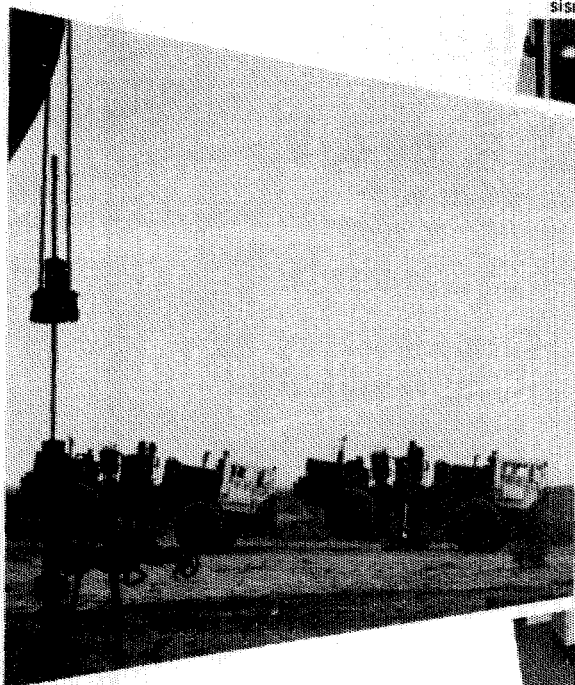


# EN EL TRABAJO

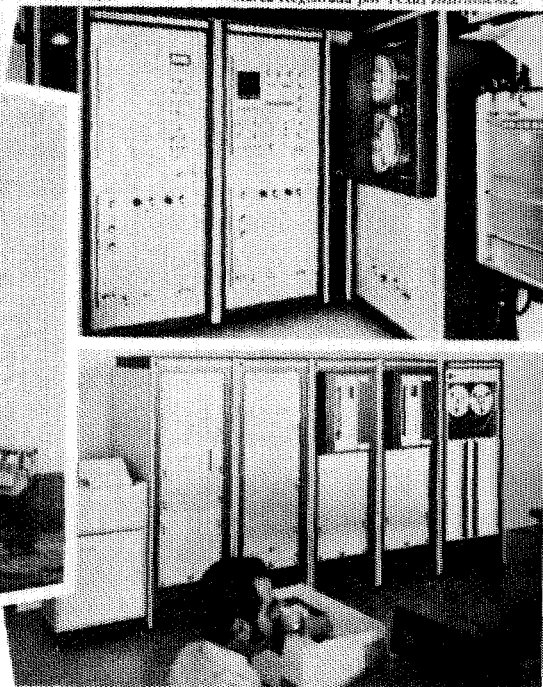
*... para ayudar a resolver sus  
problemas en exploración sísmica*

Sistema de registrado digital (DFS-IV\*) montado  
en camión usado por GSI para reunir la información  
sísmica.

\*Marca Registrada por Texas Instruments.



Los vibradores GSI combinan potencia  
y frecuencia para proveer información  
sísmica de alta relación señal-ruido.



Los programas de procesamiento de GSI  
combinados con Texas Instruments  
Multiple Applications Processor (TIMAP\*)  
producen información sísmica muy  
efectiva en costo, rapidez y alta fidelidad.

Para mayores informes comuníquese a GSI de  
Mexico, S. A. de C. V., Av. Juárez 119, Despacho  
42, Mexico 1, D. F. Telefono 566-92-44.

**GSI de MEXICO, S.A. de C.V.**  
SUBSIDIARIA DE  
**TEXAS INSTRUMENTS**  
INCORPORATED





**Du Pont, S. A. de C. V.**

Morelos N° 98-5° Piso  
México 6, D.F. Tel. 546-90-20

**DEPARTAMENTO DE EXPLOSIVOS**

**Fábrica Ubicada en:  
DINAMITA DURANGO**

**DINAMITAS  
GEOMEX\* 60% (Gelatina Sismográfica)  
SUPER MEXAMON\*  
TOVEX\* EXTRA  
DETOMEX\*  
FULMINANTES  
ESTOPINES ELECTRICOS  
ESTOPINES SISMOGRAFICOS "SSS"**

**ACCESORIOS DEL RAMO**

OFICINAS EN: TORREON, COAH.  
Edificio Banco de México Desp. 305 Tel. 2 09 55

REPRESENTANTE EN: GUADALAJARA, JAL  
Juan Manuel No. 1184 Tels: 25 56 82 y 25 56 08

♦ MARCA REGISTRADA DE DU PONT



CORPORATION

THOMPSON BUILDING  
TULSA, OKLAHOMA 74103

CONSULTORES INTERNACIONALES DE  
GEOLOGIA Y GEOFISICA

Ben. F. Rummerfield.- Presidente

Norman S. Morrissey.- Vice-Presidente

John Rice.- Jefe de Geofisicos

# Operación con unidades Vibroseis\*

Aplicada a la tecnología de campo

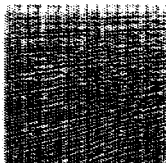


- Diseño de vehículo adaptado al terreno.
- Correlación digital de campo.
- Diseño específico de campo.

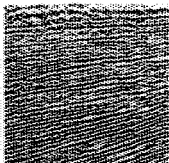
## Adecuada para el proceso de datos

### TVAC

Normal correlation  
and deconvolution



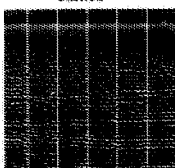
Adaptive  
correlation



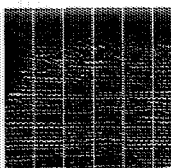
- Técnica de pulsos compresionales para el contenido de información traza por traza.
- Deconvolución apropiada a la mezcla de fases, característica del Vibroseis.
- Apilamiento vertical con la consiguiente supresión de ruido de gran amplitud.

### ANSAC

computed  
statics



ANSAC statics



Esta técnica está diseñada para determinar y aplicar correcciones estáticas inherentes al sistema CDP basada en las siguientes consideraciones.

- Correcciones por fuente de energía.
- Correcciones por detección
- Echado
- Dinámicas residuales

La técnica de Vibroseis requiere de una continua evaluación de los parámetros de campo y su relación con una cuidadosa planeación del proceso de datos. Esta es la función del Seiscom/Delta en

las operaciones Vibroseis. Eficiencia en el trabajo de campo, calidad en el centro de proceso. Mayor información con el representante Seiscom/Delta.



Seismic Computing Corp.

P. O. Box 36789



Delta Exploration Company Inc.

Houston, Texas 77036 713/785-4060

\*Registered trademark and service mark of Continental Oil Company