

6  
2ej



Universidad Nacional Autónoma  
de México

Facultad de Ingeniería

LA APLICACION COMBINADA DEL SISTEMA TELEMETRICO  
Y EL SISTEMA DE VIBROSISMO EN LA PROSPECCION  
SISMOLOGICA

T E S I S

Que para obtener el Título de:  
INGENIERO GEOFISICO

P r e s e n t a :

J. Jesús Hernández Acosta



México, D. F.

1993

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	T E M A	PAGINA
I.-	INTRODUCCION	1
II.-	CARACTERISTICAS GENERALES DE LA TECNICA DE TELEMETRIA	4
II.1	TIPOS DE TELEMETRIA	5
II.2	LAS VENTAJAS MAS IMPORTANTES DE UN EQUIPO TELEMETRICO RESPECTO A UN EQUIPO TRADICIONAL	8
II.3	DESVENTAJAS	12
II.4	ASPECTOS TEORICOS EN QUE SE APOYA LA TECNICA	13
III.-	EQUIPO TELEMETRICO	16
III.1	CENTRAL ELECTRONICA	16
III.2	EQUIPO ELECTRONICO DE CAMPO	16
III.3	EQUIPO PERIFERICO	17
III.4	EQUIPO DE SOPORTE ELECTRONICO	17
III.5	FUNCIONES PRINCIPALES DE LOS MODULOS	18
IV.-	EL VIBRADOR COMO FUENTE DE ENERGIA	25
IV.1	FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO VIBRADOR	25
IV.2	MEJORAMIENTO DE LA LINEALIDAD	32
IV.3	CARACTERISTICAS BASICAS DE LOS VIBRADORES SISMICOS	34
V.-	EFFECTOS DE LA DISTORSION NO LINEAL EN LOS REGISTROS DE VIBROSISMOS	40
V.1	FUNDAMENTOS	40
V.2	ANALISIS DE LA DISTORSION ARMONICA	41
V.3	DISTORSION ARMONICA	46
V.4	CALCULO CUANTITATIVO DE LA DISTORSION DE COLA	47

VI.-	COMPARACION DE RESULTADOS DE UN SISTEMA CONVENCIONAL Y UN SISTEMA TELEMETRICO	54
VI.1	COMPARACION DE REGISTROS DE CAMPO	54
VI.2	COMPARACION DE SECCIONES SISMOLOGICAS EN AMBOS SISTEMAS	55
VII.-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64

#### BIBLIOGRAFIA

#### ILUSTRACIONES Y SECCIONES SISMOLOGICAS

## I.- INTRODUCCION

Actualmente la localización de trampas estructurales y estratigráficas, se reducen cada vez más debido a que las áreas presentan mayor dificultad para su estudio, esto se debe a que se tienen problemas con accidentes topográficos, ciudades densamente pobladas y la baja respuesta del subsuelo. Esto ha traído como consecuencia, que se desarrollen nuevas técnicas en la exploración petrolera. Como es el caso del Sistema Telemétrico, el cual está siendo utilizado en nuestro país con la finalidad de obtener mejores resultados.

Esta Tecnología presenta mayores ventajas que el sistema convencional, debido a que los cables por donde viaja la señal, son menos pesados por el número reducido de cables, ya que la señal es enviada digitalizada a la Central Electrónica.

Cuando se emplea como fuente de energía el vibrosismo es muy importante considerar lo siguiente, la fuerza máxima de salida de un vibrador, el cuál se obtiene multiplicando la presión de operación del sistema hidráulico por el área del pistón.

La presión de operación es generalmente de 3000 libras por pulgada y el área del pistón en la práctica varía de 4 hasta 14 pulgadas cuadradas. Esto da como resultado un rango de salidas de fuerza máxima de 12000 a 42000 libras.

Esta fuente de energía superficial genera fuertes ondas superficiales que causan gran interferencia en las reflexiones más débiles y esto sucede especialmente en las reflexiones someras, el problema más importante es como atenuar estas ondas superficiales para esto debemos conocer sus características físicas, mediante un análisis de ruido. Estas ondas viajan cerca de la superficie de la tierra, con amplitudes altas, sus velocidades generalmente varían de 250 m/s. a 850 m/s. con frecuencias del orden de 8 a 30 c.p.s. su frecuencia y velocidad dependen del material de la superficie somera y de las capas dentro de la tierra.

Este Sistema genera una onda senoidal de frecuencia controlada, que se aplica en un tiempo largo.

Las frecuencias de barrido se seleccionan para dar la profundidad de penetración, en el caso de objetivos someros podemos excluir las frecuencias de las ondas superficiales (ondas de baja frecuencia), en el caso de objetivos profundos debemos incluir las bajas frecuencias por lo tanto debemos emplear patrones de vibración y de sismodetección para su atenuación.

Las ondas superficiales son coherentes y fortuitas.

Las ondas coherentes (RAYLEIGH), se pueden atenuar con patrones filtros o excluyendo las frecuencias en el barrido, las fortuitas que son las que viajan a lo largo de la superficie o de refractores superficiales, normalmente se generan con el tránsito de vehículos y por el personal caminando a lo largo del tendido, en este caso es importante instruir al personal de campo para que disminuya sus movimientos.

Es de suma importancia que tanto la Central Electrónica, como los vibradores, operen en condiciones óptimas, para esto se chequea todo el sistema electrónico y se hace una prueba de similaridad de los vibradores, con la finalidad de que trabajen en sincronía.

Otro factor para el buen funcionamiento del vibrador es la capacidad que tiene el compensador de fase para lograr un control de fase que actúe rápidamente al principio del barrido y esto es de  $\pm 20$  grados, el cual debe lograrse dentro de 0.5 segundos.

## II.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LA TECNICA DE TELEMETRIA

La Telemetría consiste básicamente en la recolección de datos sísmicos en la estación remota y ahí mismo convertir la señal analógica procedente de los sismodetectores en una señal digital, también se filtra, amplifica y codifica para de este modo transmitirla ya digitalizada y filtrada a la Central Electrónica, donde es decodificada, correlacionada (en el caso de usar vibradores como fuente de energía) y grabada en cintas magnéticas, a diferencia de los sistemas tradicionales en los cuales la señal recolectada, se trasmite a través de cables en forma de señal analógica y se digitaliza y filtra en la central electrónica.

El Sistema de Telemetría realmente debería de usar señales de radio para transmitir los datos de las estaciones remotas, pero esta técnica todavía esta en fase de experimentación, por lo que aún no se ha extendido su uso en la práctica.

La Telemetría como se usa actualmente, transmite los datos y señales de control a través de cables telemétricos, los cuales son conectados a la Central Electrónica. Debido a que los datos son transmitidos en forma digital, se pueden enviar en serie a través de tres pares de cables y las señales de control a través de otro par de cables lo cual reduce considerablemente el grueso

total de los cables Telemétricos. Los datos una vez digitizados son transmitidos en serie sobre una señal portadora de 4 MHz. Las señales de control son comandos generados tanto en la Central Electrónica, como en las Estaciones Remotas, los cuales son enviados sobre una señal portadora de 256 KHz; estos comandos son pulsos y señales que controlan toda la operación de adquisición, filtrado, conversión analógica-digital y transrecepción de datos sísmicos. En comparación, los equipos tradicionales deben usar un par de cables para cada canal de datos, lo que limita el número de canales, ya que usar un gran número de canales implicaría utilizar un cable muy grueso y pesado.

En equipos Telemétricos la capacidad de operar simultáneamente varios canales sísmicos es en algunas marcas hasta de 8064 canales y 512 líneas sísmicas independientes, por lo cual preferentemente se usa en trabajos de 3 dimensiones aunque puede usarse indistintamente para cualquier tipo de trabajo de prospección geofísica.

II.1.- TIPOS DE TELEMETRÍA: Los tipos de telemetría están definidos únicamente por el método que se utilice para la transmisión de datos sísmicos y señales de control de las estaciones remotas a la Central Electrónica, ya que todos los demás procesos que se aplican a las señales sísmicas son básicamente los mismos en todos los equipos telemétricos, únicamente que algunos son más sofisticados que otros, los que actualmente operan son:

**TELEMETRIA POR CABLE:** En este método, los datos sísmicos y señales son codificados, modulados y transmitidos en serie con una señal portadora de 4 megahertz, a través de cables telemétricos los cuales tienen salidas para conectar los sismodetectores a intervalos regulares dependiendo de los parámetros definidos para el prospecto. El cable está diseñado normalmente de tres pares para datos, uno para señales de control y un par para teléfono, por las necesidades de flexibilidad, dureza, resistencia y economía, se utiliza normalmente cobre como material de fabricación del cable. Este método es el mas usado actualmente.

**TELEMETRIA POR RADIO:** Este método consiste básicamente en recolectar datos sísmicos analógicos en la estación remota, filtrarlos, digitalizarlos, codificarlos y modularlos para transmitirlos en serie por radio a través de una señal portadora de frecuencia modulada a la Central Electrónica.

En éste, cada Estación Remota debe contar con un transreceptor de F. M. para la transmisión y recepción de datos y señales de control.

Este método tiene muchas limitaciones porque las señales de F. M. viajan en línea recta y no es muy recomendable en terrenos

accidentados ya que puede haber pérdida de datos por recepción o transmisión pobre, aunque en algunos casos se usa una estación repetidora en algún punto alto, lo cual minimiza esta limitación.

También la transrecepción se ve afectada por las condiciones climatológicas, a pesar de todo, este método es el que una vez perfeccionado tiene mas futuro en la exploración ya que teóricamente la Central Electrónica no tendría necesidad de trasladarse al área de observación, de hecho podría estar en cualquier parte por mas alejada que esté el área de trabajo dependiendo únicamente de los avances tecnológicos en el área de telecomunicaciones.

TELEMETRIA POR CABLE DE FIBRAS OPTICAS: El uso de la fibra óptica en telemetría tiene grandes ventajas debido principalmente a la densidad enorme de datos que pueden transmitirse a través de este material, dicha densidad sobrepasa en mucho a la densidad de datos transmitidos por cables de cobre. Algunas limitaciones de este método son la fragilidad y alto costo de cables telemétricos de fibra óptica, aunque una vez que la industria de fibra óptica alcance mayores proporciones probablemente el costo se reduzca y pueda ser una opción costeable el uso de este tipo de telemetría.

TELEMETRIA CON GRABACION EN ESTACIONES REMOTAS: En este método los datos recolectados en cada estación remota son filtrados y digitalizados, para grabarse en la misma estación remota, ya sea

en diskette o en cintas magnéticas según el equipo de que se trate, posteriormente los datos recolectados de las estaciones remotas son recopilados, arreglados y procesados en una Central Electrónica o en un Centro de Proceso.

## II.2.- VENTAJAS MAS IMPORTANTES DE UN EQUIPO TELEMETRICO RESPECTO A UN EQUIPO TRADICIONAL

a).- El equipo de telemetría reduce considerablemente el número de cables usados para la transmisión de señales sísmicas.

b).- Se elimina casi totalmente la alimentación cruzada entre canales sísmicos debido a que los datos son transmitidos digitalmente en el sistema telemétrico.

La alimentación cruzada o crossfeed, es la señal inducida de un canal sísmico a otro canal sísmico por su cercanía física de uno con otro. Se debe tener un aislamiento adecuado entre canales adyacentes para evitar interferencias de señal entre ambos.

c).- El número de canales de datos sísmicos en un sistema telemétrico puede ser hasta de 8064 canales, en sistemas tradicionales el uso de 240 canales ya implica un cable muy grueso y pesado.

d).- En un sistema telemétrico todas las operaciones de obtención de datos sísmicos, pruebas instrumentales, pruebas de cables, pruebas de sismodetectores, extracción de estados de baterías, etc, son controlados desde una computadora a base de programas y menús, lo cuál reduce considerablemente el tiempo de observación y el riesgo de errores del operador.

e).- La revisión de cables y sismodetectores se simplifica ya que se puede revisar todo el tendido con un solo comando de la consola del operador y ahorrar tiempo en la revisión del tendido.

f).- La geometría del tendido es mostrada en pantalla con diferentes colores codificados para mostrar el tendido disponible, el tendido que está activo, estaciones con alguna falla, punto de tiro, tendido aún no revisado, skips (método de librar obstáculos sin perder la continuidad del tendido), etc.

g).- La prueba de similaridad (en caso de usar vibradores como fuente de energía) se puede efectuar en cualquier punto del tendido, sin necesidad de trasladar los vibradores a la Central Electrónica o viceversa.

h).- La selección de tendido y avance de tendido para los diferentes puntos de registro se puede programar y una vez haciendo ésto es completamente automático, reduciendo considerablemente el riesgo de error por el operador.

i).- El sistema telemétrico es totalmente computarizado, una vez introducidos los parámetros de operación y programado el sistema de observación, es completamente automático.

j).- Tiene sistemas de autodiagnósticos, con los cuales se prueba automáticamente todo el sistema, enviando mensajes de prevención en pantalla o bloqueando la toma de datos en caso de error crítico, lo cual previene la toma de datos con condiciones de error.

k).- Los sistemas Telemétricos más recientes, usan una técnica innovadora (Rango Dinámico Instantáneo), para extender el rango de señal sísmica grabada a una resolución de 24 bits, para una mayor fidelidad en la señal sísmica en comparación con los sistemas tradicionales que tienen una resolución de 15 bits, lo cual es una ventaja muy conveniente.

El objetivo de toda prospección sísmica, es grabar las ondas sísmicas reflejadas o refractadas, con la mayor exactitud posible, el sistema de adquisición de Rango Dinámico Instantáneo es el factor determinante en la resolución de los datos sísmicos.

El Rango Dinámico Instantáneo es la relación RMS de la señal más grande a la señal más pequeña, que puede grabarse simultáneamente durante el período de una muestra. La introducción del Convertidor Analógico-Digital de 24 Bits de resolución provee el más alto Rango Dinámico Instantáneo de que

se dispone en la industria actualmente; esto significa que los datos que antes se perdían en la conversión de la señal de analógica a digital, ahora son grabados casi en su totalidad, así mismo se disminuye la distorsión de la señal sísmica y por consecuencia su resolución total se mejora significativamente.

l).- Algunos Sistemas Telemétricos tienen una innovación llamada SSF (SPECTRAL SHAPING FILTER) la cual básicamente incrementa instantáneamente el Rango Dinámico e incrementa la relación señal sísmica-ruido, o tomando estos dos factores juntos, se pueden enfatizar las altas frecuencias en un rango seleccionado por el operador con todas las ventajas que implica esta innovación.

m).- Los Sistemas Telemétricos tienen un sistema nuevo para eliminar la inducción de 60 Hz. producida por líneas de alta tensión, motores, bombas de agua, etc. El cuál consiste en detectar la frecuencia exacta de la fuente inductora y aplicar el filtro adecuado y preciso de dicha frecuencia, esto es debido a que algunas inducciones no son exactamente de 60 Hz sino que pueden estar variando constantemente alrededor de esta frecuencia por lo que la aplicación de un filtro constante de 60 Hz, no siempre es efectivo.

### II.3.- DESVENTAJAS:

a).- Una posible desventaja de los equipos telemétricos podría ser su costo ya que es varias veces el costo de un equipo tradicional, aunque si se emplea a su máxima capacidad este costo podrá ser amortizable a corto plazo.

b).- Otra desventaja de equipos telemétricos es el abastecimiento de voltaje en las Estaciones Remotas.

Actualmente se usan baterías recargables, las cuales duran aproximadamente 12 horas de operación continua y después se tienen que sustituir, para recargarlas nuevamente, con la pérdida de tiempo que implica este movimiento diariamente. Algunos fabricantes han tratado de usar celdas solares para recargar las baterías de las Estaciones Remotas, pero las celdas solares tienen las desventajas de que son muy frágiles y ocupan mucho espacio, lo cuál ha obligado a los fabricantes a abandonar este método de recargar las baterías.

c).- En el caso de telemetría por radio podría ser una desventaja el transmitir por radio los datos de las estaciones remotas a la Central Electrónica ya que las condiciones topográficas influyen mucho en la transmisión y recepción de los datos, limitando el uso de este tipo de Telemetría en terrenos muy accidentados, así mismo las condiciones climatológicas influyen significativamente

en la recepción de datos, lo cual podría ser también una desventaja.

#### II.4.- ASPECTOS TEORICOS EN QUE SE APOYA LA TECNICA

##### a).- PRINCIPIO DE LA TELEFONIA

La transmisión de la voz fué realizada la primera vez por Graham Bell en 1876, cuyos aparatos fueron perfeccionados posteriormente por Hughes, Bert, D'arsonval y otros. Los dispositivos telefónicos comprenden esencialmente: un transmisor, ante el cual se habla; un receptor que sirve para escuchar y el hilo o alambre de interconexión entre ambos.

La parte principal del transmisor es un micrófono de carbón cuya resistencia varía bajo la influencia de las vibraciones de una laminita flexible ante la cual se habla, y que transmite, y modula la corriente de una pila eléctrica. Al otro extremo de la línea, la placa del receptor, atraída y repelida por un electroimán, reproduce exactamente aquellas vibraciones, amplificadas en el transmisor por un micrófono.

De acuerdo a lo anterior, la telefonía transforma las ondas de compresión del aire, producidas por la voz, en señales eléctricas las cuales son transmitidas por cable y recibidas en

el otro extremo del cable, en donde dichas señales eléctricas son transformadas nuevamente en ondas audibles.

La telefonía en las últimas décadas ha tenido un avance tecnológico muy importante, entre las muchas innovaciones que se han introducido están el uso de las microondas y satélites estacionarios lo cual permite la comunicación telefónica inmediata y en gran volumen entre puntos tan distantes como lo permitan los enlaces entre satélites estacionarios y estaciones repetidoras de microondas.

Estos avances en la técnica de telefonía podrían en un momento dado aplicarse a la telemetría, para la transmisión y recepción de datos sísmicos a grandes distancias.

#### b).- ADAPTACION A LA EXPLORACION SISMOLOGICA

Los métodos sísmicos de prospección requieren la introducción en la tierra de una energía, que se genera mediante explosivos o medios mecánicos, de esta forma se producen ondas sísmicas en la tierra semejantes a las ondas sonoras.

Estas ondas sísmicas más propiamente llamadas ondas elásticas, debido a que dependen de la elasticidad de los materiales a través de los que se propagan, se comportan básicamente como las ondas sonoras, esta similitud en ambos tipos

de ondas fué lo que dió la pauta para la adaptación de la técnica de la telefonía a la prospección sísmica.

Los diferentes tipos de ondas elásticas como son las longitudinales (de compresión), transversales (de cizallamiento) y las de superficie (de largo periodo) son detectados por un instrumento llamado geófono el cual recibe desplazamientos del orden de 10-3 cm. o más, según la sensibilidad y la calidad del geófono; este desplazamiento se transmite a la bobina que oscila a la misma frecuencia del movimiento, dicha bobina rodea a un imán fijo. El movimiento relativo entre uno y otro genera una fuerza electromotriz inducida, que es proporcional a la velocidad relativa de las partes, esta fuerza electromotriz inducida genera un voltaje el cual es amplificado posteriormente para su registro.

Como se mencionó anteriormente, en la telefonía las ondas sonoras son transformadas en impulsos eléctricos a través de los micrófonos, así mismo las ondas sísmicas se transforman en impulsos eléctricos a través de los geófonos. Con procedimientos electrónicos estas señales son amplificadas, filtradas, digitalizadas, moduladas y transmitidas ya sea por cable, radio, microondas u otros medios, tanto en telefonía como en sismología; de esta forma se adapta básicamente el sistema de telefonía al Sistema Telemétrico.

### III.- EQUIPO TELEMETRICO

III.1.- Central Electrónica, la cual recibe los comandos del operador, parámetros e instrucciones, los que son enviados al equipo electrónico de campo. También controla y procesa los datos que provienen del equipo electrónico de campo y da salida a los datos hacia la cinta magnética o al graficador. Este consta de los siguientes componentes:

(OCM)	MODULO DE CONTROL DEL OPERADOR
(SIM)	MODULO DE INTERFASE DEL SISTEMA
(SCM)	MODULO DE CONTROL DEL SISTEMA
(LIM)	MODULO DE INTERFASE DE LINEA
(CSM)	MODULO SUMADOR - CORRELADOR Y EDITOR DE RUIDO

III.2.- Equipo Electrónico de campo, decodifica y actúa de acuerdo a la información que recibirá de la Central Electrónica, con o sin intervención del operador. Durante la etapa de adquisición, el equipo Electrónico de campo, adquiere, filtra, amplifica, digitaliza y transmite los datos sísmicos a la Central Electrónica, consistiendo de las siguientes partes;

(RSC) ACONDICIONADOR REMOTO DE SEÑAL  
(ALT) ADVANCED LINE TAPS  
CABLES TELEMETRICOS  
CABLES ENTRE ALT Y RSC  
PAQUETE DE BATERIAS  
CABLE DE CONEXION ENTRE ALT Y LIM  
CUERDAS DE DETECTORES

### III.3.- EQUIPO PERIFERICO

(ESC) Controlador de fuente de energia.  
( PM) MODULO GRAFICADOR (CAMARA)  
Fuente de poder 15 volts/70 amp.  
Inversor ac/dc 12 volts - 120 watts.  
Impresor  
Osciloscopio  
Mini Talks para comunicación en línea.  
Radio de intercomunicación.

### III.4.- EQUIPO DE SOPORTE ELECTRICO

(HHT) Terminal de diagnóstico.  
(ASCII) Checador de campo de RSC, detectores y baterias.

(RTS)      Probador de estaciones remotas de mantenimiento.  
            Cargador de baterías.

### III.5.- FUNCIONES PRINCIPALES DE LOS MODULOS

(OCM)      Módulo de consola del operador.

- Control del operador e introducción de datos para todo el sistema.
- Inicialización automática del sistema usando parámetros preestablecidos.
- Mostrar los resultados de pruebas y diagnósticos en el monitor de pantalla.
- Almacenar archivos del operador e información de observación.
- Asistencia al operador con archivos de ayuda en los menús de operación.
- Facilita el control y planificación de observación usando parámetros y scripts (planificación de tiros o P.Vs.)
- Controla todo el equipo periférico.
- Provee revisión interactiva de tiro y parámetros de avance de tendido durante la operación.
- Automáticamente registra cada tiro o P.V. o cada barrido.
- Automáticamente carga parámetros y scripts de diskettes.
- Presenta en pantalla una gráfica de tiempo real del tendido conectado y sus diferentes status en colores.

(SIM) MODULO DE INTERFASE DEL SISTEMA

- Funciona como controlador de secuencia de encendido y apagado del sistema.
- Controla el sistema de teléfono.
- Monitorea los datos en tiempo real usando el osciloscopio.
- En sistemas portátiles está incorporado al SCM.

(SCM) MODULO DE CONTROL DEL SISTEMA

- Provee la interfase con el OCM.
- Formatea los datos de, o, hacia el módulo de transporte de cinta  
TTM.
- Formatea los datos para la cámara digital.
- Establece enlaces de comunicación entre la Central Electrónica y los otros módulos.
- Provee todo el sistema de tiempos de control.
- Detecta los errores del sistema.

(LIM) MODULO DE INTERFASE DE LINEA

- Autoprueba y diagnostica.
- Asigna direccionamiento a RSC y ALT.
- Prueba de datos sísmicos y RSC.
- Calibración de ganancia de datos sísmicos en RSC.

- Determinación de frecuencias del eliminador de frecuencias de líneas de alta tensión HPE (high line pickup eliminators).
- Alineación de muestras de datos de RSC y secuencia de canales (incluyendo control de avance de tendido).
- Demultiplexado de datos de entrada y su status.
- Acondicionamiento de señal de datos multiplexados en tiempo real para mostrarlos en el osciloscopio.
- Provee la entrada de canales auxiliares para la LIM.

(CSM)      MODULO CORRELADOR Y SUMADOR

- Puede procesar un total de 2106 canales a 4 milisegundos de intervalo de muestreo.
- Función de edición de ruido.
- Sumador.
- Correlador.
- Provee diferentes tipos de edición de ruido tales como:
  - Edición de ruidos repentinos BURST.
  - Edición de ruidos diversos sumados diversity.
  - Edición de combinación de ruidos repentinos y diversos.
  - Edición de ruidos con aplicación de algoritmo de ruido dual DNA con la combinación de edición de ruido repentino y escala inversa de potencia.
- Los datos pueden ser correlacionados antes o después de sumar

con algunas restricciones dependiendo del tipo de ruido a editar.

(TTM)      MÓDULO DE TRANSPORTE DE CINTA

- Grabación de cinta en 9 pistas a 1/2" con carretes de 10.5".
- Es controlado por el controlador de cinta, localizado en el SCM.
- El controlador transmite datos demultiplexados en SEG D a 2.5 bytes al TTM para su grabación.
- Soporta densidades de 1600 BPI ó 6250 BPI.
- Velocidad de 100 ips.
- Velocidad de inicio/ paro es 50 ips.
- El sistema puede usar uno o dos TTM.

(RSC)      ACONDICIONADORES REMOTOS DE SEÑAL

- Es un módulo programable de adquisición de datos.
- Se enciende con una señal de frecuencia portadora enviada a la Central Electrónica.
- Es programable por comandos específicos asignados por el operador.
- Hay comunicación interactiva entre RSC's y Central Electrónica a través del cable telemétrico.

- Cada RSC recibe señales analógicas de 6 grupos de geófonos independientes.
- La señal de entrada es acondicionada y digitalizada automáticamente por la RSC de acuerdo a los requerimientos del operador.
- Las posiciones típicas de los filtros necesarios especificados por el operador son:

Posición de Preamplificador K-gain.

Spectral Shaping Filters.

Low Cut Filters.

Hi Line Pickup Eliminator HPE.

- Sus principales características son:

Canales:	6.
Intervalo de muestreo:	1/2, 1, 2, 4 milisegundos.
Capacidad de líneas:	1 a 512.
Ganancia K:	12, 24, 36, 48 DB.
Low cut filter:	32 posiciones (60 - 720 Hz.)
Anti-alias filter:	8 posiciones (60 - 720 Hz.)
High Line Filter	50 a 60 Hz. + 4 armónicas.

En la figura III(1), se presenta esquemáticamente la configuración de una Central Electrónica y su respectivo Equipo de campo.

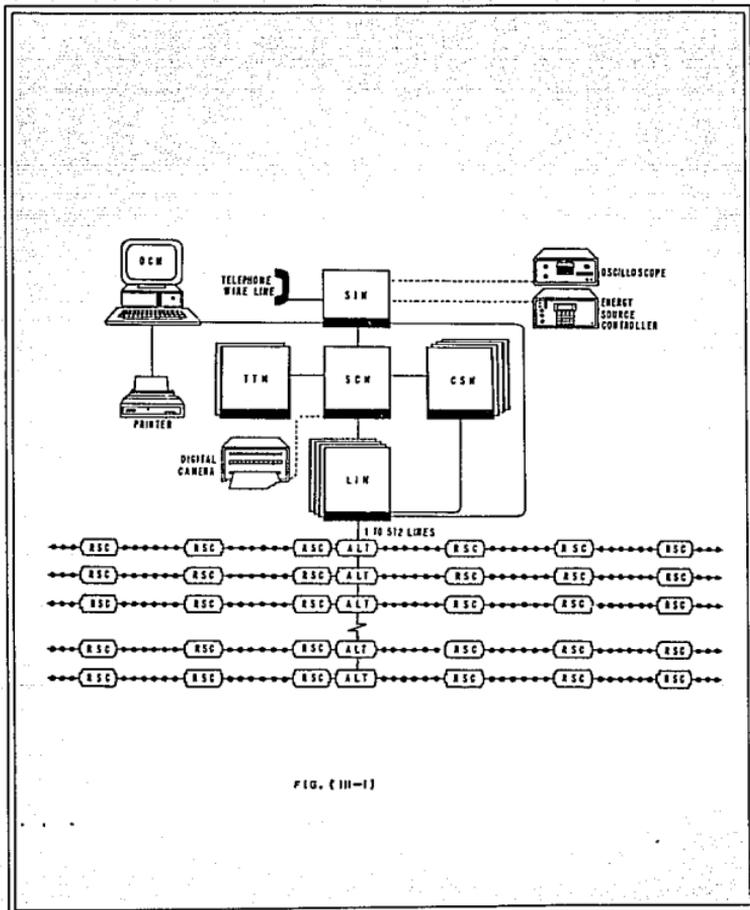


FIG. (III-1)

## CABLES TELEMETRICOS

-- 390 Mts. de largo.

-- Seis salidas a 65 Mts. de intervalo tipo MP-5.

## CUERDAS DE DETECTORES

-- No. de detectores por cuerda: 12

-- Tipo de bobina: 65-200X

-- Frecuencia: 10 Hz.

-- Amortiguamiento: 70 %

Resistencia de bobinas: 395 OHMS.

Distancia entre detectores: 10 Mts.

Conexión: Serie.

Longitud: 120 Mts.

Cable: RL-2-100-180.

Conector tipo: HGP tipo KC21-4 a prueba  
de agua.

#### IV. EL VIBRADOR COMO FUENTE DE ENERGIA

En este capítulo se describe de una manera sencilla y simple el funcionamiento desde el punto de vista mecánico, del equipo vibrador.

##### IV.1.- FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO VIBRADOR

El vibrador consiste generalmente de un sistema mecánico que introduce al terreno un tren de ondas sónicas, esto lo realiza por medio de una placa pulsante que se encuentra en contacto con la superficie del terreno; el movimiento de esta placa se realiza por medio de un sistema hidráulico que se encuentra controlado por un conjunto de circuitos electrónicos.

Para su desplazamiento a lo largo del Tendido el vibrador se encuentra montado sobre el chasis de un vehículo de servicio pesado, las características de estos vehículos dependen del tipo de terreno donde se van a emplear los vibradores.

A continuación se describe a grandes rasgos el funcionamiento del equipo vibrador.

Por medio de una señal de radio de frecuencia modulada (a la que se le denomina señal de entrada o piloto) y que tiene ciertas características previamente definidas, se excita un generador de señales que produce una señal de barrido con las mismas características que la señal de entrada; posteriormente esta señal es alimentada a un circuito comparador de fase y a la salida de éste es amplificada, para que posteriormente pase por el comparador de voltaje y de nuevo es amplificada a la salida de este circuito.

Con este voltaje ya comparado y amplificado se alimenta un solenoide que de acuerdo con la polaridad de voltaje que le es suministrado coloca en posición una pequeña servo válvula, la cual permite el paso de un flujo de aceite con alta presión que fluirá en forma alternada de acuerdo a la posición de la servo-válvula hacia los lados de una válvula principal.

La válvula principal envía el aceite a ambos lados del pistón que se encuentra dentro de la masa de reacción. Este flujo de aceite provoca que el pistón se desplace en forma alternada y este movimiento vibratorio se transmite por medio de una flecha a la placa base (pulsante) que se encuentra en contacto con la superficie del terreno.

El tren de ondas sónicas generado por el movimiento de la placa base (pulsante) se le conoce con el nombre de señal de salida. Como se muestra en la figura (IV-1).

Tomando como referencia la figura (IV-2) se tratará de explicar en forma particular el funcionamiento del sistema hidráulico que mueve la placa base.

Cuando al solenoide se le suministra una cantidad de voltaje con cierta polaridad (para fines de explicación supongamos que es positivo) este voltaje hará que la válvula piloto ascienda y por lo tanto permita el flujo de aceite por el conducto No. 1 y bloquee el conducto No. 4. El flujo de aceite es suministrado por una bomba hidráulica.

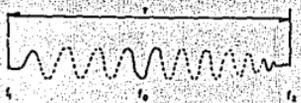
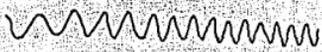
El flujo de aceite por el conducto No. 1 provoca un desplazamiento hacia abajo de la válvula principal, permitiendo este desplazamiento el paso de aceite con alta presión hacia la parte superior del pistón que se encuentra dentro de la masa de reacción; el pistón por efecto de la presión ejercida por él, tenderá a bajar provocando con ésto un movimiento hacia abajo en la placa base y un movimiento ascendente en la masa de reacción.

Al efectuarse el movimiento del pistón en forma descendente éste tenderá a desplazar hacia la bomba, el aceite que se

BARRIDO DESCENDENTE ( FRECUENCIAS ALTAS A BAJAS )



BARRIDO ASCENDENTE ( FRECUENCIAS BAJAS A ALTAS )



$$f_0 = \frac{1}{2} (f_2 - f_1)$$

$$B = \frac{f_2 - f_1}{2}$$

$$R = \frac{df}{dt} = f_2 - f_1$$

$$D = \tau \cdot B$$

$$Q = f_0 / B \text{ (en octavas)}$$

- τ = DURACION
- B = RELACION DE FRECUENCIA (en octavas)
- f = ANCHO DE BANDA
- D = DISPERSION

PARAMETROS DE LA SEÑAL DE ENTRADA

FIG (IV-1)

encuentra en su parte inferior; este desplazamiento se lleva a cabo por el conducto No. 3.

Cuando por el solenoide pasa un voltaje negativo, la válvula piloto desciende y bloquea el conducto No. 1 permitiendo el flujo de aceite por el conducto No. 4 lo cual hace que la válvula principal ascienda y el aceite fluya hacia la parte inferior del pistón provocando con esto un movimiento ascendente en el pistón y por lo tanto en la placa base. Este tipo de movimiento provoca que la masa de reacción se mueva hacia abajo, evitando con esto que la placa se despegue del terreno.

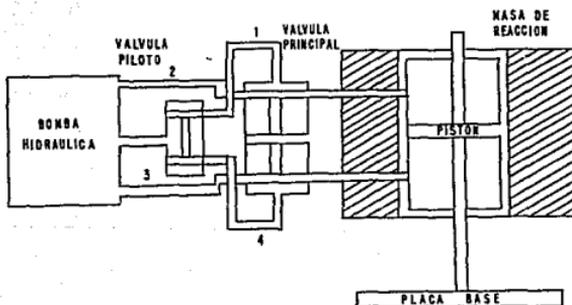


Fig. (IV-2)

El aceite contenido en la parte superior del pistón es desalojado por el conducto No. 2.

La frecuencia con que se realizan los cambios anteriores de polaridad, se encuentra en función del tipo de barrido que se vaya a emplear.

El equipo vibrador cuenta con un sistema de retroalimentación de posición de masa, que tiene como finalidad controlar el desplazamiento dentro de la masa de reacción; evitándose de esta manera que el pistón en sus movimientos golpee contra los topes del interior de la masa de reacción.

Este Sistema de control consiste básicamente en un transductor que mide la posición del pistón dentro de la cámara de la masa de reacción y de acuerdo a esta posición emite un voltaje a un amplificador; siendo el valor de este voltaje proporcional al desplazamiento del pistón y contrario al voltaje de entrada original, lográndose de esta manera cerrar la válvula piloto y por lo tanto cancelar el flujo de aceite, lo cual produce a su vez una reducción en el desplazamiento del pistón.

Los vibradores cuentan con un circuito especial que tiene como función la de verificar y corregir cualquier diferencia en

fase que exista entre la señal generada por la placa pulsante y la señal teórica que se desea producir. A este circuito se le conoce con el nombre de compensador de fase y su funcionamiento básicamente es el siguiente:

La señal de salida de un acelerómetro que se encuentra colocado en la placa pulsante, es enviada a un amplificador con control automático de ganancia. (Esta señal es representativa de los movimientos de la placa).

La señal amplificada es enviada a un detector de fase, donde es comparada su fase con la de la señal de entrada, a la salida de este detector o comparador aparecerá cualquier desviación de fase, que es filtrado y enviado posteriormente al defasador donde será modificada la fase de la señal de entrada del vibrador, lográndose de esta manera la sincronización de las dos señales, finalmente la señal corregida es enviada al amplificador de señal de barrido.

Un buen control de fase es considerado dentro de  $\pm$  veinte grados con respecto al barrido de referencia y este control debe lograrse dentro de un tiempo máximo de 0.5 segundos después de que se inició el barrido.

En la Fig. (IV-3) se muestra el funcionamiento por etapas del circuito compensador de fase.

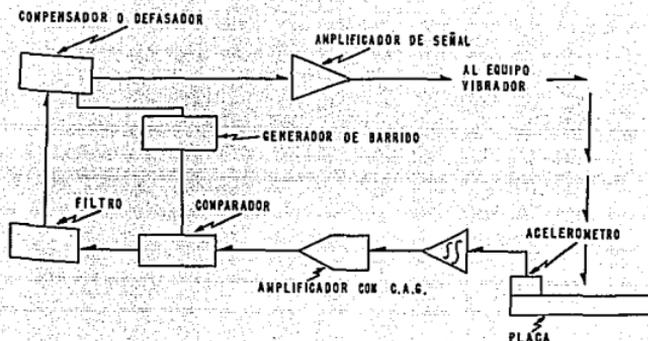


Fig. (IV-3)

#### IV.2.- MEJORAMIENTO DE LA LINEALIDAD

Para el mejoramiento de la linealidad de la potencia transferida por la placa al terreno y con el objeto de incrementar la fuerza de salida del equipo a la placa pulsante, se le transmite el peso del vehículo que transporta el vibrador; esta transmisión de peso se logra mediante un sistema hidráulico como se muestra en la Fig. (IV-4).

Este sistema consta básicamente de unos gatos hidráulicos que en un extremo se encuentran conectados al chasis del camión y por el otro extremo a unos resortes que a su vez se encuentran conectados a la placa.

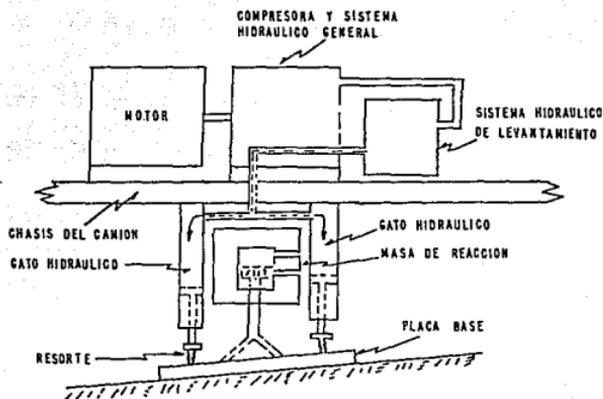


Fig. (IV-4)

Al levantarse los gatos, el peso del camión descansará sobre la placa y los resortes evitarán que las vibraciones de placa se transmitan a todo el camión.

La aplicación de este peso también evita que la placa se despegue del terreno cuando la masa de reacción tienda a moverse hacia abajo.

#### IV.3.- CARACTERISTICAS BASICAS DE LOS VIBRADORES SISMICOS.

Una de las características fundamentales es la fuerza máxima de salida ejercida por el sistema vibrador.

Esta fuerza se encuentra definida por la siguiente relación  

$$F_{\max} = \text{Área del pistón} \times (\text{PSC}) \text{-----} A$$

Donde PSC = presión del sistema hidráulico por  $\text{cm}^2$ .

La Fig. (IV-5) nos muestra una gráfica donde se muestra la fuerza de salida de un vibrador comparada con la frecuencia de operación del mismo.

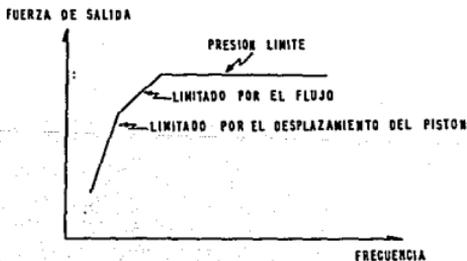


Fig. (IV-5)

De la observación de la gráfica, se nota que a altas frecuencias la fuerza del vibrador se mantiene constante y es máxima; a medida que disminuye la frecuencia, la fuerza de salida se ve limitada debido al flujo máximo permitido por el conjunto de bombas y válvulas, y finalmente si se reduce más la frecuencia trae como consecuencia que disminuye aún más la fuerza de salida y esto se debe a que se alcanzan los límites del desplazamiento constante del pistón, es decir, a medida que se reduce la frecuencia, el desplazamiento requerido para obtener una aceleración constante crece como el inverso de la frecuencia al cuadrado.

De la relación A podemos observar que para el diseño de un vibrador existen varios parámetros que se pueden combinar para obtener un cambio en la fuerza de salida.

Por ejemplo: si se desea disminuir los requerimientos de flujo hidráulico, se tiene que disminuir el área del pistón y esto trae como consecuencia un descenso en la fuerza de salida del sistema vibrador, en el caso contrario de que se desea más fuerza de salida, se debe de incrementar el área del pistón para lograr este aumento, pero también será necesario incrementar considerablemente el flujo hidráulico lo cual implica emplear bombas de mayor capacidad y por lo tanto de mayor costo.

Otra manera de incrementar la fuerza de salida es aumentar el peso del sistema vibrador, lo cual permite mantener fijos los requerimientos de flujo o de potencia en el sistema hidráulico.

Cuando los vibradores operan en las frecuencias mas bajas sus requerimientos de flujo son mayores, es decir, para frecuencias bajas se necesita mas presión hidráulica sobre el pistón que cuando se trabaja con altas frecuencias. Lo anterior se debe a que cuando se opera con frecuencias bajas el sistema vibrador se comporta como un sistema de desplazamiento, y a veces con un diseño de aceleración cuando se opera con altas frecuencias.

Debido a lo anterior algunos tipos de vibradores presentan un límite para operar con frecuencias bajas y en este límite debe de tener un suministro de potencia hidráulica que mantenga la presión necesaria en el máximo fluido requerido.

Actualmente existen otros tipos de equipo vibrador que operan con frecuencias mas bajas sin incrementar considerablemente el volumen de la bomba, esto lo logran con el uso de un acumulador, dentro del cual almacena el volumen de aceite necesario para operar en bajas frecuencias. Este volumen se encuentra confinado a altas presiones las cuales se liberan cuando son requeridas.

Estos acumuladores están constituidos por una membrana que se encuentra separando el aceite almacenado y una cantidad de gas de nitrógeno, este gas incrementa el volumen efectivo del acumulador.

El funcionamiento de estos acumuladores básicamente es el siguiente:

Antes de que se genere el barrido, la bomba alimenta con determinada cantidad de aceite y altas presiones al acumulador, logrando con esto que el aceite empuje a la membrana y ésta a su vez comprima al nitrógeno.

Cuando se inicia el barrido y se requieran grandes presiones de flujo (para generar bajas frecuencias) se libera el nitrógeno que se encuentra dentro del acumulador y esto provoca una presión sobre la membrana la cual a su vez expulsa el aceite hacia las servo-válvulas hasta que el volumen de aceite del acumulador se agote y cuando esto ocurre, la bomba comienza a proveer el aceite faltante hasta que concluya el barrido.

La recarga del acumulador se realiza en el tiempo que existe entre barrido y barrido, y esta recarga la realiza la misma bomba hidráulica del equipo vibrador.

Otra característica importante de los vibradores es la capacidad que tiene el circuito compensador de fase para lograr rápidamente un control de fase al principio del barrido, del que depende en gran parte, el funcionamiento del equipo vibrador.

La Fig. (IV-6) nos muestra como se lleva a cabo el proceso descrito anteriormente.

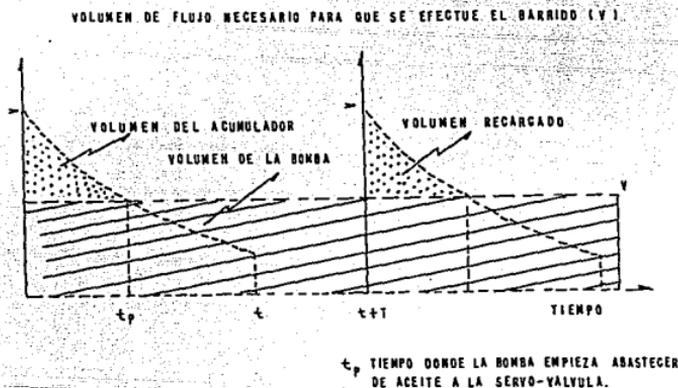
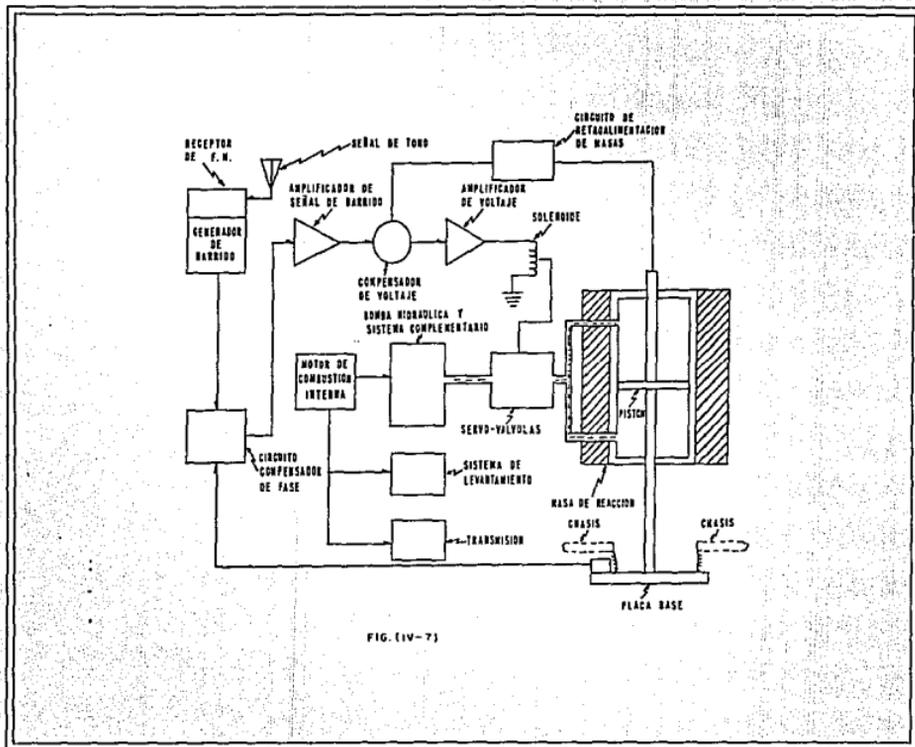


FIGURA (IV-6)

La Figura (IV-7) nos muestra el funcionamiento por etapas del sistema electromecánico que en conjunto forma el sistema vibrador.



## V.- EFECTOS DE LA DISTORSION NO LINEAL EN LOS REGISTROS DE VIBROSISMO.

### V. 1.- FUNDAMENTOS

Cuando se observa un registro del movimiento de la plancha del vibrador, es evidente la gran cantidad de distorsión que se manifiesta en los registros de campo, no obstante que es producida por una señal senoidal, y no es posible identificar ningún evento de reflexión, sino hasta que se le aplique algún proceso preliminar como es la correlación cruzada, en la que se mide el grado de similitud existente entre dos elementos o funciones apropiadas.

En la Fig. (V-1) se muestran unos registros de campo sin correlación, y en la Fig. (V-2) los mismos registros de campo ya correlacionados, en el cual se pueden distinguir algunos eventos de reflexión.

En este capítulo se tratará de ver algunos problemas que causa la no linealidad del barrido, que normalmente se producen por: defectos en el sistema hidráulico, defectos en la retroalimentación, mal acoplamiento de la plancha con el terreno y el usar frecuencias descendentes.

También en la figura (V-3), se puede apreciar algunos registros con problemas de mal acoplamiento de la plancha.

## V. 2.- ANALISIS DE LA DISTORSION ARMONICA

En el Sistema de vibrosismo se genera una onda senoidal de frecuencia modulada en la cual la frecuencia instantánea varía linealmente con el tiempo. Un barrido de T segundos de duración con frecuencias incrementadas de  $F_0$  a  $F_m$ , en donde  $F_0 < F_m$ , llamándose barrido ascendente, el que se expresa en la siguiente forma:

$$S_1(t) = \alpha_1 \text{ SEN } 2\pi (F_0 + Qt) t \text{ ----- (1)}$$

En donde  $\alpha_1$  y Q son constantes, y la frecuencia instantánea  $F_1$  está dada por:

$$F_1 = \frac{1}{2\pi} \frac{d}{dt} \left[ 2\pi (F_0 + Qt) t \right]$$

$$= F_0 + Qt$$

La constante Q está definida por la siguiente relación.

$$Q = \frac{F_1 - F_0}{2t} = \frac{F_m - F_0}{2T}$$

$$Q = \frac{W}{2T} \quad \text{DONDE } W = F_m - F_0$$







( V-3 )

U N A M	TESIS PROFESIONAL
	REGISTRADOR NAL
	ACOPLEMIETO DE PLACMA
	JESUS MENDOZA FIGUEROA HERNANDEZ A. 1993   V-3

Para  $f_0 = 10$  Hz,  $f_m = 60$  Hz  $T = 4$  Segundos

$$w = f_m - f_0 = 60 \text{ Hz} - 10 \text{ Hz} \quad w = 50 \text{ Hz}$$

$$Q = \frac{50}{2(4)} = 6.25$$

Para el caso de un barrido descendente de  $F_m$  a  $F_0$ ;  $F_0$  y  $F_m$  son intercambiadas en las ecuaciones 1 y 2 con lo que se tiene que:

$$S_1(t) = \alpha_1 \text{ SEN } 2\pi (F_m + Q)t \quad (1')$$

$$F_1 = F_m + 2Qt \quad Q = \frac{F_0 - F_m}{2T} = -\frac{w}{2T} \quad (2')$$

Si se define  $(S_1)$  con la expresión

$$S_1(t) = \alpha_1 \text{ SEN}(2\pi F_1 t + \theta_1)$$

En donde  $\theta_1$  es la fase instantánea o la fase de  $F_1$ , entonces se pueden combinar los resultados anteriores para tener

$$\theta_1 = -2\pi Q t^2$$

Esta expresión es útil en la estimación del espectro de Fourier de un barrido de vibrosismo, para barridos en los cuales la frecuencia cambia lentamente de  $F_0$  a  $F_m$ , el espectro de fase tiene aproximadamente el valor de  $Q$ .

### V. 3.- DISTORSION ARMONICA

El efecto de una distorsión armónica en un barrido  $S_i(t)$  dependerá de la naturaleza del mecanismo que genere la distorsión (amplitud y fase, etc.), y también el tipo de variaciones de la frecuencia instantánea  $F_i$ . Suponiendo que  $\frac{df_i}{dt}$  es pequeña y que la distorsión armónica de  $K^{\text{th}}$  de  $S_i(t)$  tiene los efectos de la suma,  $S_i(t)$  para la señal que incluye la distorsión estará expresado por:

$$S_k(t) = \alpha_k \text{SEN } 2\pi k (f_0 + Q t) \quad \dots \dots \dots - 3$$

En la figura (V-4) se muestra un ejemplo de las señales correspondientes a la frecuencia fundamental de vibrosismo, así como su componente armónica ó  $K^{\text{th}}$ . Puede observarse que  $S_k$  también se parece a un barrido de vibrosismo. Ambas señales tienen la misma longitud de barrido; si  $F_m > K f_0$ , las dos señales tienen algunas frecuencias instantáneas comunes, y las zonas en que aparecen señales con frecuencias comunes están indicadas por las líneas punteadas en la figura antes mencionada.

Se puede suponer que la señal de salida  $S_i(t)$  que se obtiene de un barrido armónicamente distorsionado, consiste en la suma de  $S_i(t)$  y todas las distorsiones  $S_k(t)$ , para la cual la amplitud  $k$

desde el cero al pico no es cero, si no que queda expresada con la siguiente expresión:

$$S(t) = S_1(t) + S_2(t) + \dots$$

#### V. 4.- CALCULO CUANTITATIVO DE LA DISTORSION DE COLA

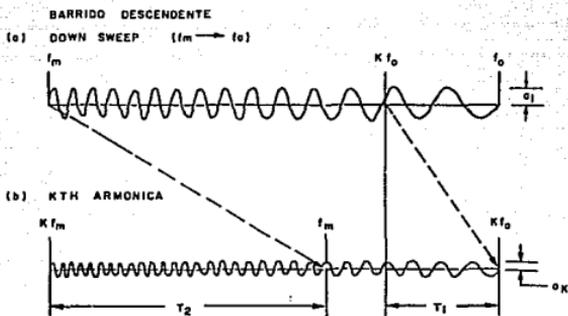
Cuando se utiliza un barrido ascendente la distorsión no aparece en ninguna parte, porque el proceso de correlación usualmente se establece para los datos de salida a partir del tiempo cero (en donde el tiempo cero es el pico del pulso de autocorrelación). En el caso de barridos descendentes los tiempos T1 y T2 que se muestran en la Fig. (V-5) están calculados con las siguientes expresiones:

$$T_1 = \frac{(K-1)Tf_0}{W} \quad \text{----- 1}$$

$$T_2 = \frac{(K-1)Tf_m}{KW} \quad \text{----- 2}$$

- Donde
- K es el número de armónica (1, 2, 3...etc.).
  - T es la longitud del barrido en segundos.
  - f<sub>0</sub> es la frecuencia más baja en el barrido.
  - f<sub>m</sub> es la frecuencia más alta en el barrido.
  - w es el ancho de banda del barrido. (F<sub>m</sub> - F<sub>0</sub>)

En la Figura mencionada es evidente que si T1 es mayor que el tiempo que corresponde a los eventos de interés sísmico más



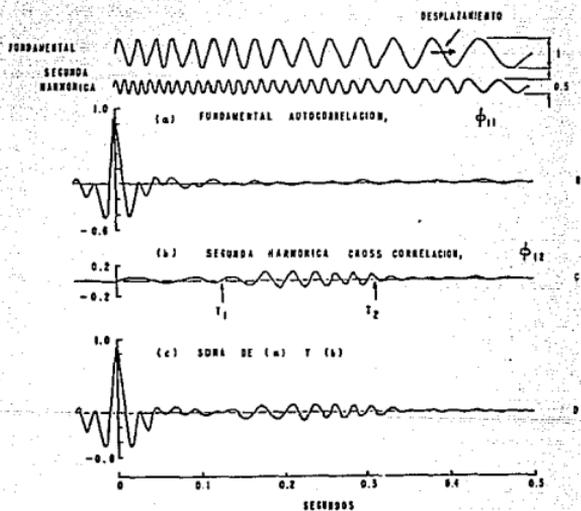


FIG. (V-5)

profundos, las posibles distorsiones no afectarán a las reflexiones, es decir si  $T_1$  resulta ser de 5 segundos, las reflexiones con menos de 5 segundos de tiempo de grabación no serán apreciablemente distorsionadas al final del sismograma, y de acuerdo a la expresión para  $T_1$ , se tiene que  $T_1$  es mayor cuando el tiempo de barrido (T) es largo, ó cuando la más baja frecuencia en el barrido ( $f_0$ ) es alta, o cuando el rango de frecuencias en el barrido ( $w$ ) es pequeño. Algunos ejemplos se indican en la siguiente tabla:

SOLO PARA SEGUNDA ARMONICA

	BARRIDO Hz	TIEMPO (SEG)	T1 (SEG)	T2(SEG)
A	48 ==> 12	15	5.0	10.0
B	48 ==> 12	11	3.67	7.33
C	58 ==> 20	11	5.79	8.39
D	60 ==> 10	4	0.8	2.4

En el ejemplo A, la distorsión se inicia a los 5 segundos, en donde la grabación correlacionada estaba limitada a 5 segundos, por lo que no hay distorsión en la grabación.

Con barridos de 11 segundos y frecuencias de 48 - 12 Hz. la distorsión inicia a los 3.67 seg., en el caso de la banda de 58 - 20 Hz. no se tiene ninguna distorsión y en el caso de D con banda

de frecuencia de 60 - 10 Hz. y 4 segundos, se observa que la distorsión armónica comienza a los .8 segundos.

Como se puede apreciar en la tabla, los cálculos se refieren solamente a distorsiones armónicas secundarias.

En la mayoría de los casos las armónicas más altas se pueden ignorar, ya que (según las fórmulas) T es dos veces más grande para la tercera distorsión armónica, etc., sin embargo en D, el cálculo muestra que la distorsión armónica secundaria aparece en el registro correlacionado a .8 segundos, los efectos de la tercera armónica empiezan a los 1.6 segundos, la cuarta armónica a los 2.4 segundos etc. por lo que de 1.6 a 2.4 segundos la distorsión es una combinación compleja de efectos de distorsión secundaria y terciaria.

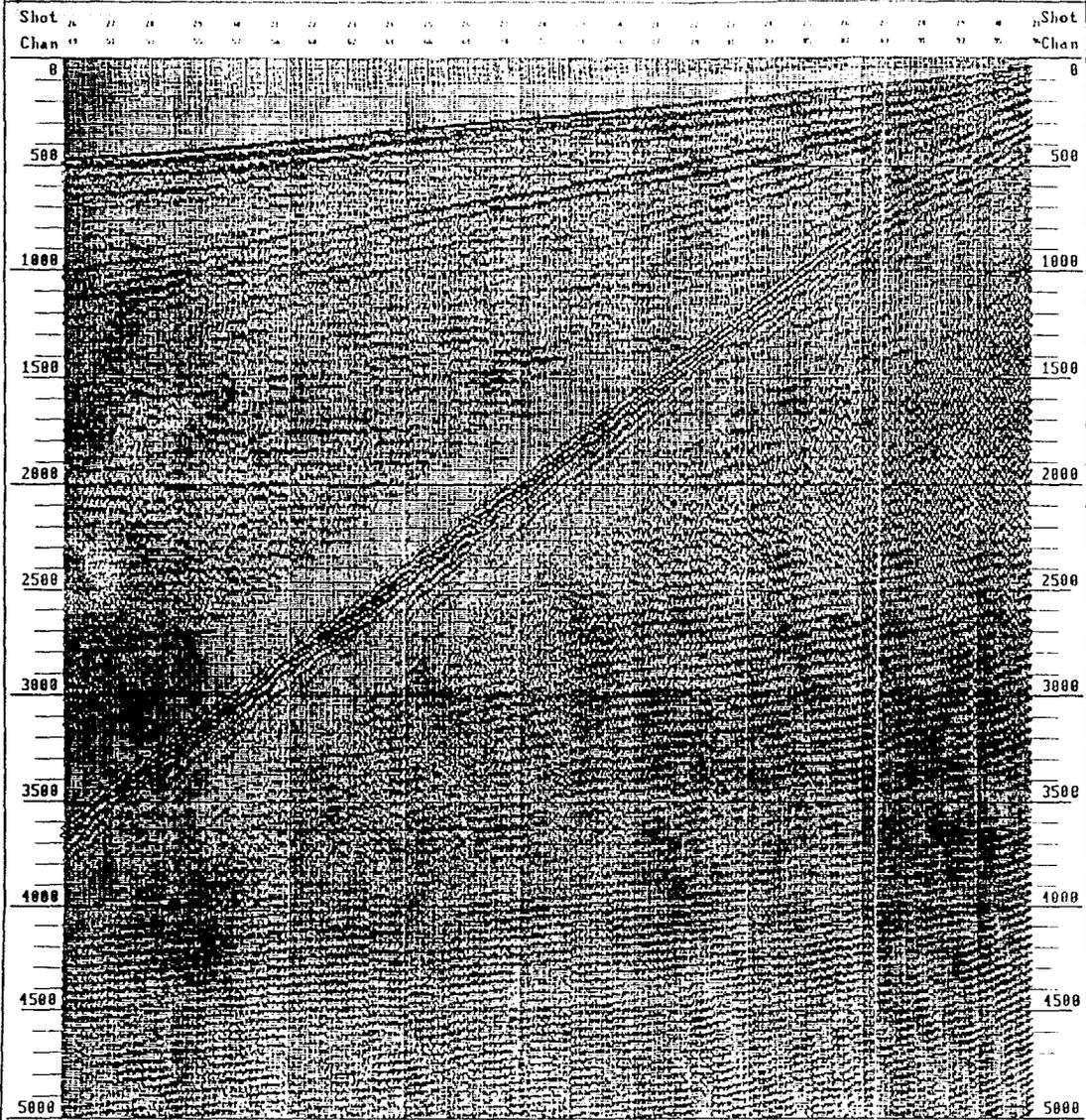
La relación que existe entre una señal de reflexión y la distorsión armónica, se define por medio de la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{AMPLITUD DE LA DISTORSION ARMONICA}}{\text{AMPLITUD DEL REFLEJO}} = \frac{2k}{\epsilon t} \frac{1}{\sqrt{2(K-1)TW}}$$

- W : NUMERO DE ARMONICAS.
- w : DIFERENCIA ENTRE LA FRECUENCIA MAXIMA Y MINIMA.
- T : DURACION DE LA SEÑAL DE BARRIDO.
- $\omega$  : AMPLITUD DEL BARRIDO.
- $\omega_h$  : AMPLITUD DE LA ARMONICA.

También se presenta en este capítulo, un perfil de ruido registrado con un barrido descendente que va de 60 - 10 Hz, el cual manifiesta la distorsión por segunda armónica a 3.2 segundos, donde interfiere las reflexiones mas profundas, ver figura (V-6).

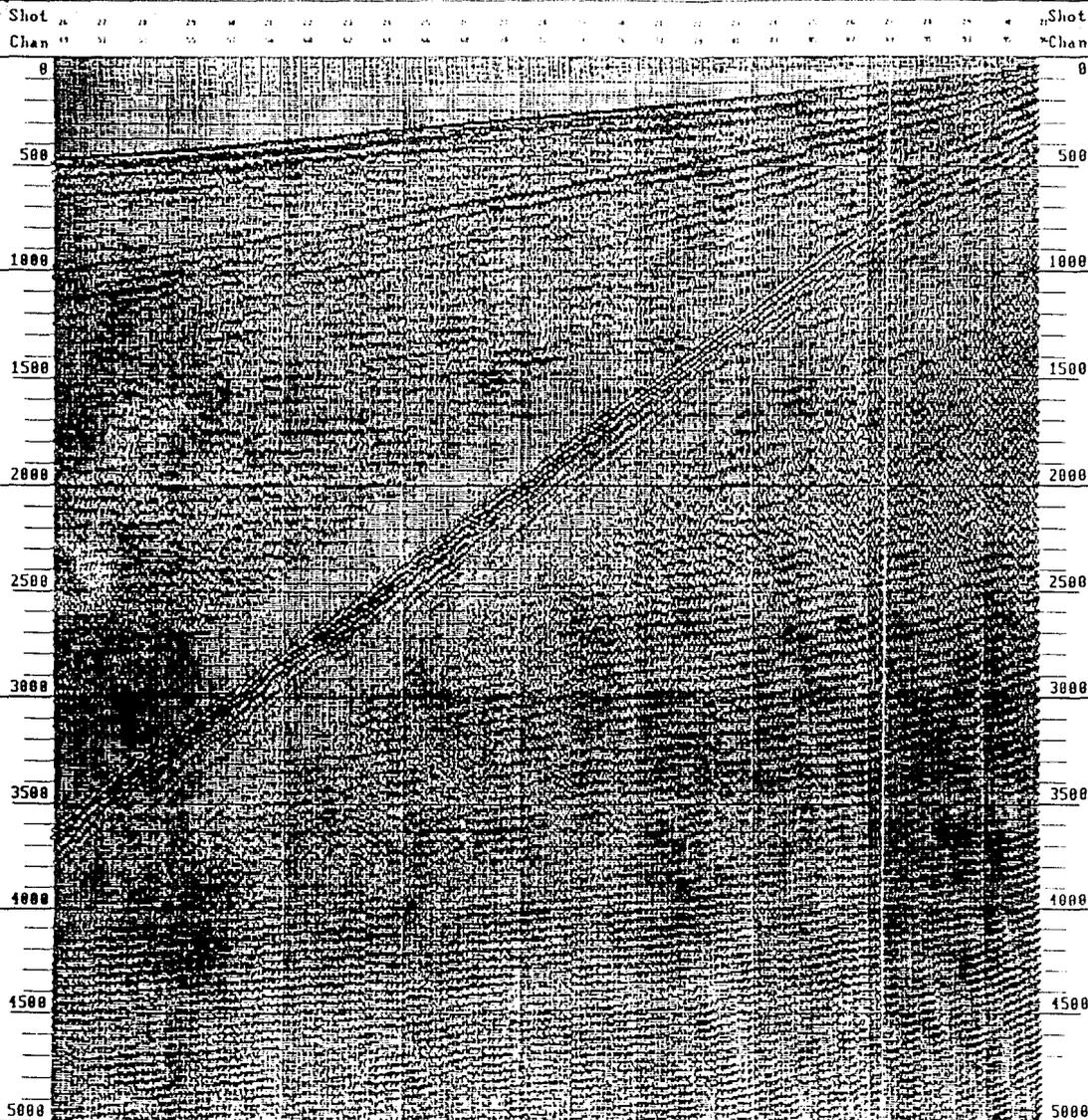
PERFIL DE RUIDO BARRIDO: 60 10 HZ. DETECTORES AGRUPADOS



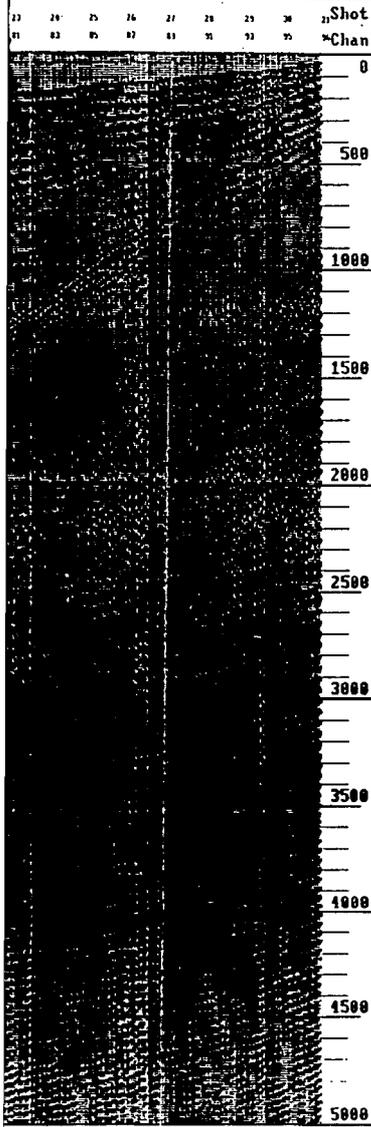
PERFIL DE RUIDO

BARRIDO: 60 10 HZ.

DETECTORES AGRUPADOS



ES AGRUPADOS



## PERFIL DE RUIDO

### DATOS:

DISTANÇIA ENTRE ESTACAS:	25 MTS.
DISTANÇIA ENTRE P.V.:	2.5 MTS.
NUMERO DE BARRIDOS:	5
NUMERO DE VIBROS:	1
NUMERO DE P. Vs.:	10
TRAZA 49 - 96:	DETECTORES AGRUPADOS
FRECUENCIA DE BARRIDO:	60 - 10 Hz.
LONGITUD DE BARRIDO:	16 SEG.
TIEMPO DE GRABACION:	16 + 5 SEG.
FILTROS FUERA	

U N A M	TESIS PROFESIONAL
	PERFIL DE RUIDO
	CON DISTORSION ARMONICA
J. JESUS HERNANDEZ A.	MEXICO D.F. FIGURA N. 1893 V-6

VI.- COMPARACION DE RESULTADOS DE UN SISTEMA CONVENCIONAL Y UN SISTEMA TELEMETRICO.

VI.1.- COMPARACION DE LOS REGISTROS DE CAMPO

En las figuras (VI-1) y (VI-2) se muestran los registros de campo, tanto los observados con el Sistema convencional como con el Telemétrico, obtenidos en un trabajo real en el que participo el autor.

Estos registros se observaron con los siguientes parámetros:

- a).- Tendido Lateral 0 - 300 - 2375 m.
- b).- Distancia entre centros de grupo 25 m.
- c).- Patrón de detección  $N = 24$ ,  $X = \text{variable según } \cos^2 \theta$   
 $L = 60 \text{ m.}$
- d).- Patrón de vibración 4V - 16.6m - 3.3 m - 16B/50m.
- e).- Off - Set 300m.
- f).- Apilamiento 2400 %.
- g).- Longitud de barrido 16 segundos + 5 de penetración.
- h).- Longitud de grabación 21 segundos.
- i).- Frecuencia de barrido 10 - 56 Hz.

Como se puede ver, los registros con el Sistema Telemétrico

presentan mejor definición, tanto para los eventos someros como para los profundos, debido a que la señal antes de ser registrada en la Central Electrónica o Unidad de Registro, es filtrada, amplificada, digitizada y decodificada en la estación remota.

Como referencia también se anexan las figuras (VI-3), (VI-4) y (VI-5) en la cual se muestran el patrón de detección, patrón de vibración y el diagrama de trayectorias para un apilamiento de 2400 %.

#### VI.2.- COMPARACION DE SECCIONES SISMOLOGICAS EN AMBOS SISTEMAS

Esta misma información fué procesada en una PC COMPAQ 386/33 Modelo: 2580, aplicándole los mismos procesos, que son:

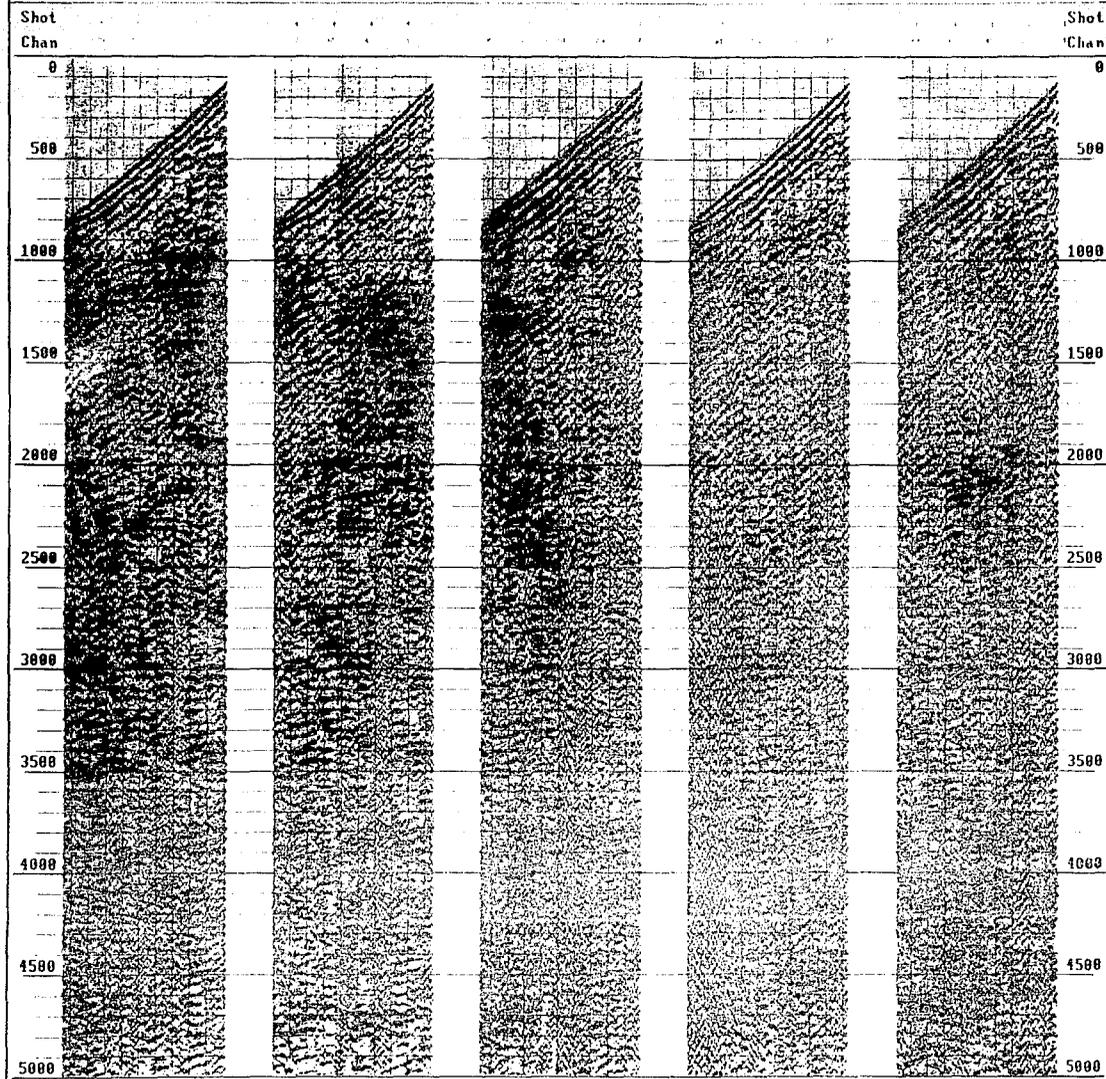
- a).- Demultiplexado
- b).- Correlación y recuperación de amplitud verdadera.
- c).- Familia de P. R. C.
- d).- Correcciones estáticas.
- e).- Análisis de velocidades.
- f).- Aplicación de correcciones dinámicas.
- g).- Filtro después de apilar.

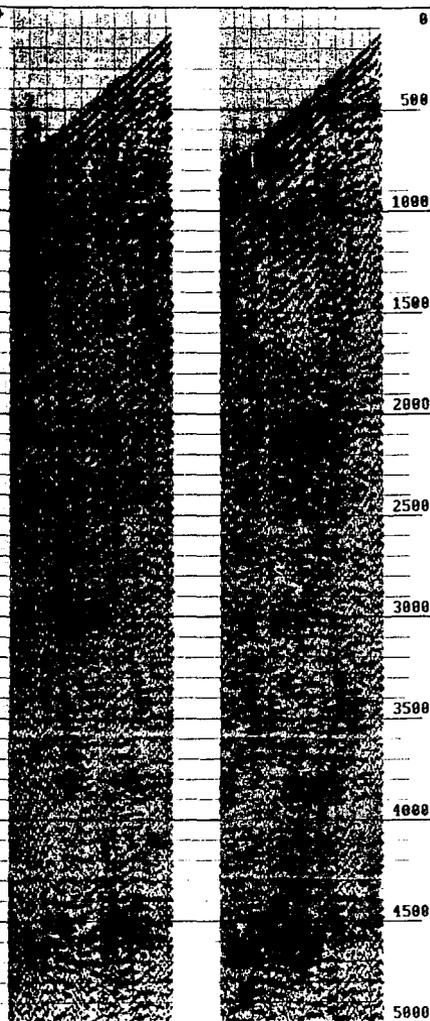
Con el procesado anterior se obtuvieron dos secciones de tipo preliminar, las cuales son mostradas en las figuras (VI-6) y (VI-7), de lo anterior se puede deducir que con el Sistema Telemétrico los datos tanto someros como profundos tienen mejor correlación, ya que en la sección observada con el Sistema convencional se presenta mayor mezcla de las señales con los ruidos, que no permiten ver claramente algunos eventos de reflexión que pudieran ayudar en la Interpretación.

Es de suma importancia registrar datos con las mínimas interferencias posibles, sobre todo cuando se trabaja en áreas de baja respuesta sísmica debido a la complejidad estructural del área.

También debe ponerse en evidencia que cuanto mejor sea la respuesta sísmica, las secciones sísmológicas permitirán hacer una Interpretación más razonable del comportamiento estructural y estatigráfico, y como consecuencia, mejor definición en los objetivos que se persiguen.

DEMULTEPLEXADO DE LA LINEA 129 EQUIPO MDS-10



Shot  
Chan

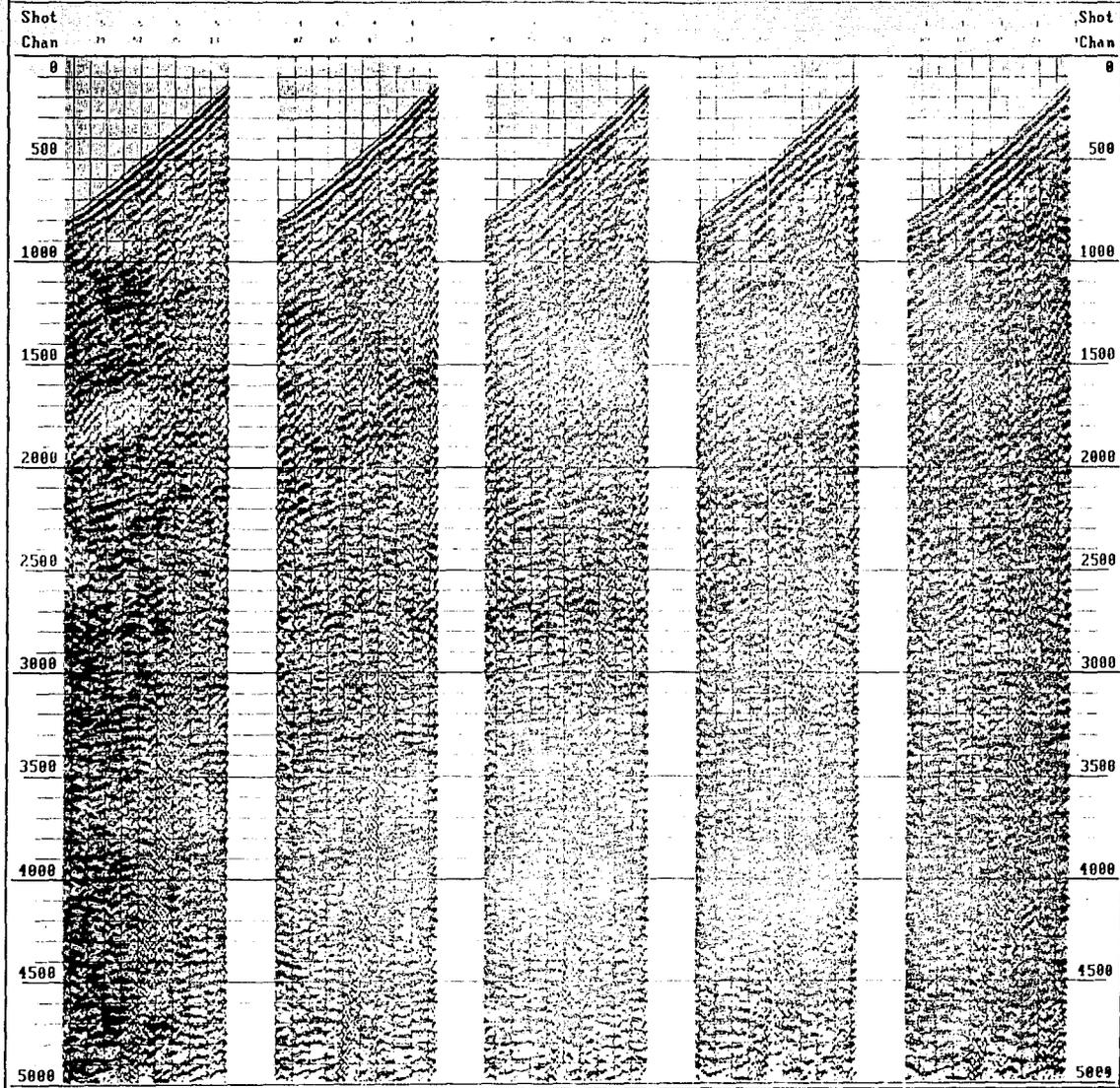
## REGISTROS DE CAMPO CON UN SISTEMA CONVENCIONAL

### PARAMETROS

- a).- *Tendido Lateral: 0 - 300 - 2375 m.*
- b).- *Distancia entre centros de grupos: 25 m.*
- c).- *Patrón de detección: N = 24, X = variable según  $\cos^2 \theta$ , L = 60 m.*
- d).- *Patrón de vibración: 4V - 16.6 m. - 3.3 m. - 16B/50 m.*
- e).- *Off-set: 300 m.*
- f).- *Aplamamiento: 2400 %.*
- g).- *Longitud de barrido: 16 segundos + 5 de penetración.*
- h).- *Longitud de grabación: 21 segundos.*
- i).- *Frecuencia de barrido: 10 - 56 Hz.*

U N A M	TESIS PROFESIONAL	
	REGISTROS DE CAMPO CON	
	UN SISTEMA CONVENCIONAL	
	J. JESUS HERNANDEZ A.	MEXICO D.F. FIGURA No. 1983 VI - I

DEMÚLTIPLEXADO DE LA LINEA 129 EQUIPO 170



## REGISTROS DE CAMPO CON UN SISTEMA TELEMETRICO

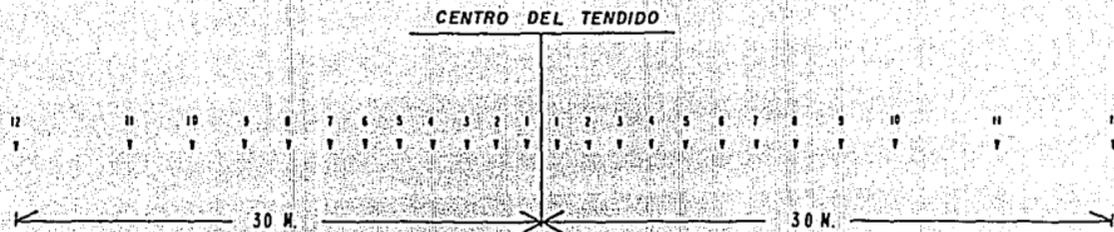
### P A R A M E T R O S

- a).- *Tendido Lateral: 0 - 300 - 2375 m.*
- b).- *Distancia entre centros de grupos: 25 m.*
- c).- *Patrón de detección: N = 24, X = variable según  $\cos^2 \theta$ , L = 60 m.*
- d).- *Patrón de vibración: 4V - 16.6 m. - 3.3 m. - 16B/50 m.*
- e).- *Off-set: 300 m.*
- f).- *Apilamiento: 2400 %.*
- g).- *Longitud de borrado: 16 segundos + 5 de penetración.*
- h).- *Longitud de grabación: 21 segundos.*
- i).- *Frecuencia de barrido: 10 - 56 Hz.*

U N A M	TESIS PROFESIONAL		
	REGISTROS DE CAMPO CON		
	UN SISTEMA TELEMETRICO		
	J. JESUS HERNANDEZ A.	MEXICO D.F. 1993	FIGURA No. VI-2

# PATRON DE DETECCION

$L = 60 \text{ m.}$



$d_1 = 0.01 \text{ Mts.}$   
 $d_2 = 2.60 \text{ ''}$   
 $d_3 = 4.40 \text{ ''}$   
 $d_4 = 6.20 \text{ ''}$   
 $d_5 = 8.01 \text{ ''}$   
 $d_6 = 10.00 \text{ ''}$   
 $d_7 = 12.12 \text{ ''}$   
 $d_8 = 14.38 \text{ ''}$   
 $d_9 = 16.90 \text{ ''}$   
 $d_{10} = 19.34 \text{ ''}$   
 $d_{11} = 23.58 \text{ ''}$   
 $d_{12} = 30.00 \text{ ''}$

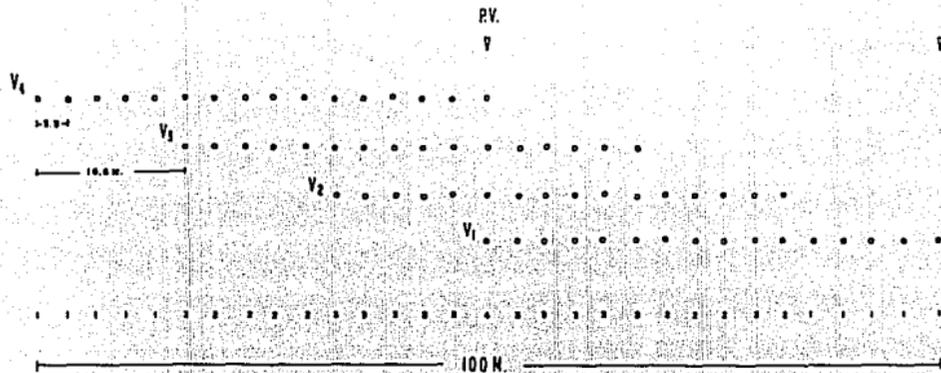
$N = 24 \text{ DETECTORES}$

$X = \text{VARIABLE (FUNCION } \cos^2 \theta \text{)}$

FIG. (VI-3)

ESTA TESIS NO DEBE  
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

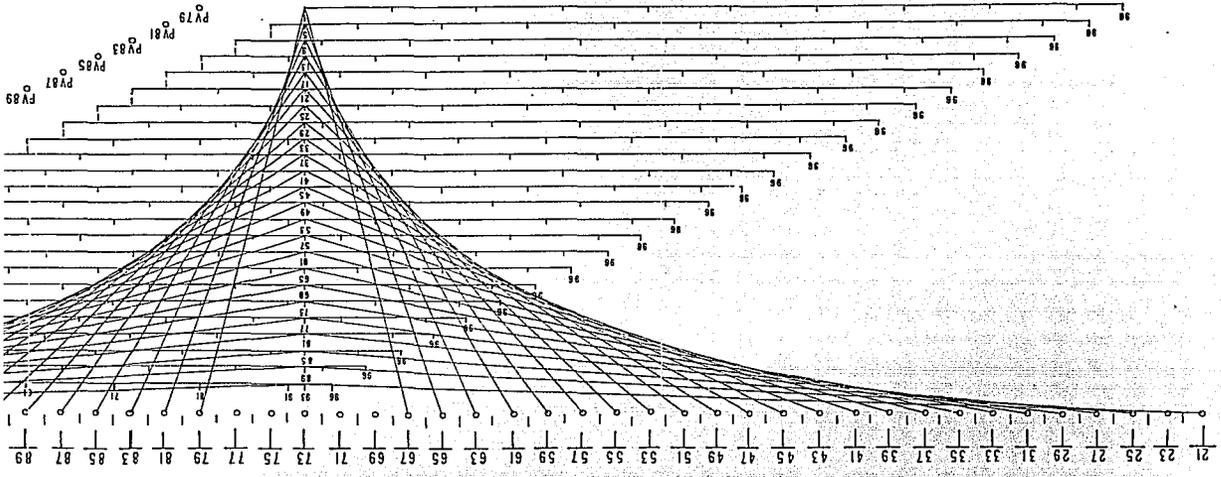
## PATRON DE VIBRACION



4V - 16.6 M. - 168. - 3.3H.

FIG. (VI-4)

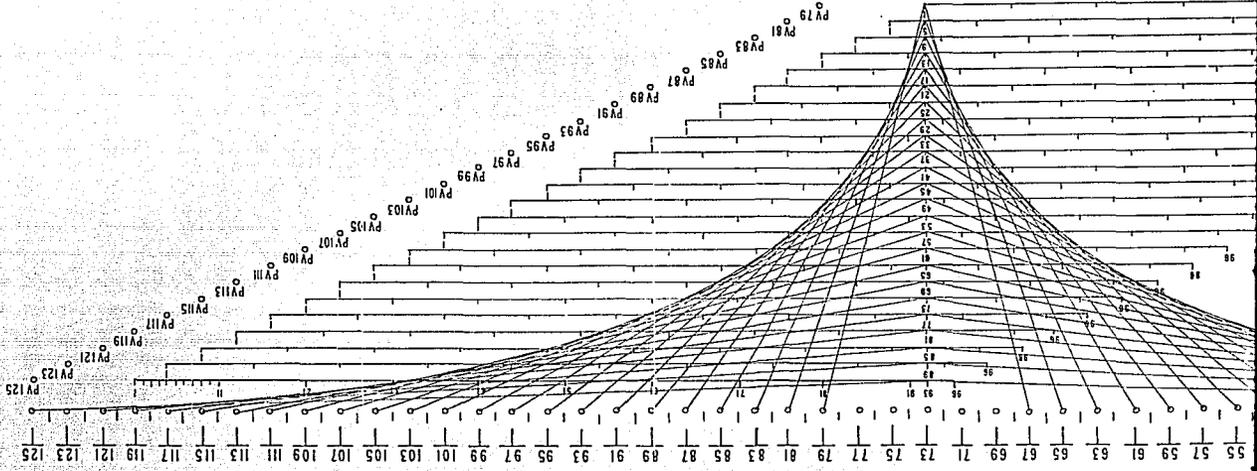
PUNTO VIBRA  
ESTACIONES  
DISTANCIA E  
DISTANCIA E  
TENDIDO LATE



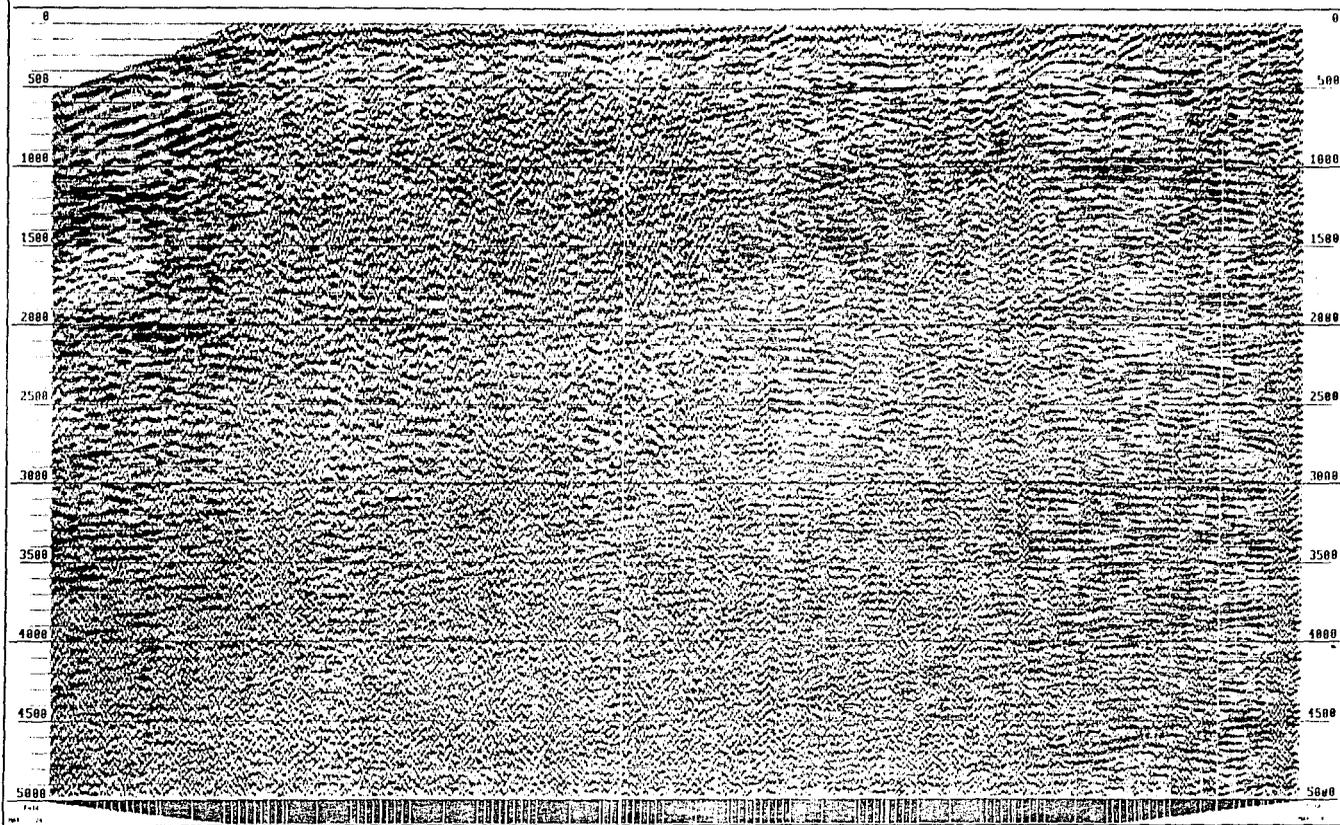
TESIS PROFESIONAL  
 DIAGRAMA DE TRAYECTORIAS  
 DE APLAZAMIENTO 2.400 %  
 ASESOR TECNICO: VICENTE M. S. MARRERO A 1982, 11 - 3

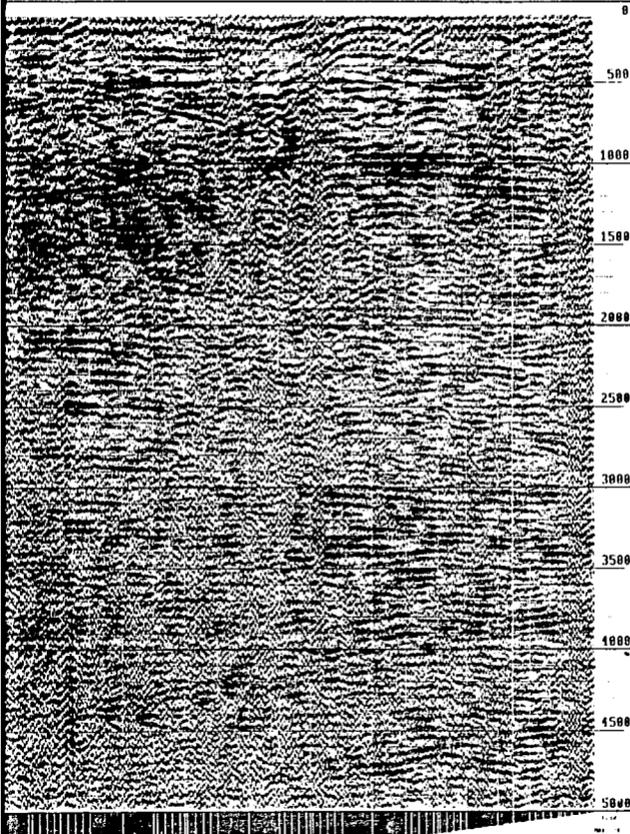
MANU

PUNTO VIBRADO \_\_\_\_\_  
 ESTACIONES \_\_\_\_\_ 1  
 DISTANCIA ENTRE ESTACIONES \_\_\_\_\_ 25 M.  
 DISTANCIA ENTRE PUNTO VIBRADO \_\_\_\_\_ 50 M.  
 TENDIDO LATERAL \_\_\_\_\_ 0 - 300 2875 M.



Grp 001 002 003 004 005 006 007 008 009 010 011 012 013 014 015 016 017 018 019 020 021 022 023 024 025 026 027 028 029 030 031 032 033 034 035 036 037 038 039 040 041 042 043 044 045 046 047 048 049 050 051 052 053 054 055 056 057 058 059 060 061 062 063 064 065 066 067 068 069 070 071 072 073 074 075 076 077 078 079 080 081 082 083 084 085 086 087 088 089 090 091 092 093 094 095 096 097 098 099 100 Grp





SECCION SISMOLOGICA CON UN SISTEMA CONVENCIONAL

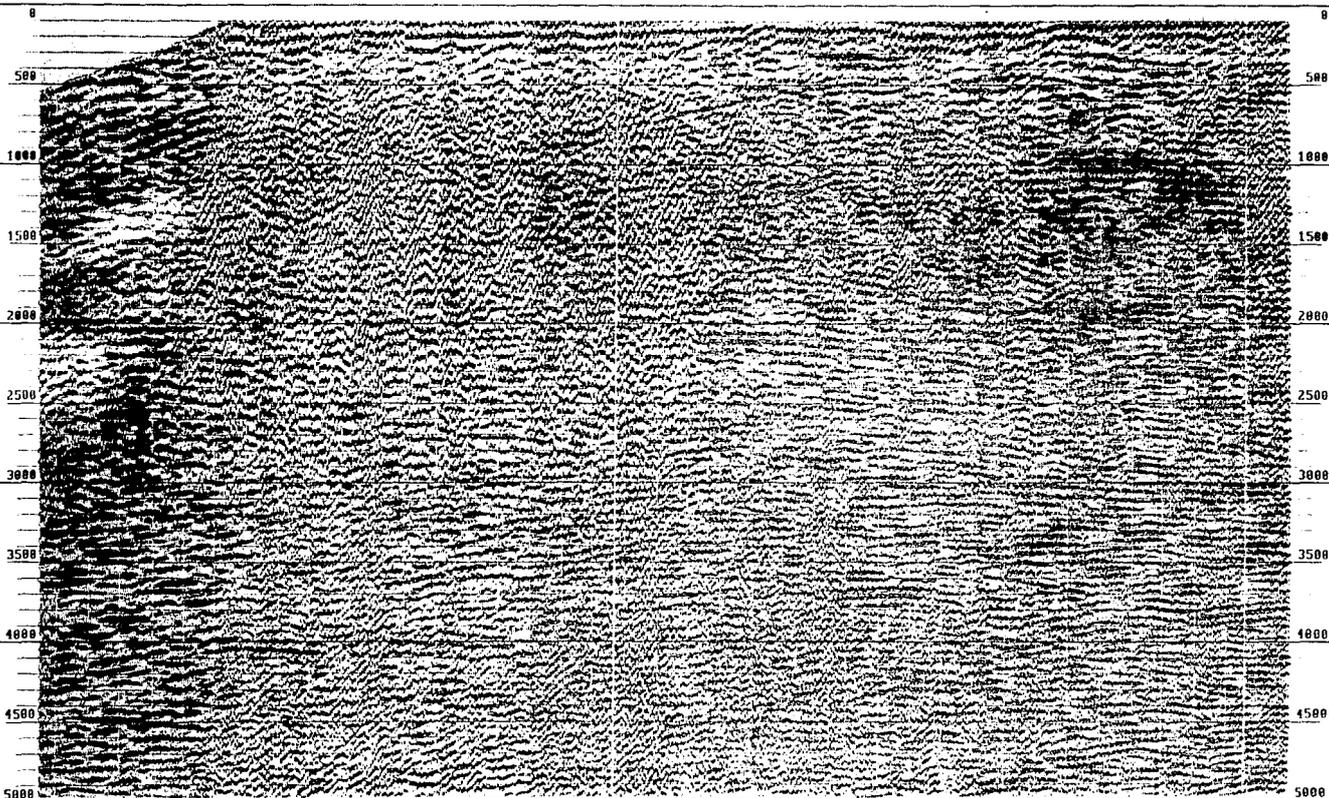
SECUENCIA DE PROCESO

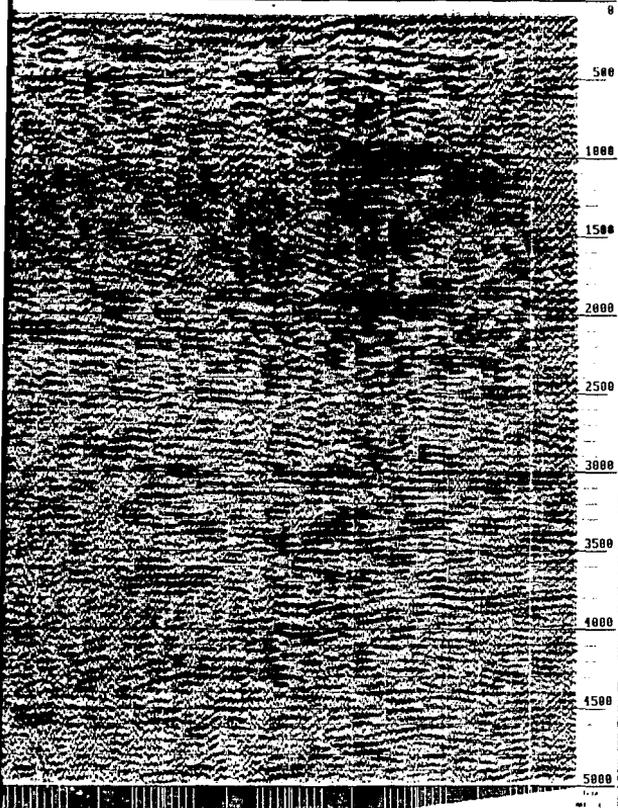
- a).- Demultiplexado.
- b).- Correlación y recuperación de amplitud verdadera.
- c).- Familia de P. R. C.
- d).- Correcciones estáticas.
- e).- Analisis de velocidades.
- f).- Aplicación de correcciones dinámicas.
- g).- Filtro después de apilar.

UNAM	TESIS PROFESIONAL
	SECCION SISMOLOGICA CON
	UN SISTEMA CONVENCIONAL
	J. JESUS MENDOZA CORTES HERNANDEZ A. 1983 FI-M

LÍNEA 129 EQUIPO DE GRABACION 170

Grp 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 1600 1700 1800 1900 2000 2100 2200 2300 2400 2500 2600 2700 2800 2900 3000 3100 3200 3300 3400 3500 3600 3700 3800 3900 4000 4100 4200 4300 4400 4500 4600 4700 4800 4900 5000 5100 5200 5300 5400 5500 5600 5700 5800 5900 6000 6100 6200 6300 6400 6500 6600 6700 6800 6900 7000 7100 7200 7300 7400 7500 7600 7700 7800 7900 8000 8100 8200 8300 8400 8500 8600 8700 8800 8900 9000 9100 9200 9300 9400 9500 9600 9700 9800 9900 10000 Grp





SECCION SISMOLOGICA CON UN SISTEMA TELEMETRICO

SECUENCIA DE PROCESO

- a).- Demultiplexado.
- b).- Correlación y recuperación de amplitud verdadera.
- c).- Familia de P. R. C.
- d).- Correcciones estáticas.
- e).- Análisis de velocidades.
- f).- Aplicación de correcciones dinámicas.
- g).- Filtro después de apilar.

U N A M	TESIS PROFESIONAL
	SECCION SISMOLOGICA CON
	UN SISTEMA TELEMETRICO
	J. JESUS MEDICO DE FIGUERA N.º MEXICO, A. 1993 17-7

## VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La combinación del Sistema Telemétrico con el Sistema de vibrosismo en la prospección sismológica proporciona más versatilidad en los trabajos exploratorios; con ambos sistemas podemos desarrollar actividades en caminos, carreteras, zonas desérticas, montañas, etc., además de las siguientes ventajas:

A).- Mejorar la calidad y la resolución de los datos sísmicos registrados. Esto se logra en gran parte al filtrar, amplificar, digitizar y codificar las señales sísmicas en las estaciones remotas, de modo que al ser transmitido por cable se elimina los ruidos indeseables, por otro lado se ha mejorado la resolución de la señal sísmica al incorporar los convertidores analógico-digital un número mayor de bits, ampliando así el rango dinámico, el cual es un factor dominante en la adquisición de datos sísmicos, además hay muchas innovaciones que nos permiten tener control absoluto de parámetros de adquisición; tales como filtrado, diferentes ganancias, edición de ruidos, efectuar sumas parciales de algún P.V. ó la suma total de barridos.

B).- Tener un control preciso de la fuente (vibradores) ya que los controles electrónicos de los vibradores son computarizados lo cual nos permite:

-- Seleccionar cualquier rango de frecuencia para adquisición de datos (únicamente limitado por las características mecánicas e hidráulicas de los vibradores).

-- Con estos equipos podemos trabajar con barridos lineales, no lineales, y enfatizar las altas frecuencias, ó bajas frecuencias según el objetivo que se pretenda.

-- Control de calidad absoluto, ya que los controles electrónicos de los vibradores en combinación con el generador de barridos tiene un sistema de PSS (Post Sweep Service) Información posterior al barrido, el cual consiste en transmitir datos codificados de parámetros y operación de cada vibrador y de cada barrido efectuado, los cuales una vez decodificados en el generador de barridos (el cual se encuentra en la Central Electrónica) dá un estado del funcionamiento de cada vibrador y de cada barrido indicado por medio de una alarma visual cualquier falla o diferencia de parámetros que pudiera tener un vibrador.

-- Calibración automática, al encender el control electrónico de los vibradores efectúa una calibración automática para todo el sistema hidráulico indicando en la pantalla si hubiera algún desperfecto en el sistema.

C).- Incremento de producción y calidad ya que la combinación de ambos sistemas permite aumentar el avance diario de producción por varios factores:

-- No es necesario desplazar los vibradores hasta la Central Electrónica o viceversa porque con el Sistema Telemétrico, los vibradores se pueden conectar en cualquier lugar de la línea para efectuar similaridad, así mismo se puede hacer una evaluación de similaridad por radio de cada vibrador con el sistema vibracheck.

-- Cualquier cambio en los parámetros de barridos se puede efectuar desde la Central Electrónica sin necesidad de desplazarse hasta los vibradores para efectuarlo, con el cual nos ahorramos tiempo.

-- Con el Sistema Telemétrico no hay necesidad de efectuar cambios de Central Electrónica sobre la Línea de observación, ya que desde cualquier parte que se conecte la Central Electrónica tiene acceso a todo el tendido (limitado únicamente por el número de estaciones remotas o líneas que se cuenten). Esto también trae como consecuencia un ahorro de tiempo considerable.

-- Ya que la Central Electrónica es completamente computarizada, los errores por factor humano quedan casi eliminados, lo cual también es una ventaja en control de calidad e incremento de producción.

-- Por medio de la Central Electrónica y antes de grabar los datos sísmicos se pueden editar y eliminar ruidos indeseables de varios tipos, repentinos y diversos, lo cual es un factor que ayuda mucho a la calidad de la adquisición de datos.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- CURSO TEORICO BASICO DEL SISTEMA DE VIBROSISMO  
TOMO I  
COMPANIA MEXICANA DE EXPLORACIONES, S. A.
- 2.- CURSO TEORICO BASICO DEL SISTEMA DE VIBROSISMO  
TOMO II  
COMPANIA MEXICANA DE EXPLORACIONES, S. A.
- 3.- ACQUIRING BETTER SEISMIC DATA  
WILLIAM CARR PRINTCHETT
- 4.- TRATADO DE GEOFISICA APLICADA  
JOSE CANTOS FIGUEROLA
- 5.- SEISMIC DATA PROCESSING  
OZDOGAN YILMAZ
- 6.- EFFECTIVE SEISMIC FIELD TECHNIQUES  
TRADUCCION POR COMPANIA MEXICANA DE EXPLORACIONES, S. A.
- 7.- DISEÑO DE TECNICAS DE CAMPO PARA LA EXPLORACION DE  
REFLEXION SISMICA  
L. R. DEHAM
- 8.- MANUAL DE SYSTEM ONE I/O
- 9.- FIELD TECHNIQUES FOR IMPROVING SEISMIC REFLECTIONS  
JESSE R. CORNETT
- 10.- VIBROSEIS EDITED FOR ROBERT L. GEYER
- 11.- THE EFFECT OF NO - LINEAR DISTORTION ON VIBROSEIS RECORDS  
F. S. KRAMER, C. G. MORRE, U. S. WARNKE