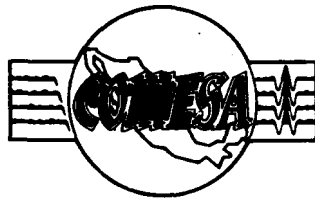


Errata pag

36, 37

93



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. 28-83-90 14-44-02

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-XAK
1 Avion Riley Rocket Mat. XB-SAR
1 Avion Beech Craft Mat. XB-VIG
2 Aviones Piper Aspec Mat. XB-MOI y NOO
1 Avion Cessna 185 Mat. XB-TIS
Unidad Central de Proceso IBM 1131
Lectora perforadora de tarjetas IBM 1442
Unidad Impresora, IBM, 1132
1 Camara Fotogrametrica Zeiss MKK A
1 Camara Fotogrametrica Wild RC 9
1 Camara Fotogrametrica Wild RC 8
1 Camara Fotogrametrica Wild RC 5
3 Camaras Fairchild
4 Camaras para fotografia oblicua
6 Camaras Rectificadoras

4 Camaras de Reproduccion
3 Unidades de Telemetro MRA 3
4 Teodolitos Wild T-2
2 Niveles automaticos Wild NAK 2
4 Camionetas doble traccion
2 Autografos Wild A-7 con Registradora de
coordenadas
1 Estereo cartografico Wild A-8
1 Autografo Wild A-9
4 Autografos Wild B-8
1 Bulples 760, de 7 proyectores
2 Kelsh K-5, de 4 proyectores c u
2 Kelsh K-1, de 2 proyectores c u
2 Multiplex de 8 proyectores c u

DIRECCION

Av. Obrera Mundial Num. 318 esq. con Pasteleros
Teléfonos: 43-38-30 con tres líneas directas y 15-87-43
Cable AEROFOTO MEXICO MEXICO 12, D. F.
Servicios Aereos Av. Santa Dimas Num. 212

SCHLUMBERGER

SCHLUMBERGER SURENCO, S. A.

AGENCIA EN MEXICO

Av. Morelos 98, Desp. 306

Tels.: 46-85-25 y 46-13-85

MEXICO 6, D. F.

**GEOFISICOS CONSULTORES PARA
PETROLEOS MEXICANOS**



***Seismograph Service Corporation
of Mexico***

**AVE. JUAREZ 95-207 • MEXICO I, D.F.
TELEFONOS : 18-27-25 • 18-56-33**

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

ESPECIALIZADOS EN :

**SERVICIO DE
GEOFISICA**

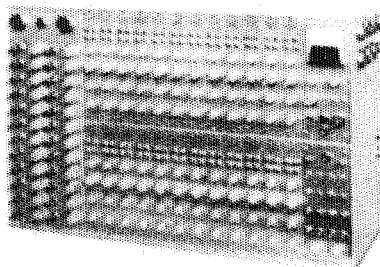
- Levantamientos :**
- Sismológicos
 - Gravimetricos
 - Magnetométricos
 - Procesado de Datos Magnéticos
 - LORAC - Levantamiento Electrónico

**SERVICIO DE
REGISTRO DE POZOS**

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

INSTRUMENTAL GEOFISICO

**DA MEJOR
RENDIMIENTO,
MAYOR DURACION
Y A UN COSTO MENOR**



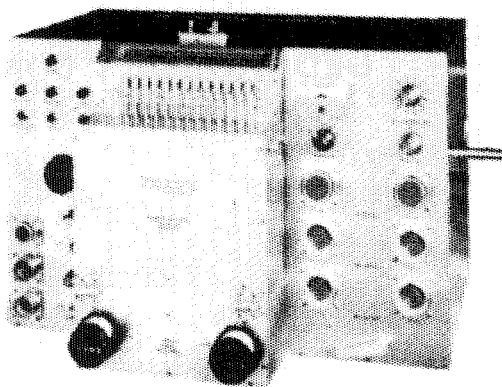
FORTUNE T-1. SISTEMA DE AMPLIFICADORES SISMICOS TRANSISTORIZADOS PARA TRABAJOS DE REFLEXION Y REFRACCION.

BAJO COSTO — El modelo T-1 es el amplificador transistorizado más barato en el mercado.

POCO PESO Y TAMAÑO REDUCIDO — El equipo T-1 de 24 canales, completo, pesa únicamente 73 libras (33.1 Kgs.) y está contenido en una sola caja, cuyas dimensiones son: 25 3/8" de largo, 15 3/4" de alto y 8" de fondo.

ALTA SENSIBILIDAD — Como el ruido propio del equipo es muy bajo, es posible operarlo con altas ganancias. La relación de señal a ruido, en los amplificadores, es de 20 db a 0.5 microvolts de entrada.

POTENCIA REQUERIDA — 2 amperes, a 12 volta de corriente directa.



FORTUNE DC-2B.

SISTEMA DIRECTO DE GRABACION Y REPRODUCCION.

COMPLETAMENTE TRANSISTORIZADO

El equipo DC-2B es capaz de aplicar, simultáneamente, correcciones estáticas y dinámicas a 24 trazas o más, empleando cintas normales de 6 1/2 ó 7" de ancho. Las correcciones dinámicas se aplican mediante una leva acoplada a la flecha del tambor y que puede ser referida a él. También es posible obtener levas previamente calibradas y ajustadas a determinada función analítica.

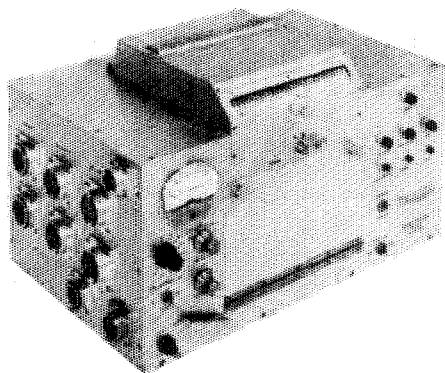
SE AJUSTA A CUALQUIER SISTEMA DE TIRO — No importa el sistema de tiro empleado, ya que mediante una barra universal de tendidos y gracias a medidores ajustables (calibrados en por ciento), es posible aplicar a cada traza la corrección dinámica adecuada.

ESPECIFICACIONES DEL MODELO DC-2B.

Transportador de la cinta. Mediante tambor, cuyo diámetro es de 7.5".
Número de canales. 24 sísmicos, 2 ó 4 auxiliares.
Tamaño de la cinta. 6 1/2 ó 7" de ancho por 24 1/2" de largo.
Distancia entre pistas. 1/4" (de centro a centro).
Velocidad de la cinta. 3.59"/segundo.
Tiempo útil de grabación. 6 seg. (el tambor da una vuelta completa en 6.6 seg.).
Corrección dinámica máxima. 150 miliseg.
Característica del motor. De histéresis de 400 ciclos.
Corrección máxima. Acoplado al tambor.
Rango de corrección estática. 700 miliseg/segundo.
Polarización (bias). ± 50 miliseg.
Respuesta. 8 miliamperes a 11 Kilociclos.
Relación de señal a ruido. De 5 a 200 cps.
Distorsión armónica total (a 100% el nivel de grabación). 50 db RMS a RMS.
Alimentación cruzada (cross lead). 2.5%.
Grado de exactitud del sistema de tiempo. ± 1 miliseg.
Necesidades de entrada (a 100% el nivel de grabación). 50 milivolts a través de 40 ohms.*
Salida (a 100% el nivel de grabación). 100 microvolts a 50 ohms.
Potencia requerida. 0.5 amper en vacío y 14 amperes con carga.
Tamaño del transportador de la cinta. 15 x 18 x 14".
Peso. 90 libras (40.823 Kgs.).

* Al ordenar un equipo, las necesidades de entrada pueden ser cambiadas al gusto del cliente. Esto puede hacerse sin cambiar las demás especificaciones.

....DE "FORTUNE ELECTRONICS"



FORTUNE SR-5. SISTEMA DE GRABACION DIRECTA EN UNA UNIDAD "BUFFERLESS" (DE MENOR AMORTIGUAMIENTO).

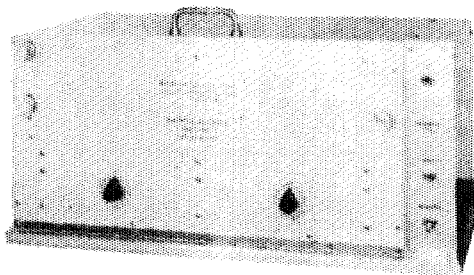
TOTALMENTE TRANSISTORIZADO — La grabadora SR - 5 ofrece los últimos adelantos en sencillez de manejo, presentando características iguales a las de sistemas más costosos y complicados.

PRECISION Y SENCILLEZ — Durante el proceso de grabación, las cabezas magnéticas están gobernadas desde la salida de los amplificadores sísmicos. Para las reproducciones, las cabezas son conectadas directamente a la entrada de los amplificadores. La reproducción queda compensada mediante una red pasiva. La ventaja de todo este tipo de operación es que se obtienen resultados con un mínimo de complicaciones y conexiones.

UN SISTEMA COMPLETO — El modelo SR - 5 está equipado con sistemas Fortune de polarización y manejo, los cuales han sido probados cientos de veces en diferentes partes del Mundo. La unidad contiene los amplificadores necesarios para grabar instantes de explosión, tiempo vertical y escala de tiempo. Tiene conexiones exteriores para diversos circuitos, tales como la acción de la supresión a partir del instante de tiro, el arranque de la cámara, etc., todo ello a base de levas. Para acoplar el SR - 5 a un equipo convencional, la única que se requiere es un juego de cables interconectores.

ESPECIFICACIONES DEL MODELO SR-5.

Transporte de la cinta. Mediante tambor, cuyo diámetro es de 7.5".
 Número de canales. 24 sísmicos y 2 ó 4 auxiliares.
 Tamaño de la cinta. 6 1/2 ó 7" de ancho por 24 1/2" de largo.
 Velocidad de la cinta. 3.59"/segundo.
 Tiempo útil de grabación. 6 seg. (el tambor da una vuelta completa en 6.6 seg.)
 Características del motor. De histéresis de 400 ciclos. Acoplado al tambor.
 Polarización (bias). 8 miliamperes a 6 kilociclos.
 Respuesta. De 5 a 200 cps.
 Correcciones estáticas (opcional). ± 100 miliseg.
 Relación de señal a ruido. 50 db RMS a RMS.
 Distorsión armónica total. (A 100% el nivel de grabación. 2.5%
 Alimentación cruzada. (Cross feed) Con entrada de 100%. —36 db a 10 cps.
 Nivel de grabación. 50 milivoltios a través de 40 ohms.
 Potencia requerida. 0.5 amper en vacío y 6.5 amperes con carga.
 Medida del transportador de la cinta. 11" x 18 1/2" x 11 1/4".
 Peso. 53 libras (24.040 kgs.).



**FORTUNE — LDR.
MICROPISTA - 1 (UNIDAD DE DOS TAMBORES)**

PARA USARSE EN OFICINAS O EN EL CAMPO La serie LDR se obtiene en uno, dos o tres tambores. También existe el tipo de un solo tambor ancho, con 54 cabezas de micropista, capaz de manejar, simultáneamente, una cinta ancha o dos cintas angostas.

Cada cabeza de micropista graba sobre un ancho de 0.006", teniendo para su control lateral hasta 20 posiciones, en forma manual o automática.

Actualmente los modelos LDR llevan 15, 12 y 6 pasos, pudiendo instalarles cabezas de doble micropista, para grabación simple o doble.

Si se desean combinar los resultados de diferentes pozos de tiro, para puntos de reflexión común (common depth point), es posible agregarle al equipo conexiones programadas y amplificadores de transcripción.

Para el sistema anterior (de punto común) o trabajos de caídas de peso (weight drop), pueden combinarse los modelos LDR - 1 y DC - 2B, obteniendo así un equipo sísmico completísimo.

Fortune
Electronics, Inc.

H. H. HAPPEL — H. H. HAPPEL, Jr.
2505 SOUTH BOULEVARD, HOUSTON, TEXAS

Representante en Europa:

Techmation

113 Rue Lamarck, Paris, Francia.

Carlos Alemán A.

EXPLORACION

y

PERFORACION



Iturbide No. 36 Desp. 201. Tel. 10-15-64

MEXICO 1, D. F.

BOLETIN

de la

Asociación Mexicana de Geofísicos de Exploración

SUMARIO

Una Introduccion a los Sistemas
de Grabacion Digital.

ASOCIACION MEXICANA DE GEOFISICOS DE EXPLORACION
MESA DIRECTIVA PARA EL PERIODO 1969-1970

Presidente:	Ing. Armando Eguía Huerta
Vicepresidente:	Ing. Martín A. Cordero Baca
Secretario:	Ing. Antonio Cordero Limón
Tesorero:	Ing. Alberto Arroyo Pichardo
Editor:	Ing. Enrique Del Valle Toledo
Vocales:	Ing. Francisco Tiburcio Pérez
	Ing. Miguel Barrientos M.
	Ing. Roberto Hernández M.
	Ing. Raúl Silva Acosta.
Presidente Sa-	
liente:	Ing. Jesús Basurto García

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.

El precio de suscripción para no socios es de \$ 150.00 M.N. al año y de - \$ 50.00 M.N. número suelto.

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

ING. ENRIQUE DEL VALLE TOLEDO
Balsas No. 101 - Séptimo Piso,
México 5, D. F.

Impreso en Fototipo, S. A. - Gral. Prim 27, Mexico 6, D. F.

UNA INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE GRABACION DIGITAL

Por el Ing. Héctor Palafox Rayón *

RESUMEN

En este artículo se describe una introducción a las técnicas de grabación digital aplicadas a la sismología, en el cual se ha tratado de simplificar la teoría al máximo para que este artículo sea accesible a un mayor número de personas.

Muchas partes han sido recopiladas por el autor de boletines geofísicos, manuales y boletines proporcionados por la Geo Space Co., Texas Instruments; SIE, Dresser System Inc. y otros más.

Otros datos han sido obtenidos de comentarios obtenidos de personas que trabajan dentro del ramo de ventas, diseño y construcción de equipos digitales, y también de comentarios recopilados de personas relacionadas con los procesados digitales de datos sísmicos.

Por medio de una comparación rápida y generalizada, se hace notar las ventajas del sistema de grabación digital sobre los analógicos. Se describen algunos principios teóricos básicos relacionados con: sistemas numéricos, algebra Booleana y circuitos lógicos básicos. La descripción de la operación y teoría básica de grabación digital es hecha en forma generalizada empleando diagramas a cuadros. Se describe como la señal analógica es "multiplexada", muestreada, digitizada y grabada en forma digital.

Se hace una breve descripción de los "Formatos" de grabación y se finaliza el artículo mostrando en forma abstracta la forma en que las señales digitales son reproducidas, convertidas en señales analógicas y grabadas en una cámara oscilográfica.

(*)

Suptcia. de Instrumentación y Proceso;

Gerencia de Exploración. Petróleos Mexicanos. - México, D.F.

UNA INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE GRABACION DIGITAL

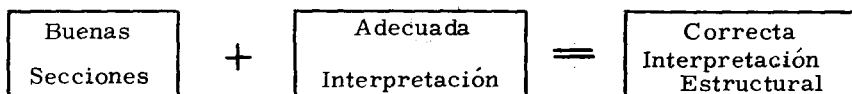
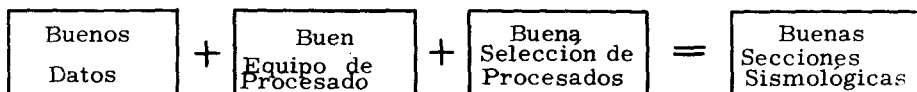
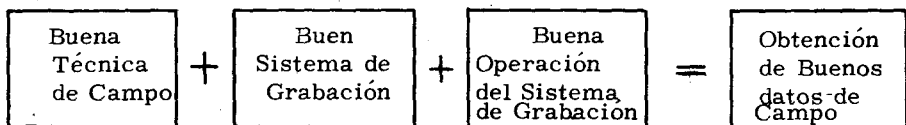
1.- INTRODUCCION

En toda la historia de la geofísica aplicada a la exploración petrolera, los métodos geofísicos han venido mejorándose y perfeccionándose, - pero requiriendo de técnicas y sistemas más complicados. En especial, - en la sismología de la cual depende grandemente la exploración, se han perfeccionado los sistemas de grabación y procesado de datos que permiten al geofísico identificar estructuras geológicas más complejas y más profundas.

Claro está, que el procesado de los datos será mucho mejor si los datos obtenidos en el campo son de buena calidad. Pero, para la obtención de buena información en el campo, se requiere de sistemas de grabación de alta fidelidad con un amplio rango dinámico para permitir la aplicación de procesos modernos de alta eficiencia. En este caso, los sistemas digitales presentan una gran utilidad por tener un alto control de los datos grabados - y por permitir la aplicación de procesos digitales más sofisticados, los cuales aplicados en forma correcta facilitarán la interpretación de la estratigrafía de una área determinada.

2.- LA IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DE LOS DATOS SISMICOS

Si observamos la secuencia que se sigue para la obtención y procesado de los datos sísmicos, podemos ver claramente lo siguiente:



De este simple análisis podemos ver claramente que los resultados que se obtendrán en el procesado, dependerán fundamentalmente de la calidad de señal a ruido* con que sean grabados. Para esto siempre se trata de mejorar esta relación en las operaciones de campo, en la grabación de datos y en el proceso de datos.

El mejoramiento de la relación señal ruido en el campo, puede llevarse a cabo por medio de: diferentes arreglos de detectores, tendidos, pozos múltiples, cargas espaciales, variación de la carga de dinamita, etc.

En la grabación, esta relación puede ser mejorada aumentando el rango dinámico en los equipos de grabación y disminuyendo el ruido instrumental.

En cuanto al procesado, la relación de señal a ruido puede ser mejorada cancelando parte del ruido grabado y reforzando las señales grabadas por medio de filtrado en frecuencia o digital, estacado vertical y horizontal, composición de trazas de tiros de punto común, etc.

3. - TIPOS PRINCIPALES DE GRABACION SISMICA EMPLEADOS EN REFLEXION

Como dijimos anteriormente, la base principal para la obtención de buenos resultados en los procesados; es tener buenos datos cuya calidad depende de las técnicas de campo y de los sistemas de grabación que se empleen

En lo que respecta a los sistemas de grabación sismológica empleados en reflexión, podemos decir que los principales métodos de grabación empleados en el campo en los sistemas de reflexión son:

Sistema Analógico

Sistema Digital

(*) Nota: Para aquellas personas que no esten familiarizadas con este término. Ver apéndices A-1 y A-2.

3.1 - Sistema de Grabación Analógica

En este sistema, las señales eléctricas enviadas por un detector son amplificadas y registradas por un galvanómetro en un papel fotográfico o en cinta magnética en forma análoga al movimiento de la tierra.

Existen dos tipos principales de grabación analógica en cinta magnética:

Grabación con Amplitud Modulada (AM)

Grabación con Frecuencia Modulada (FM)

3.1.1 - Sistema de Grabación con Amplitud Modulada

La función general de los equipos de grabación con AM, puede describirse por medio del diagrama a cuadros de la Figura 3-1. Si la posición de los switches es R, la señal que proviene de los detectores es amplificada y después es grabada en una cinta magnética. Al mismo tiempo que la señal es grabada puede ser monitoreada grabando un sismograma en la cámara oscilográfica. Cuando la posición de los switches está en PB, la señal grabada puede ser reproducida y esto presenta gran utilidad por la facilidad que se tiene de poder reproducir con diferentes tipos de ajuste.

Pero este método presenta ciertas limitaciones. Una de estas es que debido a que la señal máxima que puede ser grabada, está limitada por la saturación magnética de la cinta que no permite la grabación de un amplio rango de amplitudes de señal. Otra es debida a que la acción del AGC no permite grabar la verdadera amplitud relativa entre señales de diferente amplitud. Por estas limitaciones y otras más, estos equipos solo pueden proporcionar bajo muy buenas condiciones de grabación en el campo un rango dinámico de 45 db.*

3.1.2 - Grabación Empleando Frecuencia Modulada

La Figura 3-2 describe a cuadros un sistema de grabación de FM. Su funcionamiento en general se puede describir en esta forma. Una señal portadora de 4 000 a 6 000 cps. de amplitud constante, es desviada en frecuencia en los moduladores de frecuencia de acuerdo con la amplitud de la señal recibida de los amplificadores.

(*)Nota: Ver Apéndice A-3

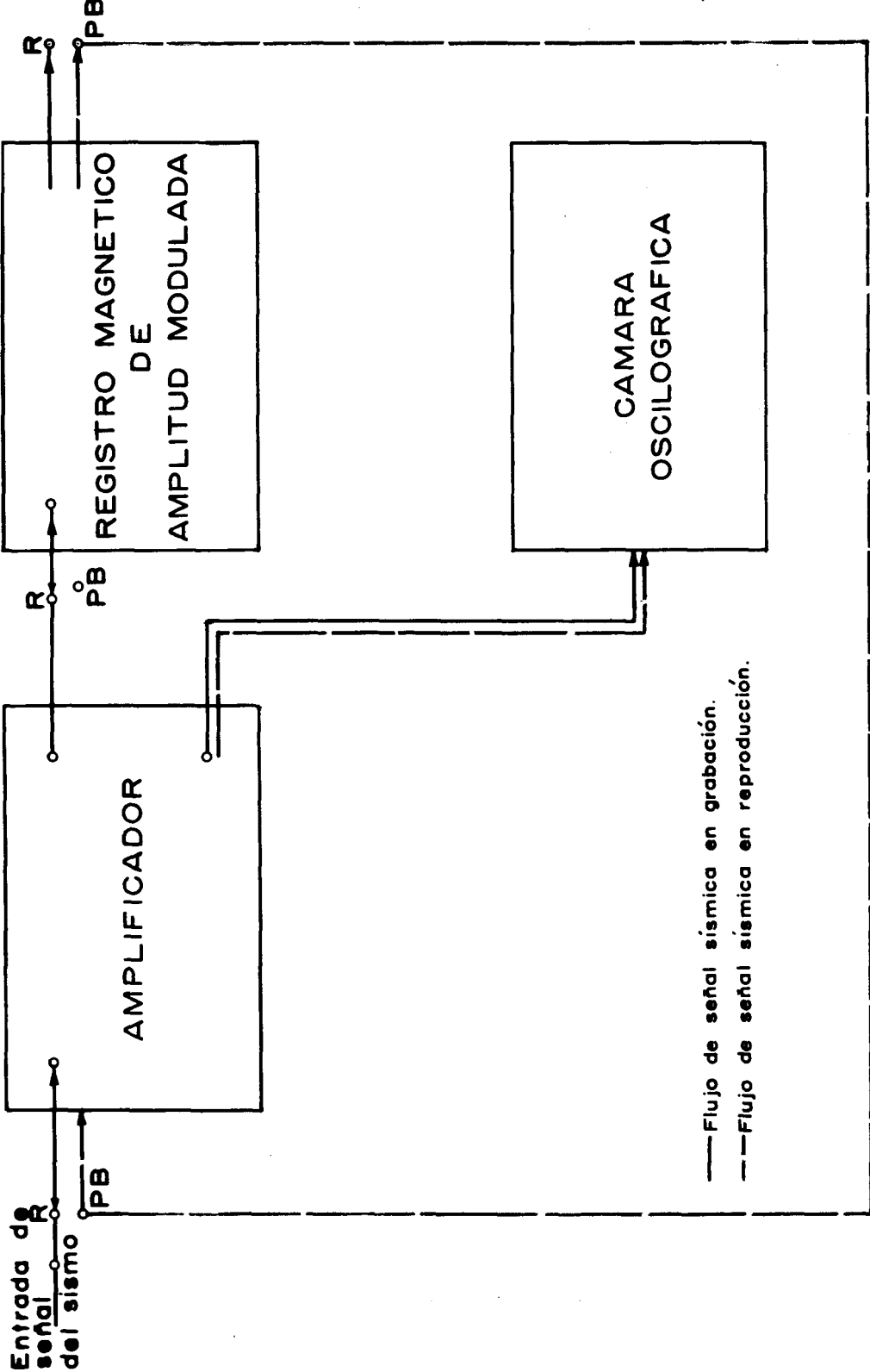
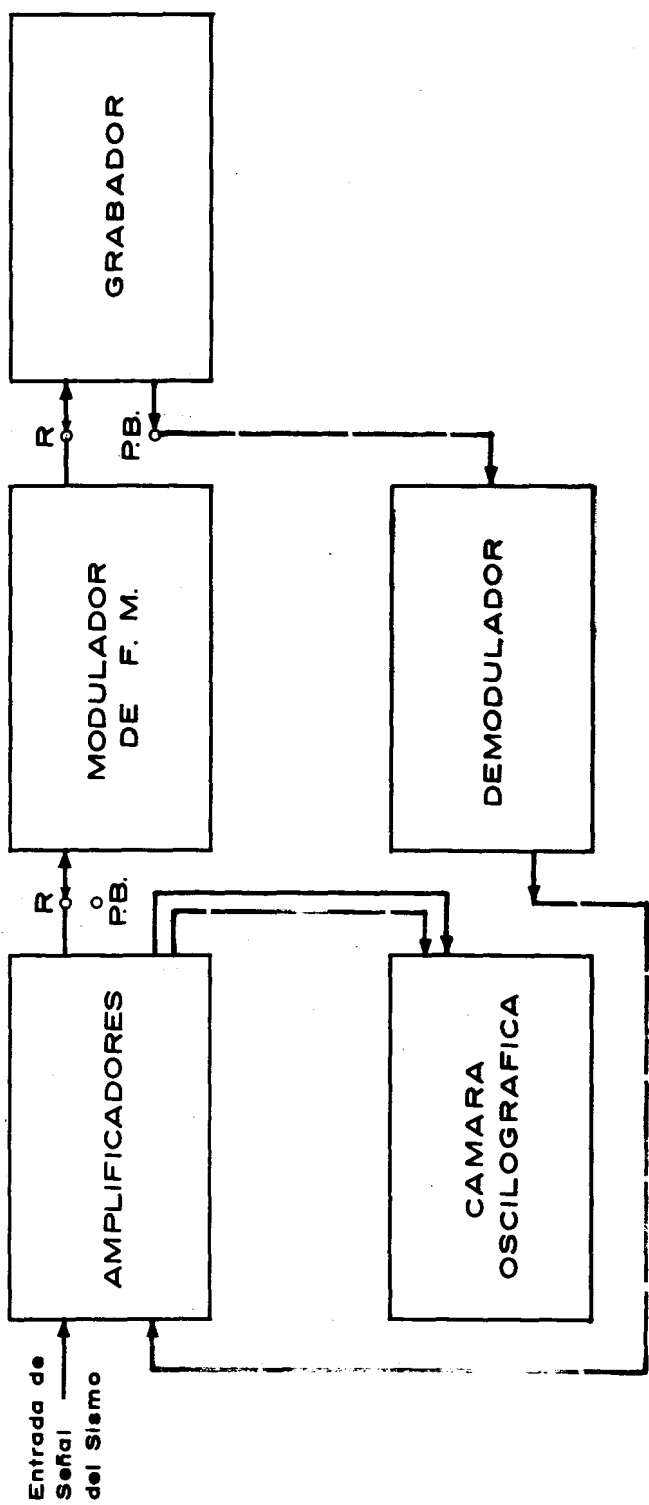


DIAGRAMA A CUADROS DE UN EQUIPO DE GRABACION ANALOGICA CON A.M.



— Flujo de señal sismica en grabación

- - - Flujo de señal sismica en reproducción

DIAGRAMA A CUADROS DE UN EQUIPO DE F. M.

La salida de los moduladores es aplicada a la cinta magnética en donde es grabada. En forma similar al caso anterior, la señal también puede ser registrada por una cámara oscilográfica y también puede ser reproducida la señal original, que entró a grabación.

En este caso la linealidad del material magnético no es tan importante como en el caso anterior ya que solo importa el contenido de la frecuencia de la señal grabada en la cinta. En reproducción, los demoduladores producen un voltaje directamente proporcional a los cambios de frecuencia. Este sistema también adolece de ciertas limitaciones que dependen de algunos factores tales como; los cambios de velocidad del transporte de cinta, variaciones de longitud de cinta, y otros más que vienen a limitar el rango dinámico de 48 a 54 db cuando se opera en muy buenas condiciones de grabación.

3.2 - Sistema Digital

En este nuevo sistema de grabación en cinta magnética, la señal analógica del detector se amplifica para después ser muestreada a ciertos intervalos de tiempo. Cada muestra es medida y su amplitud es representada por un número, el cual es grabado en una cinta magnética. Como cada número está integrado por uno o varios dígitos, se dice que la señal es grabada en forma digital.

La descripción general a cuadros de un equipo de grabación digital sísmica de campo es mostrado en la Figura 3.3.

Este equipo está integrado por:

- a) Un sistema de amplificación de ganancia binaria de ajuste automático.
- b) Un sistema de grabación digital
- c) Una cámara oscilográfica.

Al equipo de grabación digital sísmica de campo también se le conoce con el nombre de "Sistema de grabación digital de campo, con amplificadores sísmicos de ganancia binaria". Pero en este artículo nosotros lo llamaremos equipo de grabación digital o simplemente equipo digital.

En la Figura 3-3- se observará el flujo de las señales sísmicas a través del equipo digital, en donde la señal de entrada es aplicada a un

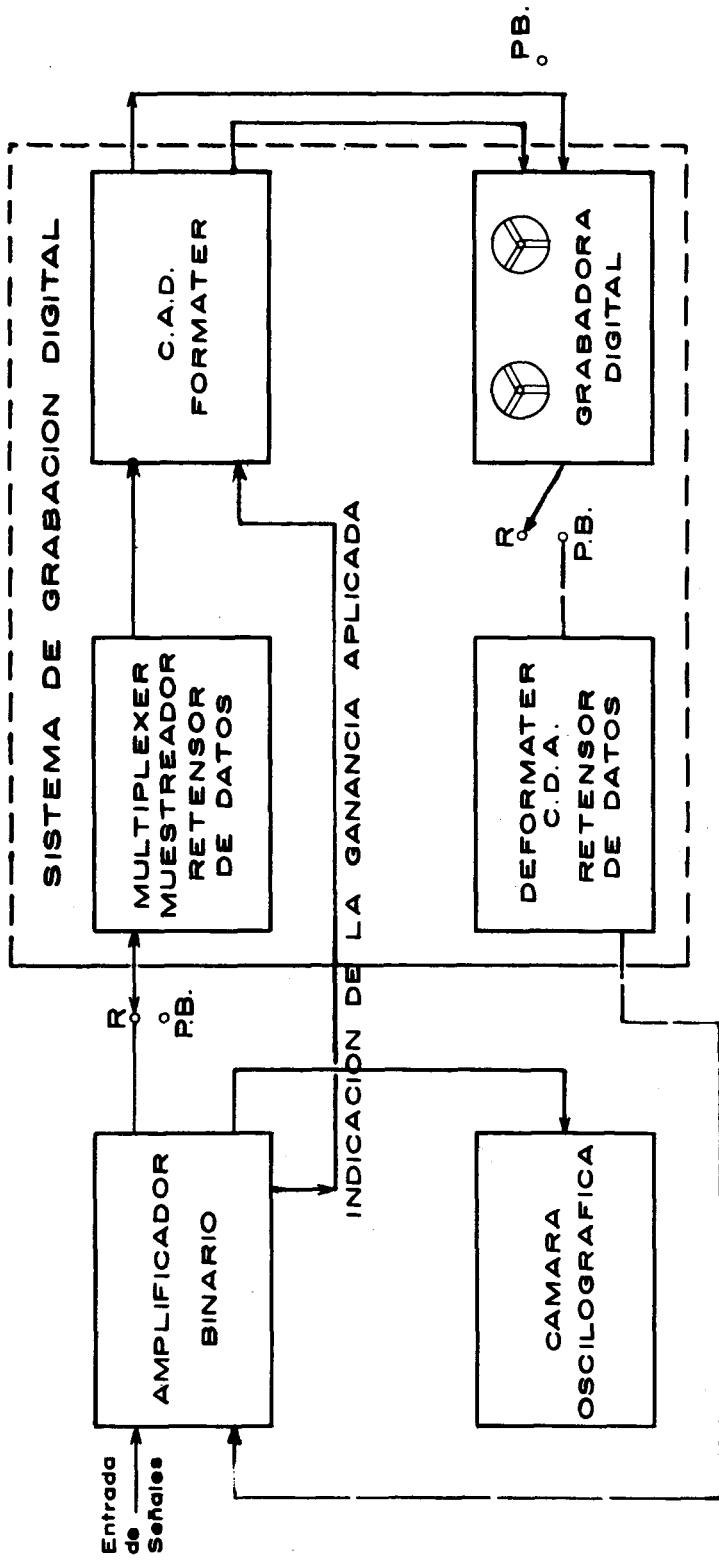


DIAGRAMA A CUADROS DE UN EQUIPO DE GRABACION DIGITAL

amplificador de ganancia binaria, que tiene un paso de preamplificación fija y además de 15 pasos de amplificación de ganancia binaria equivalentes a 90 db de amplificación máxima*, que puede ser variada automáticamente de acuerdo con las señales que se están grabando, en tal forma que las señales de gran amplitud son grabadas con menos amplificación que las señales de menor amplitud. El amplificador además envía a la grabadora los datos de la amplificación aplicada. (Los detalles del funcionamiento serán explicados más adelante).

La señal amplificada es después pasada a un sistema de grabación digital con 14 bits**, que puede registrar señales hasta de un rango dinámico de 84 db y el cual no depende de la linealidad del material magnético de la cinta, ni es tan crítico a cambios leves de velocidad.

En general la señal máxima que puede ser grabada en la grabadora digital es de $\pm 10V$, pero este valor puede ser alterado de acuerdo con las necesidades o gustos de las compañías de exploración.

3-2-1 Rango Dinámico del Equipo Digital

Como el sistema de grabación digital, puede registrar un rango de señales de 84 db y como además se pueden grabar los pasos de ganancia que son aplicados a una señal en el amplificador binario, (hasta 90 db pueden ser grabados), se dice que todo el equipo de grabación con amplificadores de 15 pasos de ganancia binaria, puede alcanzar bajo condiciones ideales, una resolución o rango dinámico máximo de 174 db. Esto quiere decir, que el Equipo, puede llegar a registrar en condiciones ideales un rango dinámico de señales de 174 db o sean señales cuya amplitud este entre E_{max} y E_{min} . En donde:

$$20 \log \frac{E_{max}}{E_{min}} = 174 \text{ db}$$

Una pregunta que surge muy a menudo es: ¿Pero como puede ser posible que un equipo digital pueda llegar a registrar un rango dinámico de señales tan alto, si el sistema de grabación del equipo digital solo puede grabar señales de un rango de 84 db y las ganancias en cada intervalo de muestreo?

(*) Ver Apéndice A-4

(**) Ver Apéndice A-5

Esto puede contestarse viendo la Figura 3-4b. Si existe una señal por grabarse cuya amplitud no caiga dentro del nivel de las señales que pueden ser registradas en la grabadora digital, la amplitud de las señales pueden ser elevadas al nivel de grabación, aplicando algunos pasos de amplificación.

Para ilustrar esto mostraremos un ejemplo.

Considérese que se tienen 3 señales dentro de un rango dinámico de 174 db y se desean grabar a los tiempos t_1 , t_2 , t_3 , con un equipo digital que tiene un sistema de grabación con 84 db y facilidad para grabar las ganancias del amplificador binario del equipo. (Ver Figura 3-4 a y b). Considérese también que el amplificador es lineal y que el ruido es despreciable y que las tres señales por ser grabadas son:

$E_{min} = 2 \times 10^{-8}$ Volts	Señal mínima considerada con un nivel de 0 db
$E_2 = 1 \times 10^{-3}$ Volts	Señal 94 db más grande que E_{min}
$E_3 = 10$ Volts	Señal máxima, 174 db más grande que E_{min} .

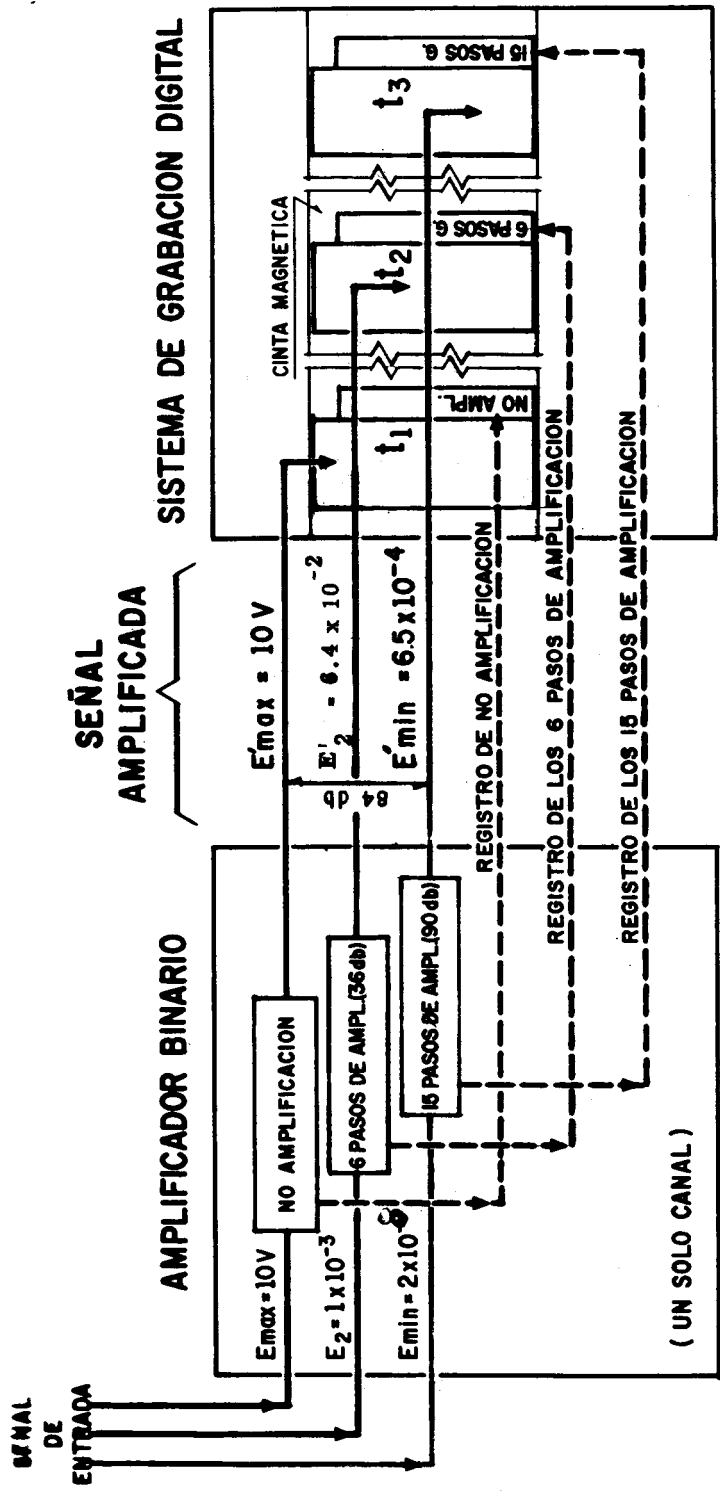
En la Figura 3-4 a, se muestra como las señales E_{max} , E_2 y E_{min} son amplificadas por un amplificador y grabadas en la cinta magnética. Además los pasos de amplificación binaria aplicadas a cada señal son grabadas inmediatamente después de grabar cada una de las señales amplificadas. Aquí las señales amplificadas son $E'_{max} = E_{max}$.

$$E'_2 = E_2 + 30\text{db} \quad (E_2 \text{ Amplificada con una ganancia de } 30\text{db})$$

$$E'_{min} = E_{min} + 90 \text{ db} \quad (E_{min} \text{ Amplificada con una ganancia de } 90 \text{ db})$$

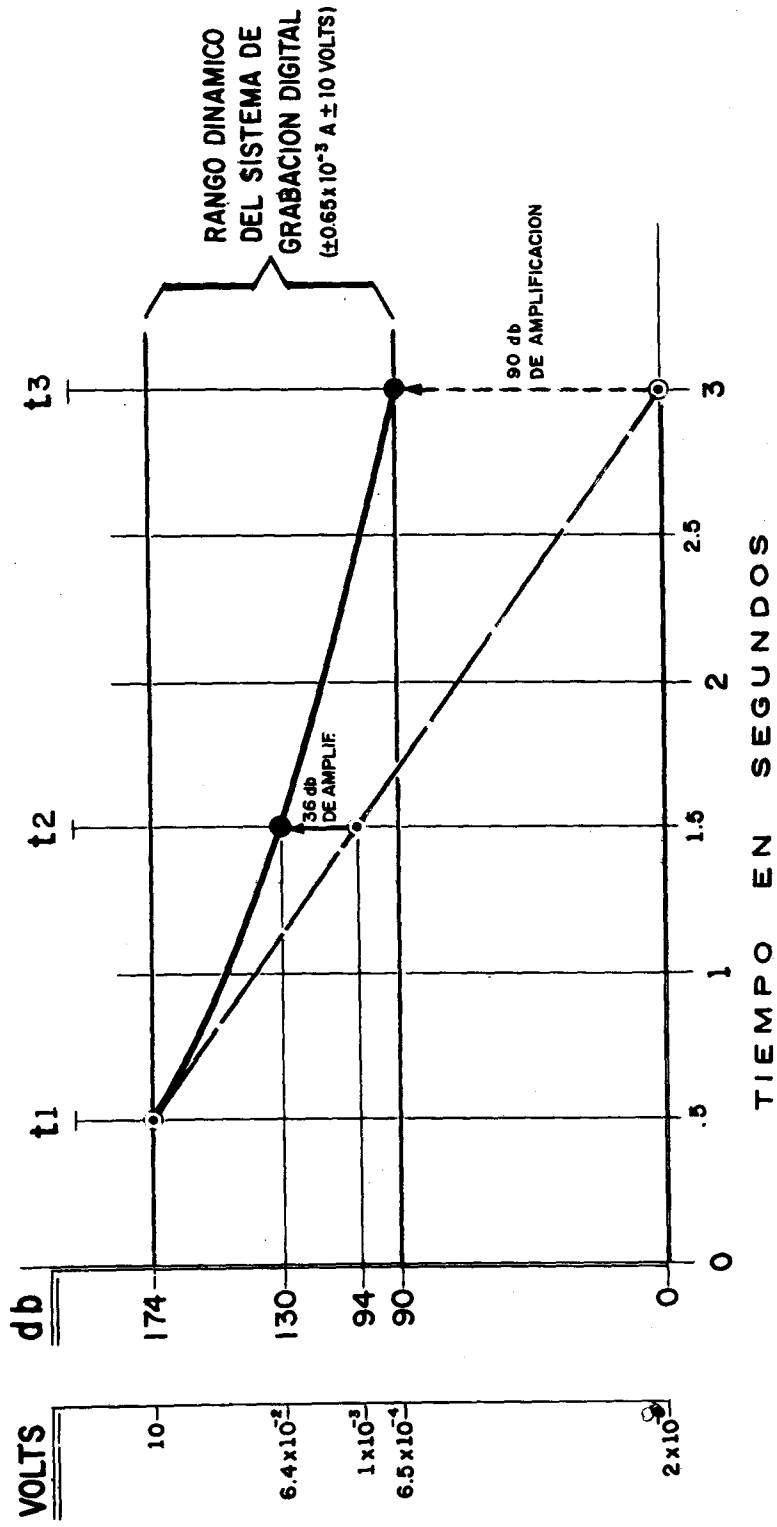
En la figura 3-4 se muestra que si se quisieran grabar las 3 señales sin amplificación (Puntos en la línea interrumpida), esto sería imposible, ya que E_{min} no podría ser registrada por tener una amplitud de muy bajo nivel.

Pero si amplificamos las señales E_2 y E_{min} con 36 db (6 pasos de amplificación binaria) y 90 db (15 pasos de amplificación binaria) respectivamente, entonces las señales ya amplificadas E'_2 y E'_{min} quedarán dentro del nivel de grabación y podrán ser grabadas en la grabadora digital.



REPRESENTACION DE LA GRABACION EN CINTA MAGNETICA DE LAS
SEÑALES E_{max} , E_2 Y E_{min} EN LOS TIEMPOS t_1 , t_2 Y t_3

SEÑAL DE ENTRADA EN:



REPRESENTACION GRAFICA DEL RANGO DINAMICO DE LAS SEÑALES DE ENTRADA QUE PUEDEN SER GRABADAS EN UN EQUIPO DIGITAL, QUE TIENE UN SISTEMA DE GRABACION DIGITAL CON UN RANGO DINAMICO DE 84 db

En la Figura 3-4b se observará como las señales E'_{\max} , E'_2 y E'_{\min} que están sobre la línea anaranjada ya caen dentro del rango de señales (84 db) que pueden ser registradas en la grabadora digital.

Como se ha podido ver en el ejemplo; la posibilidad de poder grabar (en condiciones ideales) un amplio rango dinámico de señales hasta de 174 db, se debe a la facilidad de poder registrar en la cinta magnética un rango de señales de 84 db y de poder grabar en la misma cinta, la amplificación aplicada en el momento en que se hace el muestreo de la señal.

3-2-2 Recuperación de la Verdadera Amplitud de la Señal

Como además de que la señal amplificada es grabada, también los pasos de ganancia aplicadas son grabadas en la cinta, la recuperación de la verdadera amplitud de la señal original de entrada puede ser llevada a cabo. Esto puede ser hecho restando los decibels de la ganancia aplicada a la señal amplificada grabada.

Si se reproduce la cinta grabada en el caso de ejemplo, tenemos que en el tiempo t_1 se reproducirá E'_{\max} y además se leerá que no hubo ganancia binaria aplicada y por lo tanto la señal original será $E_{\max} = E'_{\max}$. En el tiempo t_2 , la señal E'_2 y la ganancia con que fue grabada serán reproducidas y por lo tanto se podrá saber que el valor de la señal de entrada es $E_2 = E'_2 - 30$ db. En el tiempo t_3 , la señal E'_{\min} y el valor de los pasos de ganancia aplicada serán reproducidas y por consiguiente se podrá calcular que el valor de la señal de entrada es $E_{\min} = E'_{\min} - 90$ db. En esta forma la recuperación de la amplitud verdadera del caso de ejemplo fue efectuada en tal forma que hemos identificado cuales fueron las señales originales que entraron a grabación, pudiéndose identificar hasta un rango dinámico de señales de 174 db. (Ver Figura 3-4b).

Antes de continuar, cabe hacer la siguiente aclaración:

- a) El rango dinámico máximo de señales sísmicas que pueden ser generadas por las fuentes de energía y registradas por detectores de muy alta calidad es de 140 db en condiciones ideales (Siems and Hefer - 1966).
- b) El ruido mínimo de los amplificadores es aproximadamente de 0.1 microvolt, que tiende a reducir el rango dinámico de la señal de entrada a aproximadamente de 120 db (Siems and Hefer, 1966).
- c) En condiciones de operación de campo el rango dinámico de las señales estará entre 80 a 120 db.

Estos puntos no quieren decir que los equipos digitales de campo actuales no puedan ser capaces de grabar señales de rango dinámico más amplio que el actual, si no que, hoy en día estos equipos están limitados por la falta de fuentes de energía y mejores detectores que puedan generar un rango dinámico de señales más amplio.

3-2-3 - Ventajas de los Equipos de Grabación Digital

Habiendo descrito una de las principales propiedades de los equipos digitales vamos a enlistar algunas de las mayores ventajas que ofrecen los equipos de grabación digital:

- a) Amplio rango dinámico.
- b) Recuperación de la verdadera amplitud.
- c) Selección y grabación de la ganancia en forma automática.
- d) Facilidad de subir y bajar la ganancia de acuerdo con la amplitud de la señal que se está grabando.
- e) Las señales están correlacionadas con el tiempo cada 1 ó 2 milisegundos.
- f) La distorsión armónica es inferior al 0.1%.
- g) El ruido instrumental es del orden de 0.1 micro volt.
- h) La exactitud de amplificación de los pasos binarios es de alto grado y solo tienen como máxima variación el 0.02%.
- i) En los sistemas de grabación digital los cambios de velocidad en la cinta no son tan críticos como lo son en los sistemas analógicos y además la fidelidad de la grabación no depende del material magnético de la cinta.
- j) Debido al amplio rango dinámico y a la facilidad de la recuperación de la amplitud verdadera de la señal de entrada, los equipos de grabación digital permiten la grabación de datos a los cuales se les puede aplicar diferentes procesos digitales para extraer mayor información por medio de computadoras digitales que pueden manejar grandes volúmenes de datos.

Es de hacer notar que en los sistemas de procesamiento digital, existen algunos procesos que serían imprácticos o incosteables si se tratarán de efectuar por los métodos analógicos.

3.3 - Desventajas de los Sistemas Analógicos con respecto a los Digitales

Observando las características de los dos sistemas, se pueden enumerar las siguientes desventajas de los sistemas analógicos con respecto a los digitales:

- a) Bajo rango dinámico que no permite la grabación del rango detectados por el sismodetector.
- b) Inexactitud de la amplitud relativa de las señales reproducidas. Esto es debido a que el control automático de ganancia cambia la verdadera amplitud de la señal o debido a la falta de linealidad en la grabación.
- c) Variación en el tiempo de registro, principalmente debido a variaciones en la velocidad de la cinta que no permiten una exacta correlación en tiempo entre trazas de un sismograma con otro.
- d) Mayor atención de parte del operador ya que requiere más cambios de cintas, filtros de reproducción, etc.
- e) La calidad de los datos grabados y condiciones de grabación no permiten la recuperación de la verdadera señal y solo una aproximación de la variación de ganancia puede ser obtenida.

Todas estas desventajas nos permiten visualizar que los sistemas analógicos son inferiores a los digitales y lo que es muy importante, los sistemas digitales permiten la grabación de datos a los cuales se les puede aplicar con mayor efectividad los diferentes tipos de proceso e identificar señales más pequeñas envueltas entre ruidos de alta relación ruido/señal.

4. - PRINCIPIOS TEORICOS

Antes de hablar de los fundamentos de la operación y características de un equipo digital, vamos a hacer un pequeño paréntesis para hacer mención de algunos principios básicos para el entendimiento de algunos conceptos que son envueltas en la teoría de operación y funcionamiento de los sistemas de grabación digital.

Los temas que podemos considerar como básicos son los que a continuación se mencionan: principales tipos de sistemas numéricos, algebra Booleana y circuitos básicos lógicos.

4.1. - Sistemas Numéricos

Existen gran cantidad de sistemas numéricos y pueden idearse tantos como se deseen, pero, el más conocido por nosotros es el decimal.

Pero para el estudio de sistemas de grabación digital existen - otros sistemas que son de importancia, el sistema "Binario", el Octal y el Hexadecimal y el sistema de "Código Binario Decimal" o "BDC".

4.1.1 - Sistema Decimal

El sistema decimal, el cual es ampliamente conocido por todos - nosotros, consta de diez dígitos que son: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9. Con estos, nosotros podemos formar cualquier número que se desee. Por ejemplo 428.75 es equivalente a $4 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 8 \times 10^0 + 7 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$

Este sistema recibe el nombre de decimal por que su base es 10.

4.1.2 - Sistema Binario

Este sistema solo consta de dos dígitos, 0 y 1. La base de este sistema es 2 y por lo regular se denomina "bit" a un dígito binario.

Ejemplo:

El número binario

11011 está representando a el número decimal 27 y esto puede - ser visto así. Como la base es 2, el número decimal equivalente a 11011 es:

$$1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 27$$

4.1.3 - Sistema Octal

Este sistema solo cuenta con 8 dígitos que son 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7. Su base es 8 y cualquier número octal tiene un número equivalente - decimal.

Por ejemplo el número octal 2563 es equivalente al número decimal 1395. Esto puede verse así:

$$2 \times 8^3 + 5 \times 8^2 + 6 \times 8 + 3 \times 8^0 = 1,395$$

4.1.4 - Sistema Hexadecimal

Este sistema de base 16 tiene 16 dígitos que son:

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E y F

TABLA I

RELACION ENTRE SISTEMAS NUMERICOS

DECIMAL	BINARIO	OCTAL	HEXADECIMAL
0	0	0	0
1	1	1	1
2	10	2	2
3	11	3	3
4	100	4	4
5	101	5	5
6	110	6	6
7	111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F
16	10000	20	10

En este caso el número 40F representa el número decimal 1039

$$4 \times 16^2 + 0 \times 16^1 + F \times 16^0 = 1039$$

4.2 Conversión de Sistemas Numéricos

Existe una relación entre los sistemas numéricos, tales como se muestran en la Tabla No. 1 y para la conversión de un sistema a otro existen varios medios.

Entre los más sencillos están los que se dan a continuación.

4.2.1 Conversion al Decimal

Para convertir cualquier sistema numérico de base definida a decimal se emplea la siguiente tabla.

Si:

$N_3 N_2 N_1 N_0 N_{-1} N_{-2} N_{-3}$ es un número en cualquier sistema, de base b , el número decimal equivalente será:

$$N_3 b^3 + N_2 b^2 + N_1 b^1 + N_0 b^0 + N_{-1} b^{-1} + N_{-2} b^{-2} + N_{-3} b^{-3}$$

Por ejemplo convertir el No binario 1011 a decimal:

$$1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 11 \text{ (11 en número decimal)}$$

otros ejemplos ya fueron dados al describir los diferentes sistemas numéricos más importantes que vamos a emplear.

4.2.2 Conversión Decimal al Binario

Para convertir del decimal al binario, solo basta con dividir entre 2 el número decimal tantas veces como se pueda, tal como se muestra en el ejemplo dado a continuación y anotar el residuo en la columna del lado derecho.

Ejemplo: convertir el número decimal 602 en un número binario.

	Residuo
602	
301	0
150	1
75	0
37	1
18	1
9	0
4	1
2	0
1	0
0	1 001011010

por lo que el número binario 1001011010 es equivalente al número decimal 602.

4.2.3 Conversión Decimal Octal

Para este caso podemos emplear un sistema semejante al anterior, dividir el número decimal entre 8 y poner el residuo a la derecha como en el ejemplo siguiente. El número octal será el número leído de abajo hacia arriba,

Ejemplo convertir el número digital 602 a octal.

	Residuo
602	
75	2
9	3
1	1
0	1 1 3 2

así el N° octal 1132 es equivalente al número decimal 602.

Hay otro medio de conversión muy sencillo que es el sistema de conversión Decimal-Binario-Octal, y en este sistema primero el número decimal se convierte a binario y de binario a octal.

La conversión de binario a octal, se hace dividiendo el número binario de 3 en 3 de derecha a izquierda y se encuentra el número octal correspondiente para cada número binario de 3 cifras, tal como lo muestra el ejemplo siguiente:

Nº Decimal	6	0	2
Nº Binario	1, 001,	011,	010
Nº Octal	1	1	3 2

4.2.4 Conversión Decimal-Hexadecimal

Esta conversión se puede hacer en forma similar a los casos anteriores, o sea, dividiendo el número decimal entre 16 y poniendo el residuo en la columna de la derecha.

602	Residuo
37	A
2	5
0	25A

de donde el número hexadecimal 25A representa al número decimal 602.

Otra forma de hacerlo es por medio de la conversión Decimal -Binario-Hexadecimal. Aquí el número decimal primero se pasa a binario y después este se divide de 4 en 4 de derecha a izquierda y se encuentra el número hexadecimal para cada 4 bits.

Ejemplo:

Nº decimal	6	0	2
Nº binario	10,	0101,	1010
Nº hexadecimal	2	5	A

4.2.5 Código binario decimal (BCD)

Este sistema conocido también como sistema BCD (Binary coded decimal), es un sistema especial muy empleado en la tecnología de equipos digitales, en el que se emplean dígitos binarios, pero tiene la característica de que cada 4 bits representan un número decimal.

Así por ejemplo el N° BCD 1001, 0101 0010 representa al N° decimal 9 5 2

4.2.6 Complemento en unos de números Binarios

El inverso de un número binario es llamado el complemento en unos de ese número binario.

Este complemento es muy sencillo de calcular, solo basta con cambiar los unos del número binario por ceros y los ceros por unos.

Ejemplo:

El número binario 101011100
tiene su complemento en unos 010100011

4.2.7 Complemento en Dos de un Número Binario

El complemento en dos de un número binario es el complemento en unos más 1

Ejemplo:

Número binario	1 0 1 0 1 1 0 0
Complemento en unos	0 1 0 1 0 0 0 1
	+ 1
Complemento en Dos	0 1 0 1 0 0 1 0 0

El empleo más común de los complementos de números binarios es para expresar números negativos y efectuar la resta de números binarios.

4.2.8 Suma y resta de números binarios

La suma y resta de dos números binarios, se efectúa en igual forma que en el decimal, solo hay que tener en cuenta que

$$\begin{array}{rcl}
 0 + 0 & = & 0 \\
 0 + 1 & = & 1 \\
 1 + 1 & = & 10 \\
 0 + 0 & = & 0 \\
 1 - 0 & = & 1 \\
 1 - 1 & = & 0 \\
 10 - 1 & = & 1 \\
 0 - 1 & = & 1 \text{ tomando un dígito prestado}
 \end{array}$$

así por ejemplo:

La suma de los números binarios

$$\begin{array}{r}
 1011 \\
 + 10 \\
 \hline
 1101
 \end{array}$$

otro ejemplo

$$\begin{array}{r}
 1 \\
 10 \\
 11001 \text{ (Minuendo)} \\
 - 110 \text{ (Subtraendo)} \\
 \hline
 10011 \text{ (Diferencia)}
 \end{array}$$

Existe otro método para restar, y este consiste cambiar el sustraendo por el complemento en dos y efectuar la suma del Minuendo mas el complemento en dos del sustraendo.

Asi en el mismo ejemplo

Minuendo	1 1 0 0 1
Complemento en dos del sustraendo	1 1 0 1 0
	<hr/>
	1 1 0 0 1 1

despréciense los números a la izquierda del último bit izquierdo del minuendo.

4.3. Principios de Algebra Booleana

El algebra Booleana es una algebra lógica que nos sirve para conectar funciones, grupos, o conjuntos. Hay 3 operaciones básicas:

AND	(operación Y)
OR	(operación O)
INV	(operación de inversión)

Si A y B representan 2 funciones, la función $S = A \cdot B$ - nos representa que la combinación de A y B solo existe si A y B existen a la vez. Si alguna de las dos funciones está ausente la función $A \cdot B$ no existe. Aquí el punto representa el operador AND.

El operador OR nos indica que si A o B o ambas existen, existe una función $S = A + B$. Aquí el signo + representa el operador OR.

Si A es una función, existe una operación de inversión tal que la función invertida es llamada el complemento de la función original. Así \bar{A} es el complemento de A.

Para mostrar esto gráficamente, podemos hacer uso de los diagramas de Venn.

En el diagrama de la Figura 4-1 está representada la función A - con el área sombreada y su complemento como el área contenida en el rectángulo marcado con líneas horizontales.

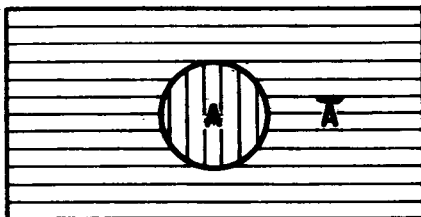


FIGURA 4-1 Descripción gráfica del complemento de una función A

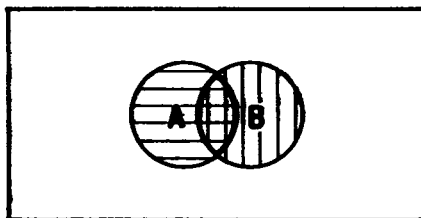


FIGURA 4-2 Descripción gráfica de la función $S = A \cdot B$ (área cuadrada)

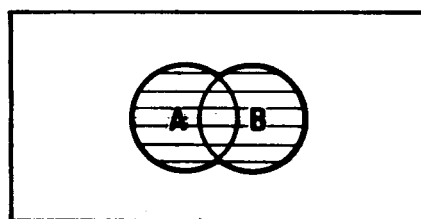


FIGURA 4-3 Descripción gráfica de la función $S = A + B$ (area con líneas horizontales)

En la figura 4-2 la función A es representada por el área sombreada con líneas horizontales y la función B con el área sombreada con líneas verticales. El área de intersección de A y B se encuentra cuadriculada y representa a la función $S = A \cdot B$. Aquí se observa que S solo existe cuando A y B existen con una región en común.

La Figura 4-3 describe la función $S = A + B$ con el área sombreada con la línea horizontal. Aquí S existe si A o B o ambas existen.

Bajo este concepto también es factible representar operaciones del algebra Booleana.

Por ejemplo la función $S = (\bar{A}) \cdot (B + C)$ puede ser representada por el área cuadriculada del diagrama de Venn de la figura 4-4C.

4.3.2 Tablas Lógicas (True tables)

Una forma muy útil y más sencilla de representar y recordar las propiedades de las operaciones básicas del Algebra Booleana es por medio del empleo de las tablas lógicas o también llamadas tablas de la verdad (true tables). Aquí si a una función existe se le asigna el nivel 1 y a la función que no existe se le asigna el nivel 0.

Bajo este concepto tenemos que si la función A es 1 se dice que la función A existe. Si es 0, A no existe. De este modo la tabla lógica correspondiente a la operación lógica AND es:

A	B	$S = A \cdot B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Si no existen A ni B, S no existe

Si no existe A y B si, S no existe

Si no existe B y A si, S no existe

Si A y B existen, S existe

La Tabla lógica de la operación OR es:

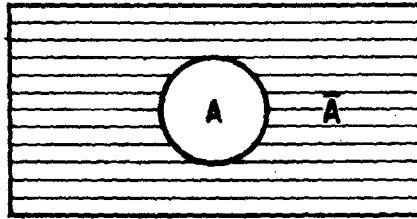
A	B	$S = A + B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Si no existen ni A ni B, S no existe

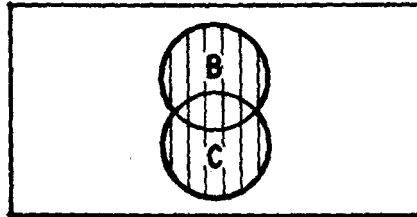
Si no existe A y B si, S existe

Si no existe B y A si, S existe

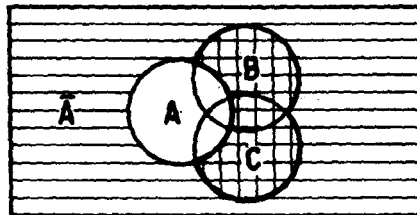
Si existen A y B, S existe



(a) Representación de A y su complemento



(b) Representación de $B + C$



(c) El área cuadriculada representa a $S = (\bar{A}) \cdot (B + C)$

FIGURA 4-4 Descripción general de la función
 $S = (\bar{A}) \cdot (B + C)$

La tabla lógica de la operación INV es:

A	\bar{A}
0	1
1	0

Si A no existe, \bar{A} si existe

Si A existe, \bar{A} no existe

4.3.3 Circuitos Lógicos Básicos

Considerando a las señales eléctricas en un circuito como funciones, un circuito lógico será aquel que efectúa las operaciones básicas del álgebra Booleana. Es decir, un circuito lógico básico es aquel que al introducirse una o varias señales, éstas serán combinadas en la misma forma en que una o varias funciones serían combinadas por medio del álgebra Booleana.

Los circuitos básicos son:

Circuito: AND

Circuito OR y

Circuito Inversor

La representación simbólica de estos 3 circuitos básicos es:

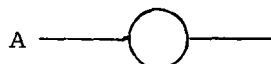
Circuito AND



Circuito OR

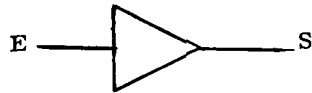


Circuito Inversor

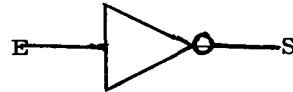


Desde el punto de vista de circuitos empleados para la construcción de equipos digitales, se deben considerar como básicos tres circuitos más que son muy importantes:

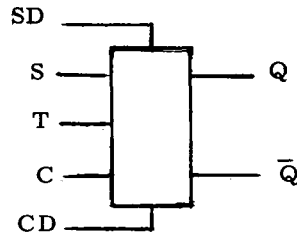
El amplificador



El amplificador Inversor



El circuito Flip Flop



Hasta este punto se ha hablado cuando una función es verdadera o que existe y de que una señal eléctrica puede considerarse como función.

Por lo tanto se puede asignar un nivel lógico para asignar como - señal verdadera a determinados voltajes y señales falsas a otras señales de otro voltaje. Bajo este concepto podemos considerar que:

Voltajes Positivos son señales verdaderas y se les asigna el nivel 1.

0 Volts, ó voltajes negativos son señales falsas y de nivel 0.

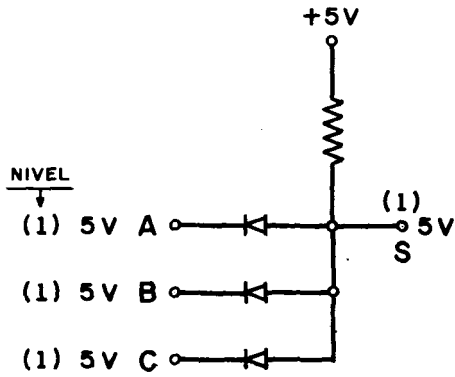
Bajo esta consideración, se dice que se emplea lógica positiva -- porque al nivel de voltaje más positivo se le ha asignado el nivel más alto y el nivel de voltaje más negativo se le ha asignado el nivel más bajo.

Entonces si se emplea la lógica positiva podemos representar a 5 volts, con un 1.

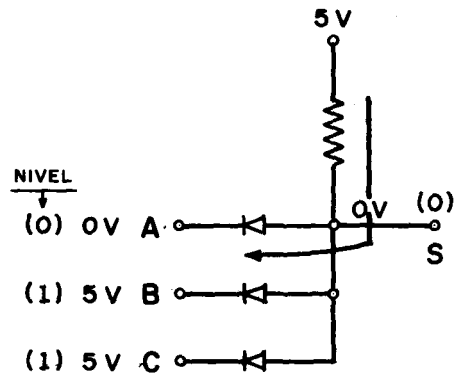
y 0 ó menos voltaje con un 0.

4.3.3. 1 Circuito AND

Con los conceptos anteriores, podemos analizar que el circuito de la Figura 4-5 se comporta como un circuito AND para lógica positiva ya que satisface todas las condiciones de la tabla lógica AND.



(a)

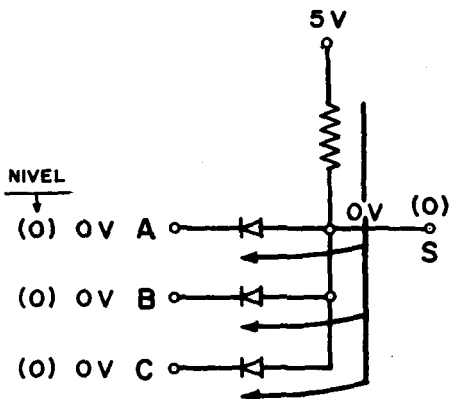


(b)

TABLA LOGICA DEL CIRCUITO

AND

A	B	C	$S = A \cdot B \cdot C$
1	1	1	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	0
0	0	0	0



(c)

CIRCUITO AND PARA LOGICA POSITIVA

En la Figura 4-5 a, se observa que estando los ánodos y cátodos al mismo nivel del voltaje no existe circulación de corriente y el voltaje que aparece en la salida es de 5 v. Si hacemos la consideración que 5 V es el nivel 1, notaremos que el circuito satisface la primera condición de la tabla lógica de la Figura 4-5 d. En el circuito (b), al estar la terminal A a 0 Volts, hay una fuerte circulación de corriente del punto de +5 volts al punto A. Como la caída de voltaje del diodo es prácticamente despreciable, en la terminal S se presenta un nivel 0. Así para el caso (c) tenemos que también que en S se tendrán 0 volts. Esto nos hace ver que si una o 2, o las 3 terminales del circuito están con 0 volts, la salida S tendrá nivel 0 y además que el circuito satisface todas las propiedades de la tabla lógica.

4.3.3.2 Circuito OR

Un circuito OR a base de diodos en lógica positiva es mostrado en la Figura 4-6 junto con la tabla lógica de operación. En este ejemplo, el circuito (a) está polarizado en tal forma que no hay circulación de corriente y tanto las entradas como la salida están a nivel cero. En el circuito (b), el diodo de la terminal A presenta un nivel de voltaje 1, que permite la circulación de corriente por el diodo de la rama superior y a través de la resistencia R, donde al conducir la corriente por R, presenta una caída de voltaje que origina que la terminal S sea positiva con un nivel 1. En idéntica forma si cualquier entrada es polarizada con 5 volts, la terminal S tendrá un nivel 1.

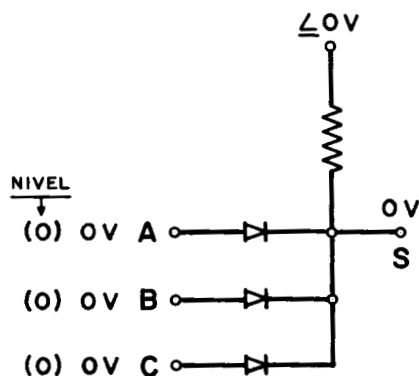
Si observamos los niveles con respecto a la tabla, se notará que este circuito OR, efectúa una operación OR del Algebra Booleana.

4.3.3.3 Circuito Inversor

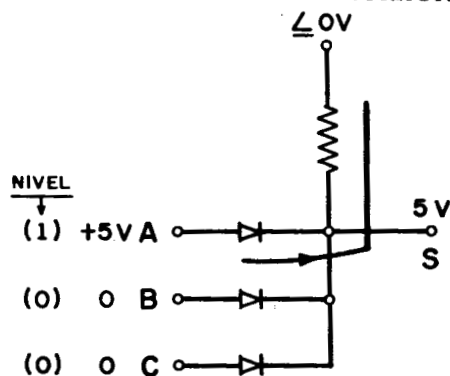
La Figura 4-7 nos muestra 2 tipos de inversor en el que las señales de salida son inversas con respecto a las de la entrada. En este caso se considera que la amplificación del circuito es 1. Si la amplificación fuera mayor este circuito equivaldría a un circuito amplificador inversor.

4.3.3.4 Circuito Amplificador

Un circuito amplificador con transistores es mostrado en la Figura 4-8 en la cual como es bien sabido la señal de salida del amplificador tiene la misma fase que la señal de entrada.



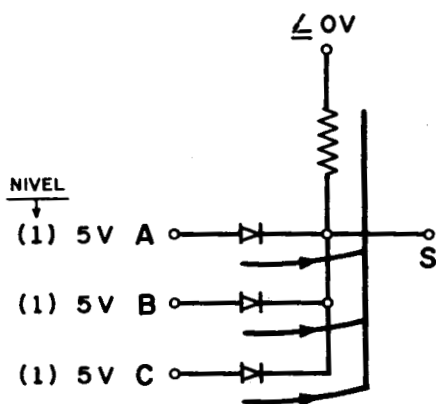
(a)



(b)

TABLA DE OPERACION LOGICA
DEL CIRCUITO OR

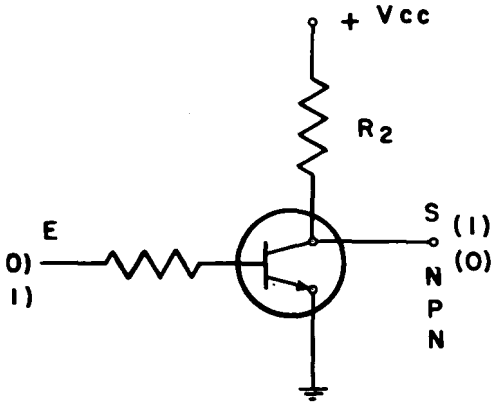
A	B	C	S=A+B+C
0	0	0	0
1	0	0	1
1	1	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
1	1	1	1



(c)

LOGICA POSITIVA { NIVEL 1= 5 VOLTS 0 MAS
NIVEL 0= 0 VOLTS 0 MENOS

CIRCUITO OR PARA LOGICA POSITIVA



REPRESENTACION LOGICA

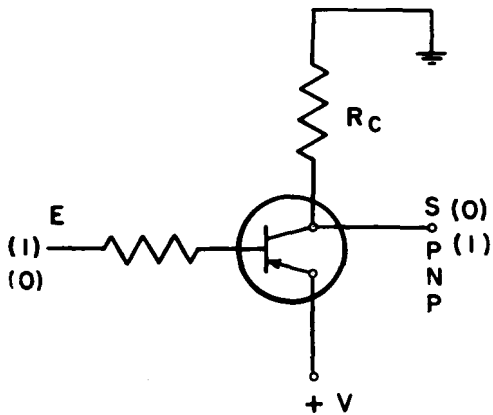


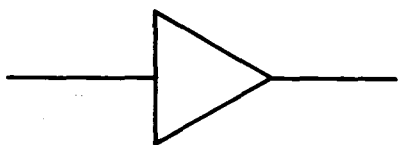
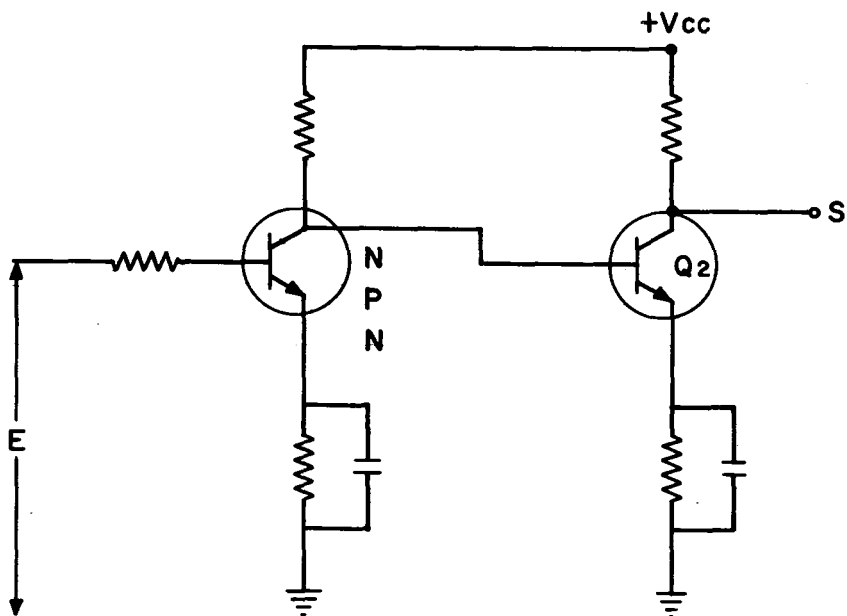
TABLA LOGICA

E	S
0	1
1	0

(0) = 0 VOLTS ó MENOS.

(1) = 5 VOLTS ó MAS.

CIRCUITOS INVERSORES



REPRESENTACION LOGICA
DEL CIRCUITO

TABLA LOGICA

E	S
0	0
1	1

AMPLIFICADOR DE DOS ETAPAS
ACOPLADO DIRECTAMENTE

Ahora bien si al mismo circuito de la Figura 4-7 se le considera una cierta amplificación, este circuito automáticamente queda convertido en un amplificador inversor.

4.3.3.5 Circuito Flip Flop (Biestable)

El circuito que frecuentemente llamamos "Flip Flop" es un circuito Biestable el cual es muy empleado en diferentes tipos de contadores que se emplean mucho en los equipos de grabación sísmica digital de campo, equipos de proceso, computadoras, radios, televisiones, etc.

Un circuito de lo más sencillo y elemental es mostrado en la Figura 4-9. En este circuito Q y \bar{Q} son las salidas del circuito.

S es la señal de entrada al transistor Q_1

C es la señal de entrada al transistor Q_2

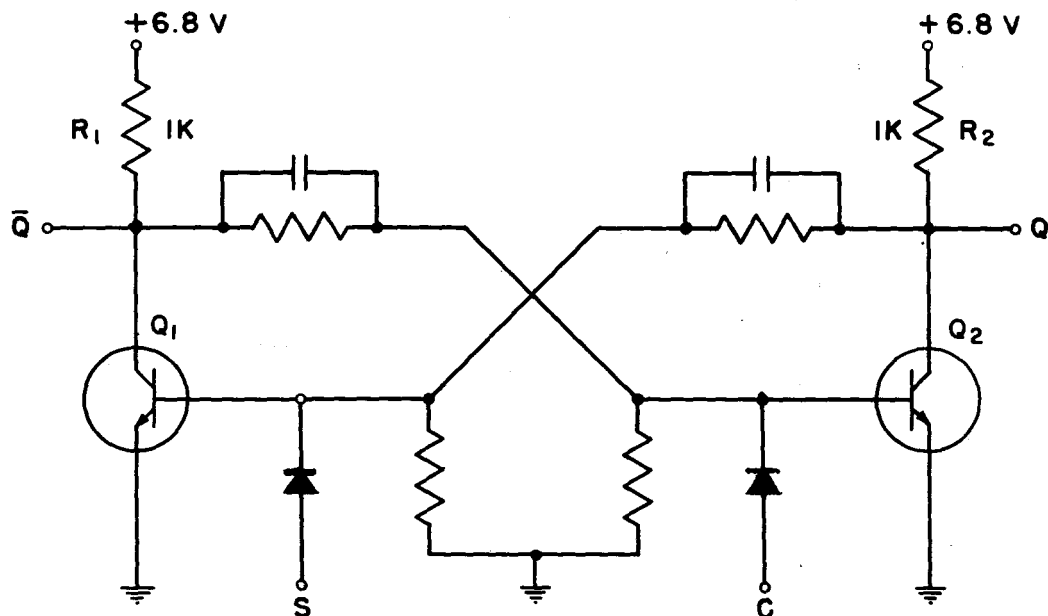
Si no hay señal de entrada, un transistor conduce más que otro y como existe retroalimentación, un transistor se va a la saturación y el otro tiende a bloquearse. Aquí si el transistor Q_1 está conduciendo más que el Q_2 , y al llegar a la saturación, Q_1 conduce en plenitud obligando a que circule una gran corriente por R_1 y por lo tanto una gran caída de voltaje se presenta en R_1 , que hace que el punto \bar{Q} tenga un voltaje cercano a 0 volts. Como este voltaje es bajo se hace presente en la base de Q_2 a través de R_3 , Q_2 queda bloqueado y por lo tanto la salida Q será alta. Este estado permanecerá hasta que una señal positiva llegue a través de la entrada C y, cambie el estado. Al llegar una señal positiva por C , hace que la base de Q_1 , tienda a ser negativa, el transistor va tendiendo a dejar de conducir y a su vez la base del Q_2 tiende hacerse positiva hasta que por retroalimentación Q_1 deja de conducir y Q_2 conduce plenamente haciendo que en la señal Q se presente un voltaje bajo y en la salida \bar{Q} un alto voltaje positivo. Si llega otra señal por S , habrá cambio, en tal forma que Q tendrá alto voltaje, \bar{Q} tendrá un bajo valor de voltaje. En este circuito solo existen 2 casos:

Q_1 conduce y Q_2 No conduce

Q_2 conduce y Q_1 No conduce

como solo existen 2 posibles estados de conducción este circuito, recibe el nombre de circuito biestable.

En la misma Figura 4-9 se muestra el símbolo lógico con que se representa a este circuito y además se presenta la tabla lógica de opera--



CIRCUITO LOGICO ó
REPRESENTACION LOGICA
DEL CIRCUITO

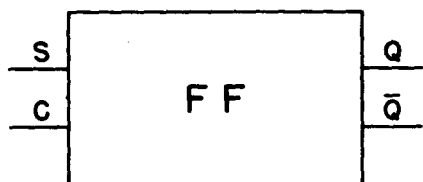


TABLA LOGICA DEL CIRCUITO

S	C	Q	\bar{Q}
1	1	INDETERMINADO	
0	1	0	1
1	0	1	0
0	0	Q_n	\bar{Q}_n
t_n		t_{n+1}	

Q_n = La salida Q conserva el mismo valor anterior.

\bar{Q}_n = La salida \bar{Q} conserva el mismo valor anterior.

CIRCUITO FLIP FLOP

ción, en donde con nivel lógico 1 se representan voltajes positivos y con nivel lógico 0 se representan voltajes negativos ó cero volts.

En la primera parte de la tabla lógica se ha representado que si aplicamos señales positivas en S y C, y no sabemos cual es el estado original de las salidas Q y \bar{Q} , el nivel de la señal de salida en Q y \bar{Q} será indeterminada. Si una señal positiva se presenta únicamente en la entrada S, la señal de salida \bar{Q} es baja y la señal de salida en Q es alta. En forma similar si S es baja y C es alta, \bar{Q} es alta y Q es de bajo nivel.

Ahora en el caso de que no se presente ninguna señal positiva ni en S ni en C, el nivel de salida en Q y \bar{Q} permanecerá con el mismo estado sin cambiar.

Otro circuito Flip Flop es el mostrado en la Figura 4-10. Aquí solo se muestra el circuito en forma simbólica junto con las tablas lógicas de operación.

Este circuito se diferencia del anterior, por que éste tiene 3 señales más de entrada que son:

- T = Señal de sincronía o de disparo
- SD = Señal directora de recuperación ("Set direct")
- CD = Señal directora de cambio de estado ("clear direct")

Cuando el circuito Flip Flop opera bajo el control de T, que en general son pulsos de sincronía, se dice que el circuito opera en forma sin sincronizada con la señal T, tal como lo muestra la tabla lógica de operación sincronizada. En esta forma de operación, el circuito queda en condiciones de cambiar de estado cuando el pulso T_n está presente, pero el cambio de estado en las salidas Q y \bar{Q} se efectuará hasta el pulso siguiente (T_{n+1}).

Cuando el circuito opera bajo el control de las señales directoras C_D y S_D , las salidas Q y \bar{Q} , son independientes del valor que tenga la señal S o C y la operación del circuito es de acuerdo con la tabla lógica de operación no sincronizada.

Existe aún otro circuito un poco más completo, y su representación simbólica es mostrada en la Figura 4-11. Este circuito es prácticamente el mismo que el de la Figura 4-10, solo que este circuito tiene en lugar de las entradas C y S dos circuitos AND, en donde cada uno de estos dos circuitos tiene 2 entradas. La operación de este circuito en sincronización con T está dada por la tabla de operación sincronizada, de la Figura 4-11.

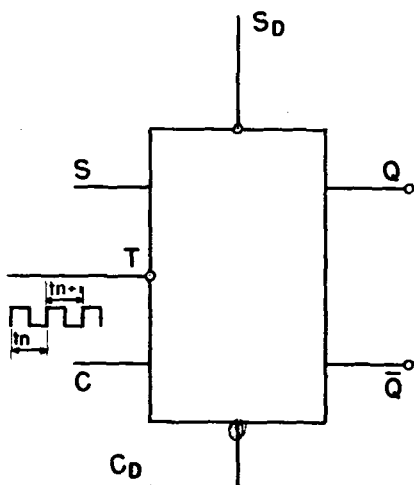


TABLA LOGICA DE OPERACION
SINCRONIZADA

S	C	Q	\bar{Q}
1	1	INDETERMINADO	
0	1	0	1
1	0	1	0
0	0	Q_n	\bar{Q}_n
T_n		T_{n+1}	

S_D = Señal directora de recuperación (set).

C_D = Señal directora de cambio de Edo. (clear).

S = Señal de entrada 1

C = Señal de entrada 2

Q = Salida 1

\bar{Q} = Salida 2

N_C = No hay cambio y el valor que tenía -

Q y \bar{Q} permanece sin cambiar.

T = Señal de disparo ó pulsos de sincronía.

TABLA LOGICA DE OPERACION
NO SINCRONIZADA

S_D	C_D	Q	\bar{Q}_n
0	0	1	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	N_C	N_C
T_n		T_{n+1}	

DIAGRAMA SIMBOLICO DE UN CIRCUITO
FLIP FLOP
CONTROLADO POR SEÑAL DE SINCRONIA

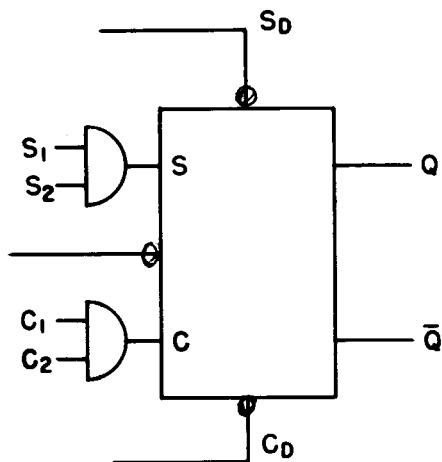


TABLA LOGICA DE OPERACION
SINCRONIZADA

S_1	S_2	C_1	C_2	Q	\bar{Q}
0	X	0	X	Q_n	\bar{Q}_n
0	X	X	0	Q_n	\bar{Q}_n
X	0	0	X	Q_n	\bar{Q}_n
0	X	1	1	0	1
X	0	1	1	0	1
1	1	0	X	1	0
1	1	X	0	1	0
1	1	1	1	ω	ω
t_n				t_{n+1}	

C_1 = Señal de cambio 1

C_2 = Señal de cambio 2

S_1 = Señal de recuperación 1

S_2 = Señal de recuperación 2

T = Señal de disparo ó de sincronía.

C_D = Señal directora de cambio.

S_D = Señal directora de recuperación.

X = Señal que puede ser de nivel "1" ó nivel "0"

ω = Estado indeterminado.

N_C = No hay cambio de Estado.
(se conserva el estado anterior).

TABLA LOGICA DE OPERACION
NO SINCRONIZADA

S_D	C_D	Q	\bar{Q}
1	0	1	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	N_C	N_C
t_n		t_{n+1}	

CIRCUITO FLIP FLOP

Cuando este circuito opera independiente de la señal de sincronización, es decir, opera controlada por las señales directoras, éste opera en forma idéntica al circuito de la Figura 4-10.

4.3.3.6 Aplicación de los Circuitos Lógicos

Una aplicación de los circuitos lógicos básicos es el circuito de la Figura 4-12, que es un comparador de signo para dos señales. Este circuito, consta de 2 circuitos Flip Flop 4 circuitos AND, 2 circuitos OR, un Inversor, 2 Amplificadores de Corriente y 2 lámparas.

Su operación se puede describir así:

Supóngase que el estado original de los 2 circuitos Flip Flop es el indicado por los signos sin paréntesis. Por lo tanto la lámpara 1 estará encendida y la lámpara 2 estará apagada. Ahora consideramos que en la entrada del circuito FF₁ aplicamos una señal A positiva y en la entrada del circuito FF₂ aplicamos una señal B la cual deseamos saber si es positiva o negativa.

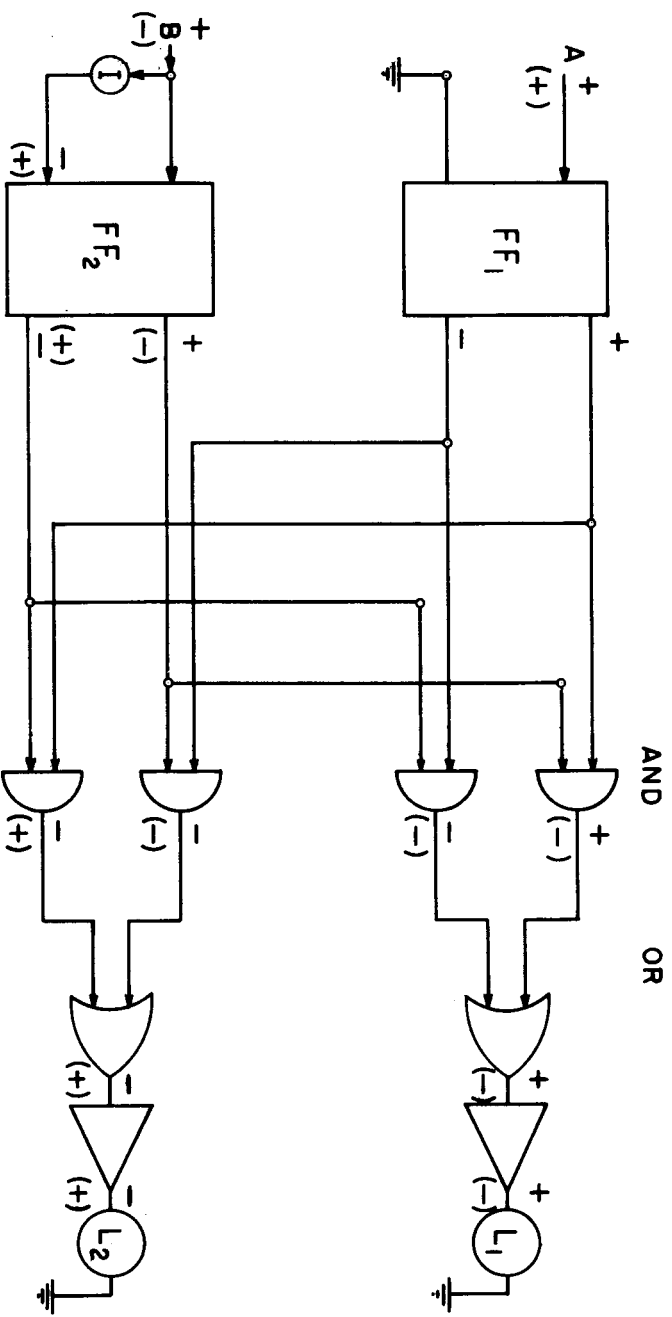
Si B es positiva los niveles de voltaje que están en el circuito permanecen sin alterarse y la lámpara L₁ sigue encendida. Si la señal B es negativa, FF₂ cambia de estado y origina que los niveles de voltaje cambien en las salidas de los circuitos AND y OR encendiendo además la lámpara L₂ y apagando la lámpara L₁.

Los niveles de voltaje en el caso de que B sea negativa, son indicados con los signos dentro de paréntesis.

5.- DESCRIPCION GENERAL DE UN EQUIPO DE GRABACION DIGITAL CON GANANCIA BINARIA.

La Figura 5-1, describe a cuadros un equipo de grabación digital de campo integrado por los siguientes tres sistemas:

- a) Sistema de amplificación binaria
- b) Sistema de grabación digital
- c) Cámara oscilográfica



CIRCUITO COMPARADOR DE SIGNO
EMPLEANDO CIRCUITOS LOGICOS.

SISTEMA DE AMPLIFICACION

Entrada de
Señal
de Sismos

UNIDAD DE
PRUEBAS Y
PREAMPLIF

FILTROS Y
AMPLIFICADORES
DE G. BINARIA

CONTROLES Y
CONTROL AUTOMATICO
DIGITAL DE GANANCIA

SISTEMA DE GRABACION DIGITAL

MULTIPLEXER

MUESTREADOR Y RETEN
DE DATOS POR CONVERTIR

CONVERTIDOR
ANALOGICO - DIGITAL

UNIDAD DE CONTROL
DE GRABACION DE DATOS

TRANSPORTE DE CINTA MAGNETICA
CON AMPL. DE ESCRITURA Y LECTURA

UNIDAD DE CONTROL
DE LECTURA

CONVERTIDOR DIGITAL - ANALOGICO
DEMULTIPLEXER RETEN DE DATOS

CAMARA OSCILOGRAFICA

Señal analógica en grabación

Señal analógica en reproducción

Señal digital

Señal de control

DIAGRAMA A CUADROS DE UN EQUIPO
DE GRABACION DIGITAL

5.1 Sistema de Amplificación

El sistema de amplificación, consta normalmente de:

- a) Unidad de pruebas
- b) Preamplificador
- c) Filtros
- d) 24 Amplificadores de ganancia binaria
- e) Control automático de ganancia
- f) Amplificadores extras (TB, TV, etc.)

Las principales funciones de esta sección son:

- a) Probar continuidad de líneas de detectores
- b) Humedad en las líneas y equipo
- c) Efectuar pruebas básicas del equipo
- d) Filtrado y amplificación de señales sísmicas
- e) Controlar bajo la dirección del sistema de grabación digital, los cambios automáticos de ganancia de cada amplificador para aprovechar al máximo el rango dinámico del equipo

5.2 Sistema de grabación digital

Los principales circuitos que integran un sistema de grabación digital de campo son:

- a) Un Multiplexer
- b) Muestreador de señales
- c) Reten de datos por digitizar
- d) Un convertidor Analógico-Digital o Digitizador
- e) Unidad de control de grabación de datos, comunmente llamado - "Formater"
- f) Un transporte de cinta magnética en el cual están los amplificadores de grabación y reproducción
- g) Una unidad de control de lectura, comunmente llamado "deformater".
- h) Convertidor digital - analógico
- i) Demultiplexer
- j) Reten de datos demultiplexados

La principal función de este sistema, es el de seleccionar canal - por canal y tomar una muestra de su amplitud cada intervalo de muestreo. El intervalo de muestreo puede ser de 1, 2 o 4 milisegundos, y en este intervalo de tiempo se debe tomar una muestra de cada canal sísmico.

Las muestras analógicas de cada canal, se almacenan momentáneamente y después son convertidas en señales digitales en el convertidor analógico digital. Después estas señales digitales son ordenadas y grabadas en una cinta magnética de 9 pistas de acuerdo con un formato determinado.

Además este sistema puede reproducir las señales ya grabadas en la cinta, transcribirlas de digital a analógico y grabarlas con alguna amplificación en una cámara oscilográfica.

6. - TEORIA DE OPERACION

6.1 Operacion del Sistema de Amplificación con Ganancia Binaria

En la Figura 6-1, se muestra un diagrama a cuadros de un sistema de amplificación con ganancia binaria. En el podemos observar la unidad de pruebas, preamplificación, filtros pasa altos, pasa bajos, Notch* y alias, pasos de amplificación de ganancia binaria, ajustes de ganancia, circuitos de retraso y circuitos de control e indicación de ganancia.

6.1.1 Unidad de Pruebas

La Figura 6-2 muestra la unidad de pruebas, balanceador de línea y preamplificador.

La unidad de pruebas consta por lo general de un oscilador de baja distorsión con diferentes voltajes de salida, un generador de pulsos (manual) y un óhmetro. Todos estos circuitos son empleados para calibración, pruebas de aparato y chequeo de detectores.

En la entrada de señales sísmicas, se encuentran los balanceadores de línea para atenuar las inducciones causadas por líneas de alimentación de 50 ó 60 c/s. Enseguida de los balanceadores de línea se tiene un transformador de entrada el cual es de muy baja distorsión en el rango de entrada de señales sísmicas.

El paso de acoplamiento entre el transformador y los filtros, se hace por medio de un preamplificador operacional ultra estable, cuya amplificación es generalmente de 30 a 36 db, aunque este puede ser variado de acuerdo con las necesidades o deseos de la compañía que va a emplear el equipo.

(*)Ver apéndice, A-6

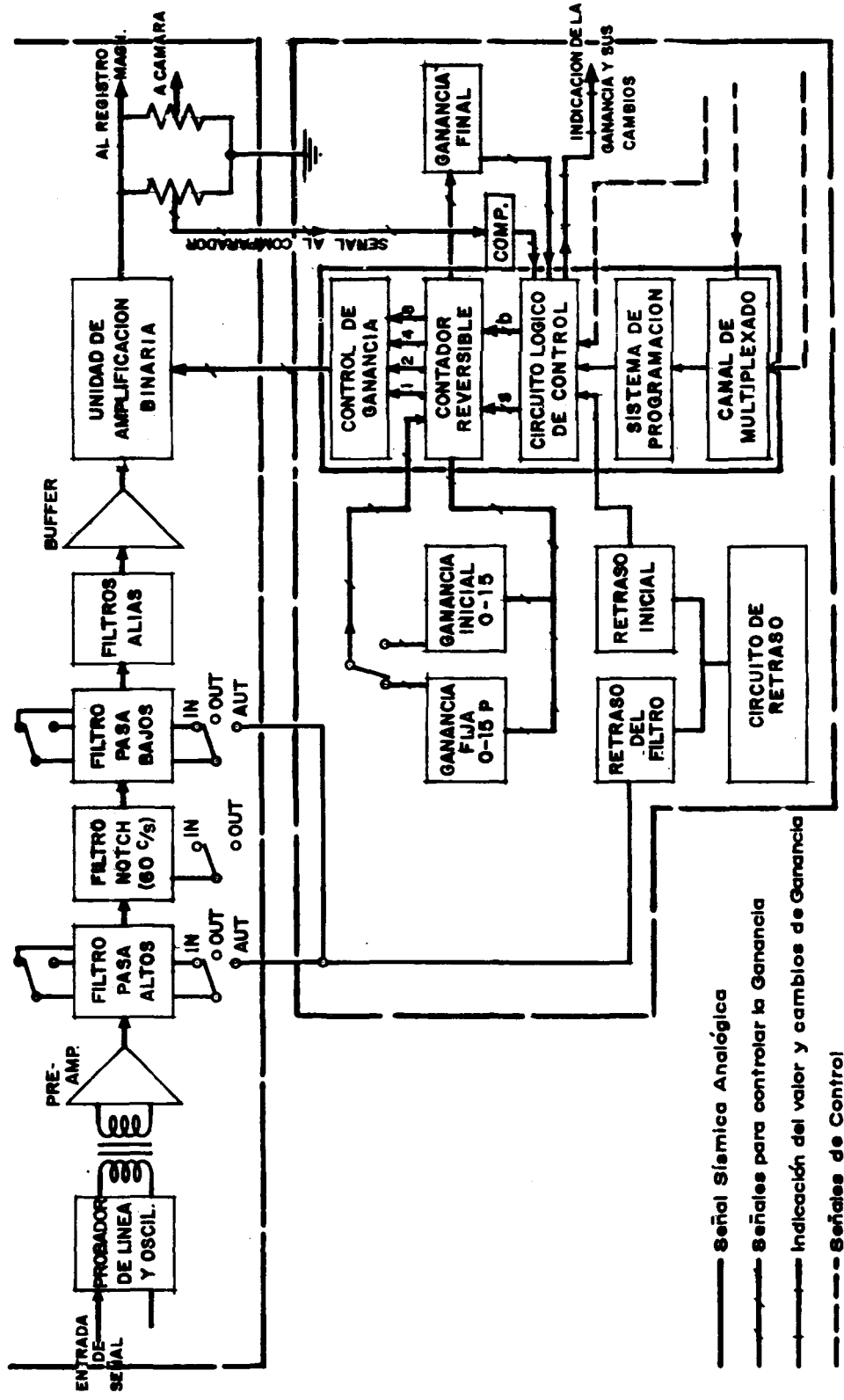
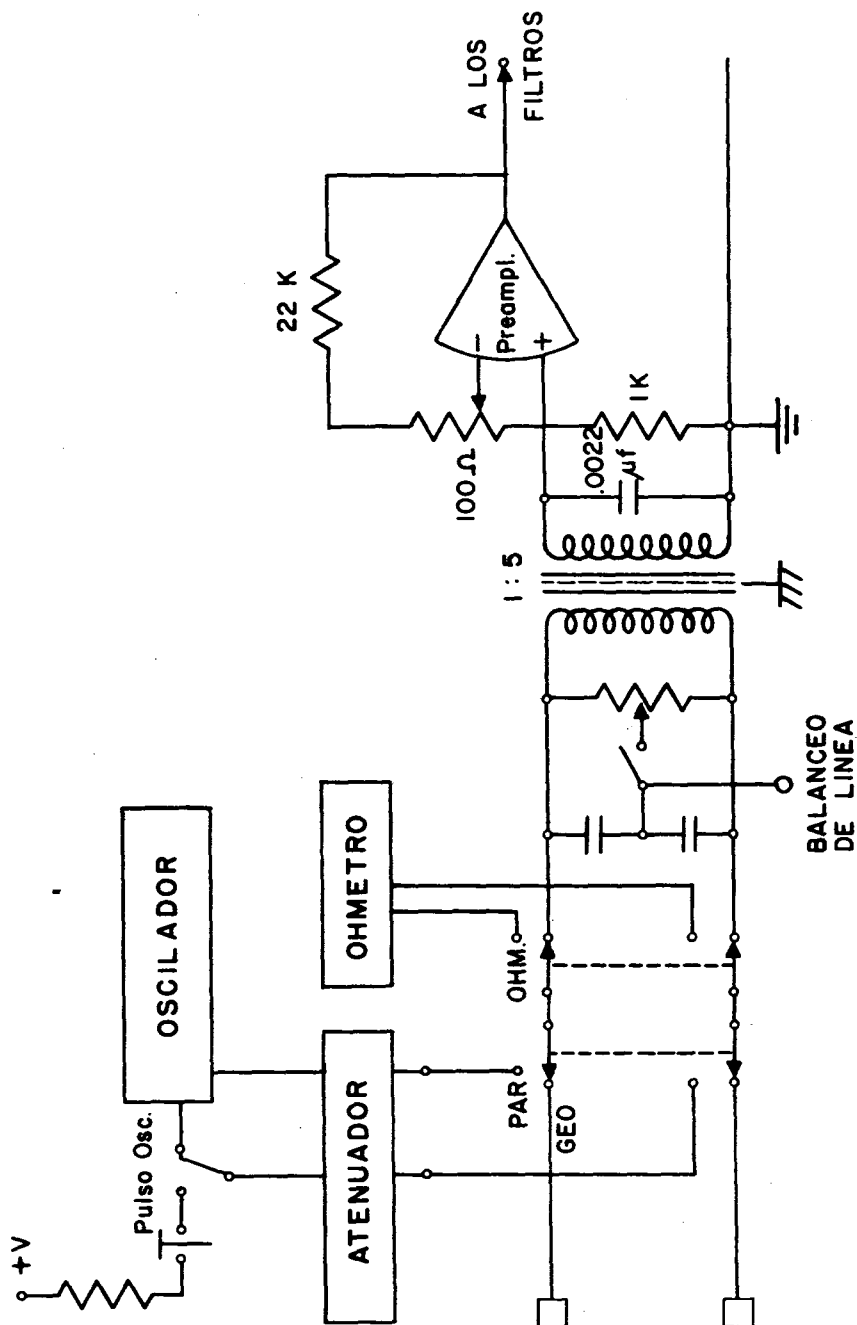


DIAGRAMA A CUADROS DE UN SISTEMA DE AMPLIFICACION
CON GANANCIA BINARIA



**CIRCUITO DE PRUEBAS, BALANCE DE LINEA
Y PREAMPLIFICADOR**

6.1.2 Filtros

En estos sistemas por lo general se emplean filtros activos a base de circuitos RC que emplean amplificadores operacionales con retroalimentación para acentuar mas la atenuación. El objeto del empleo de estos tipos de filtros es para obtener mejor sensibilidad, circuitos más ligeros, más compactos y más sencillos.

6.1.2.1 Filtros de Paso Alto

La Figura 6-3 muestra la sección de filtros de pasa altos y pasa-bajos. La sección de filtros de paso alto, aplica 12 db de atenuación por octava a frecuencias más bajas de la frecuencia de corte. Esto es cuando se aplica una sección de filtros, pero cuando se aplica un filtro doble, la atenuación por octava es de 24 db. La introducción de estos filtros puede hacerse en forma manual o automática con o sin retraso.

6.1.2.2 Filtros Notch

Los filtros notch son filtros que atenúan una banda de frecuencias de 50 o 60 c/s.

6.1.2.3 Filtros de Paso Bajo

Esta sección de filtros, también a base de condensador y resistencia, proporciona una atenuación de 12 db por octava a frecuencias arriba de la frecuencia de corte, cuando se hace de una etapa de filtros. Cuando se emplea el filtro doble, la atenuación es de 24 db/oct.

6.1.2.4 Filtros Aliás

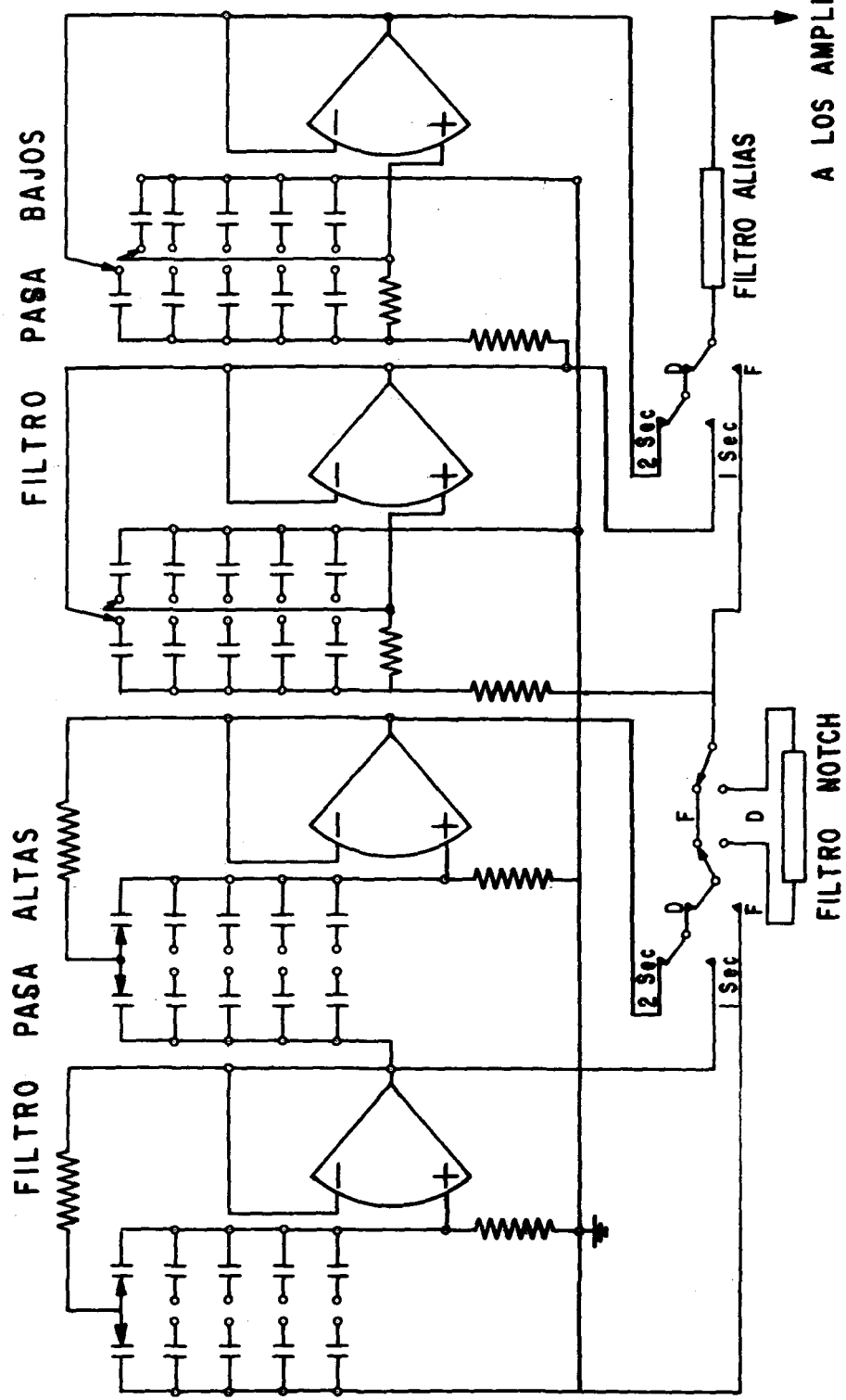
El objeto de estos filtros es para prevenir los errores de Aliás. Estos son errores en la grabación como consecuencia del tipo de muestreo empleado, en la cual señales de frecuencia más altas, igual o un poco más bajas que la frecuencia de Nyquist* son deformadas al ser grabadas. Estos filtros atenúan a señales cuya frecuencia es mayor o igual que la frecuencia de Nyquist.

(*) La frecuencia de muestreo se define como la inversa del intervalo de muestreo

$$F_s = \frac{1}{T_s} : T_s = \text{Intervalo de muestreo y la frecuencia}$$

de Nyquist se define como la mitad de la frecuencia de muestreo

$$F_n = \frac{1}{2} F_s = \frac{1}{2 T_s}$$



SECCION DE FILTROS

FIGURA 6-3

Si la señal por muestrear es de alta frecuencia y el intervalo de muestreo es muy grande, es decir, la frecuencia de la señal por muestrear es mayor que la frecuencia de Nyquist, la señal grabada no podrá ser igual a la original en tal forma que si se reprodujera la señal muestreada, ésta presentará ciertas ambigüedades o se obtendrá una señal que no corresponde con la original. En la Figura 6-4 presentamos uno de estos casos en donde una señal de 750 c/s es muestreada a intervalos de 2 m seg. Aquí podemos observar que si el muestreo empieza en el punto A, la señal que se grabaría y sería reproducida, sería una línea recta. Si el muestreo hubiese empezado en el punto B, la señal reproducida tendría diferente frecuencia y amplitud de la señal original. Si la señal hubiese sido muestreada empezando por el punto C, la señal reproducida solo cambia de frecuencia aunque la amplitud no se altera. En estos casos se dice que hay un error de alias o también llamado error de "Foldover".

Cuando la señal por muestrear tiene la misma frecuencia de Nyquist, pueden presentarse 3 casos importantes:

- a) La señal reproducida puede ser una línea recta .
- b) La señal reproducida coincide en alto grado con la señal original.
- c) La señal reproducida tendrá la misma frecuencia que la señal original, pero se presentará fuera de fase y con diferente amplitud.

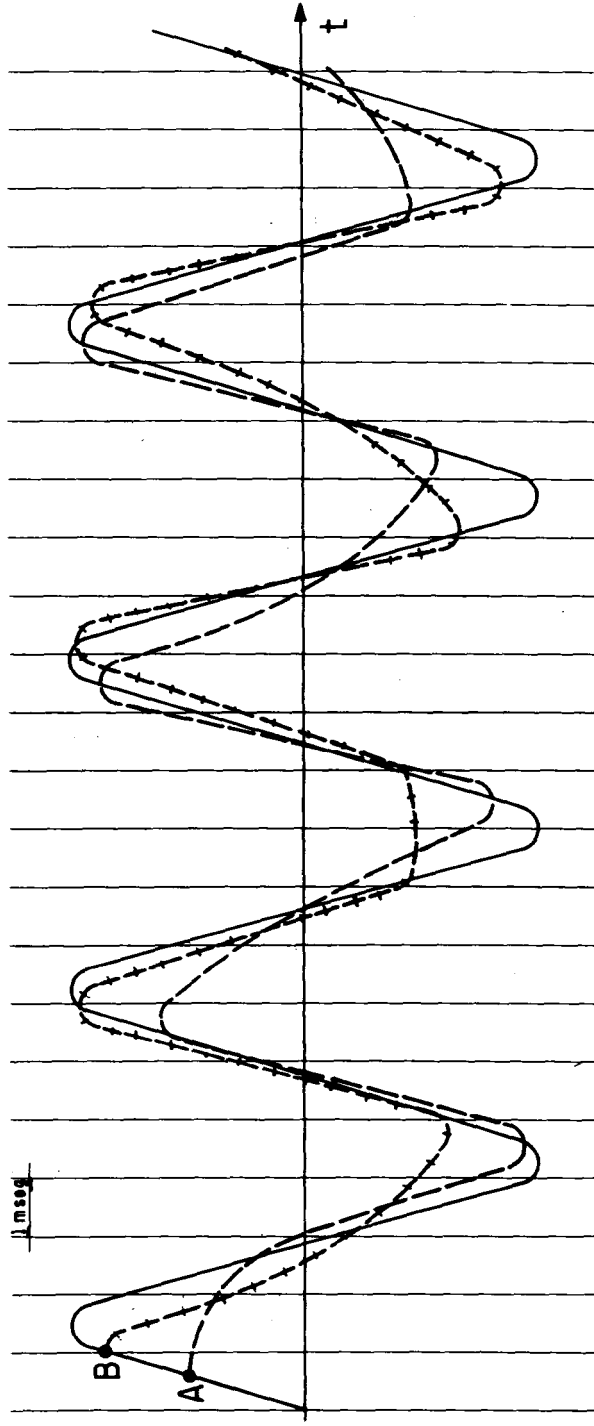
Un caso de estos se presenta en la Figura 6-5 en la cual se muestra este tipo de problema.

La figura 6-6 nos presenta el caso cuando la frecuencia de la señal por muestrear es menor que la frecuencia de Nyquist. En este caso la señal reproducida tiende a deformarse un poco pero tiende a conservar la frecuencia de la señal que entró en grabación.

Es obvio que entre más número de muestras se tomen de una señal, la reproducción de ésta tenderá a ser más semejante a la señal original, pero el intervalo de muestreo está limitado por ciertos problemas. Uno de ellos, es que entre mayor sea el número de muestras tomado, se requiere una cinta magnética de mayor longitud y por lo tanto más de tiempo proceso. Otro más, es que la capacidad de trabajo de una computadora digital normal está limitado a un cierto número de datos que puede procesar.

Sin embargo, sismogramas muestreados cada 1 o 2 o 4 milisegundos, pueden ser procesados en una computadora en forma costeable y obteniendo muy buenos resultados.

INTERVALO DE MUESTREO CADA 2 mseg.



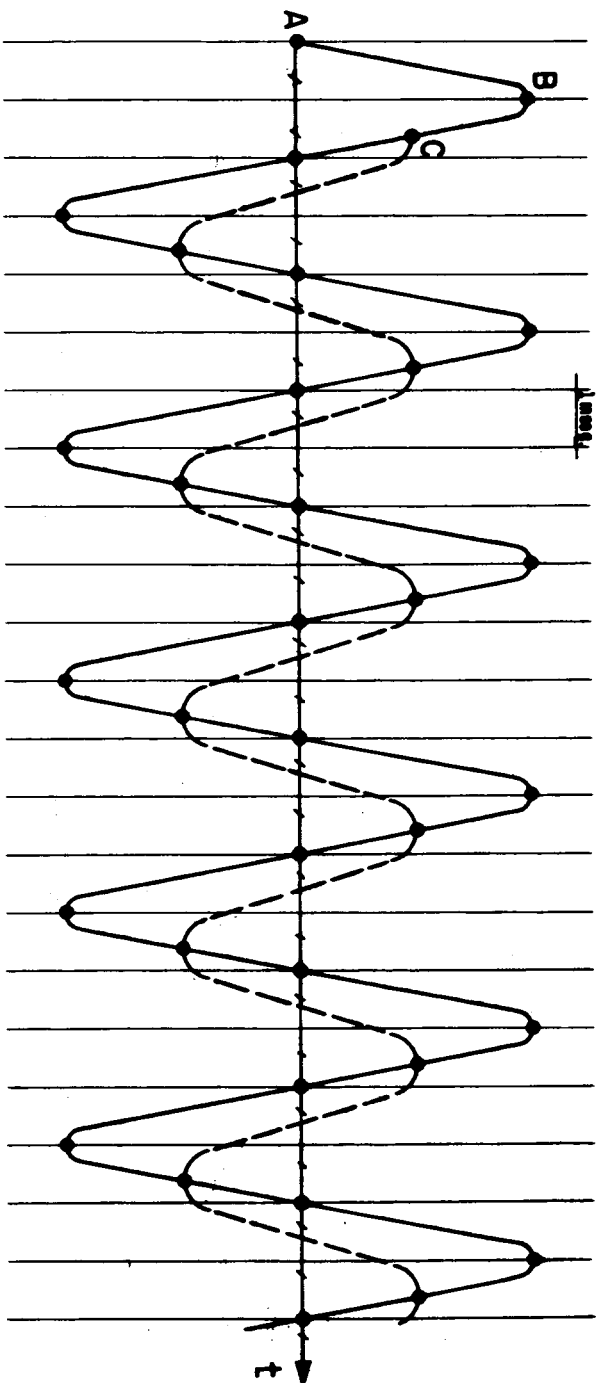
— Señal de 175 c/s muestreada cada 2 mseg.

— Señal que se reproduciría si el muestreo empieza en A

— " " " " " " " B

DEFORMACION EN LA REPRODUCCION DE ONDAS DE
FRECUENCIA CERCANA A LA FRECUENCIA DE NYQUIST

$$f_n = \frac{1}{2} \times \frac{1}{T_s} = 250 \text{ c/s.}$$



Señal de 250 c/s por muestrear cada 2 miliseg.

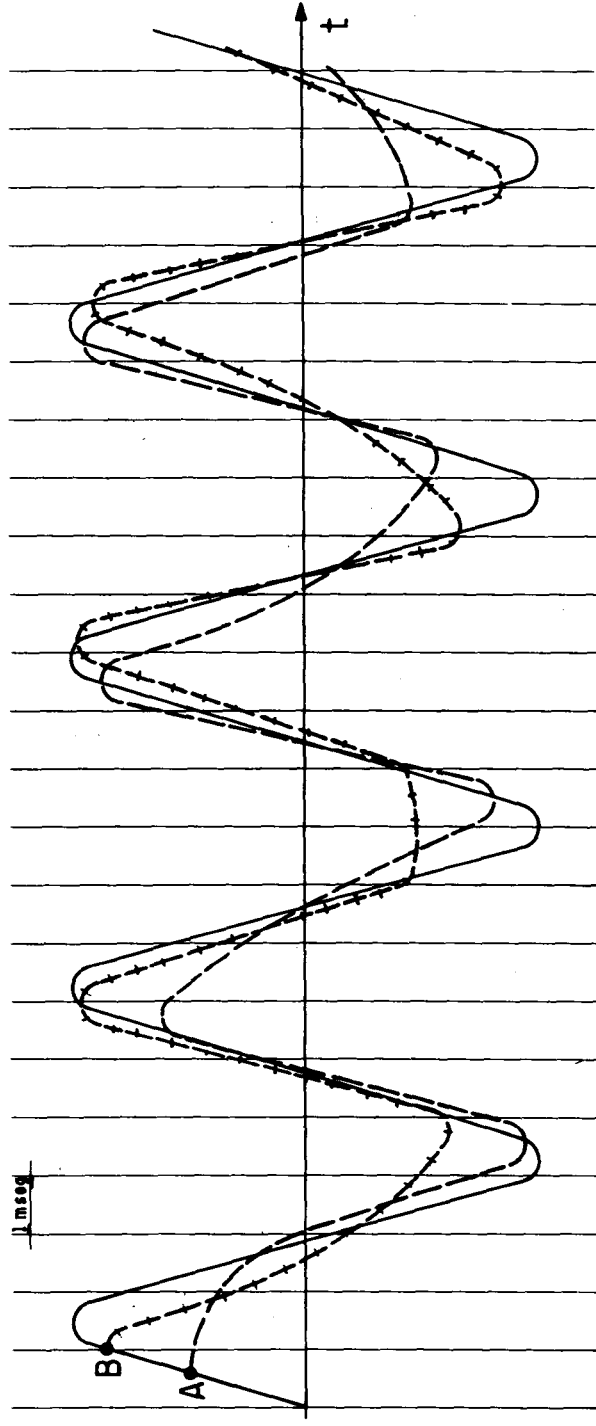
Señal que se reproduciría si el muestreo empieza en A

E

2
2
2
2
2
2
2
2
2
2
2
2

AMBIGÜEDAD EN LA REPRODUCCION DE SEÑALES QUE AL GRABARSE TENIAN LA FRECUENCIA DE NYQUIST

INTERVALO DE MUESTREO CADA 2 mseg.



— Señal de 175 c/s muestreada cada 2 mseg.

— Señal que se reproduciría si el muestreo empieza en A

— " " " " " " " B

DEFORMACION EN LA REPRODUCCION DE ONDAS DE FRECUENCIA CERCANA A LA FRECUENCIA DE NYQUIST

6.1.3. Amplificadores de Acoplamientos

Estos amplificadores emplean también amplificadores operacionales y sirven para acoplar la salida de los filtros con los amplificadores Binarios.

6.1.4 Unidad de Amplificación Binaria

Esta unidad consiste de 24 amplificadores sísmicos de ganancia binaria, un amplificador para la señal de tiempo vertical, otro amplificador para registro de la señal de tiempo de corte, otro para la señal de 100 c/s (u otra señal) y tres canales auxiliares.

Un amplificador sísmico, como el mostrado en la Figura 6-7, tienen 3 amplificadores operacionales y puede proporcionar 16 diferentes niveles de ganancia ajustados automáticamente por 6 switches. Tres de ellos son controlados por medio de 3 relevadores de muy alta velocidad y los otros tres por medio de transistores del tipo "FET" (Field effect transistor), que operan con variaciones de voltajes de polarización para conducir o interrumpir su conducción.

La mayor parte de los 15 cambios automáticos (que selecciona los 16 diferentes niveles de ganancia), se lleva a cabo por medio de los transistores FET, y solo 3 de los 15 cambios se hacen por medio de los 3 relevadores. La ganancia del amplificador es de acuerdo con la posición de los switches y esto lo muestra la Tabla de la Figura 6-7.

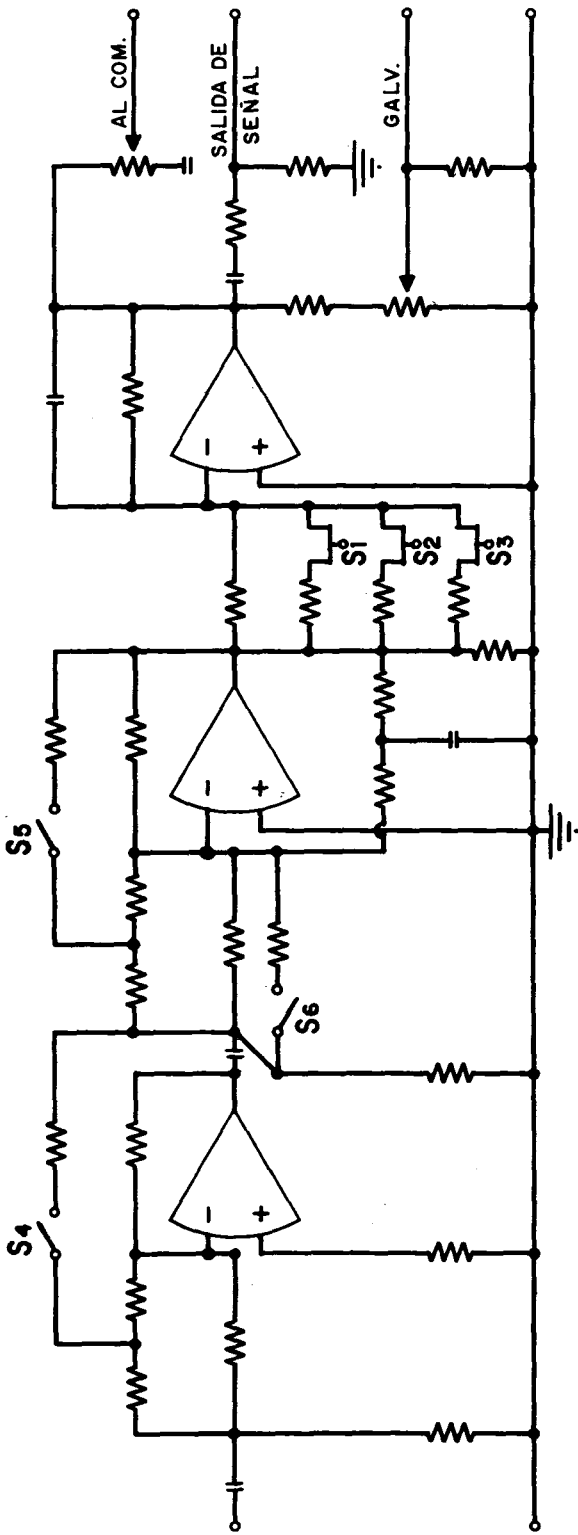
La ganancia máxima que puede proporcionar cada amplificador es de 90 decibelios, equivalentes a 15 pasos de amplificación binaria.

6.1.5 Sección de Control

En esta sección, está contenida la unidad de control automática de ganancia, los controles de ajuste de ganancias, circuitos de retraso e indicadores.

6.1.5.1 Unidad de Control de Ganancia

La variación de la ganancia de los amplificadores es controlada por medio de la unidad de control de ganancia.



**AMPLIFICADOR DE
GANANCIA BINARIA**

COD.	GANANCIA AMP-DB	S1	S2	S3	S4	S5	S6
2 ⁰	1	0	0	0	C	C	0
2 ¹	2	C	0	0	C	C	0
2 ²	4	C	C	0	C	C	0
2 ³	8	C	C	C	C	C	0
2 ⁴	16	0	0	0	0	C	0
2 ⁵	32	C	0	0	0	C	0
2 ⁶	64	C	C	0	0	C	0
2 ⁷	128	C	C	C	0	C	0
2 ⁸	256	0	0	0	0	0	0
2 ⁹	512	C	0	0	0	0	0
2 ¹⁰	1024	C	C	0	0	0	0
2 ¹¹	2048	C	C	C	0	0	0
2 ¹²	4096	0	0	0	0	0	C
2 ¹³	8192	C	0	0	0	0	C
2 ¹⁴	16384	C	C	0	0	0	C
2 ¹⁵	32768	C	C	C	0	0	C

El objetivo de efectuar estas variaciones de ganancia, es para mantener el nivel de la señal amplificada dentro de $1/4$ y los $3/4$ de la escala máxima de grabación.

El objeto de grabar entre $1/4$ y los $3/4$ de la escala máxima de grabación, es para que todas las señales sísmicas se mantengan dentro de un nivel de grabación sin distorsionarse y previendo cambios bruscos de amplitud de señales que pudieran quedar fuera de la escala de grabación.

El diagrama a cuadros de esta unidad, es mostrada en la Figura 6-1, en donde se puede observar las partes más importantes que la integran:

- a) Circuito de control de ganancia.
- b) Contador reversible
- c) Circuito lógico de control
- d) Circuito comparador
- e) Sistema de programación
- f) Canal de multiplexado

La operación de este circuito puede explicarse en esta forma:

Por medio de señales de control recibidas del multiplexer, el canal de multiplexado, selecciona de acuerdo con el sistema de programación, el amplificador que va a estar bajo el control de esta unidad.

Cuando se ha seleccionado que canal va a estar bajo el control de esta unidad, se toma una parte de la señal de salida del amplificador y se envía al circuito comparador que tiene una señal fija para comparación. Si el valor RMS de la señal de salida del amplificador está abajo de $1/4$ del nivel máximo de grabación del sistema de grabación digital, el comparador envía una señal al circuito de control ordenando se suba la amplificación. Este al recibir esta señal, ordena al contador reversible suba la ganancia y este a su vez ocasiona que el control de ganancia opere los switches del amplificador para subir la ganancia.

Si el nivel de señal de un canal excede a los $3/4$ de la escala máxima de grabación del sistema de grabación digital, una señal es generada en este sistema y es enviada al circuito lógico de control para que a través del contador reversible y del control de ganancia, se reduzca la ganancia 6 db.

Es de hacer notar que los aumentos de ganancia son ordenados a través del comparador y las reducciones de ganancia son mandados por una señal enviada desde el sistema de grabación.

Los cambios de ganancia pueden ser hechos de acuerdo con el tipo de muestreo. Así por ejemplo si se muestrea la señal cada milisegundo, - las subidas de ganancia pueden hacerse 6 db cada 30 milisegundos que representa una relación de liberación* de 200 db/seg.

Las reducciones de ganancia pueden hacerse 6 db cada milisegundo que representa una relación de ataque ** de 6 000 db/seg. La razón de esto es que los aumentos de ganancia no son muy urgentes ya que la energía sísmica decae muy lentamente (cuando mucho la velocidad de decaimiento de la velocidad es de 180 db/seg. Por lo tanto con poder subir la ganancia 6 db cada 30 milisegundos es más que suficiente. (Ver figura - 6-8). En cuanto para cambios bruscos de amplitud debido a la entrada de fuertes señales sísmicas, es necesario bajar la ganancia en forma rápida para que la señal amplificadora (que entra a grabación) quede dentro de 1/4 y 3/4 del nivel máximo de grabación (Siems y Hefer, 1966).

6.1.5.2 Ganancia Inicial

La ganancia inicial por lo general se ajusta manualmente en pasos de 6 db y actúa desde el inicio del sismograma y se mantiene con ese valor, hasta que una señal es recibida del circuito de retraso inicial que bota este control, para dejar actuar en forma totalmente automática las variaciones de ganancia.

Durante este retraso inicial solo se permite bajar la ganancia pero nunca subirla. (Engineering Data Sheet INS-6702-D1015 - Geo Space, 1967).

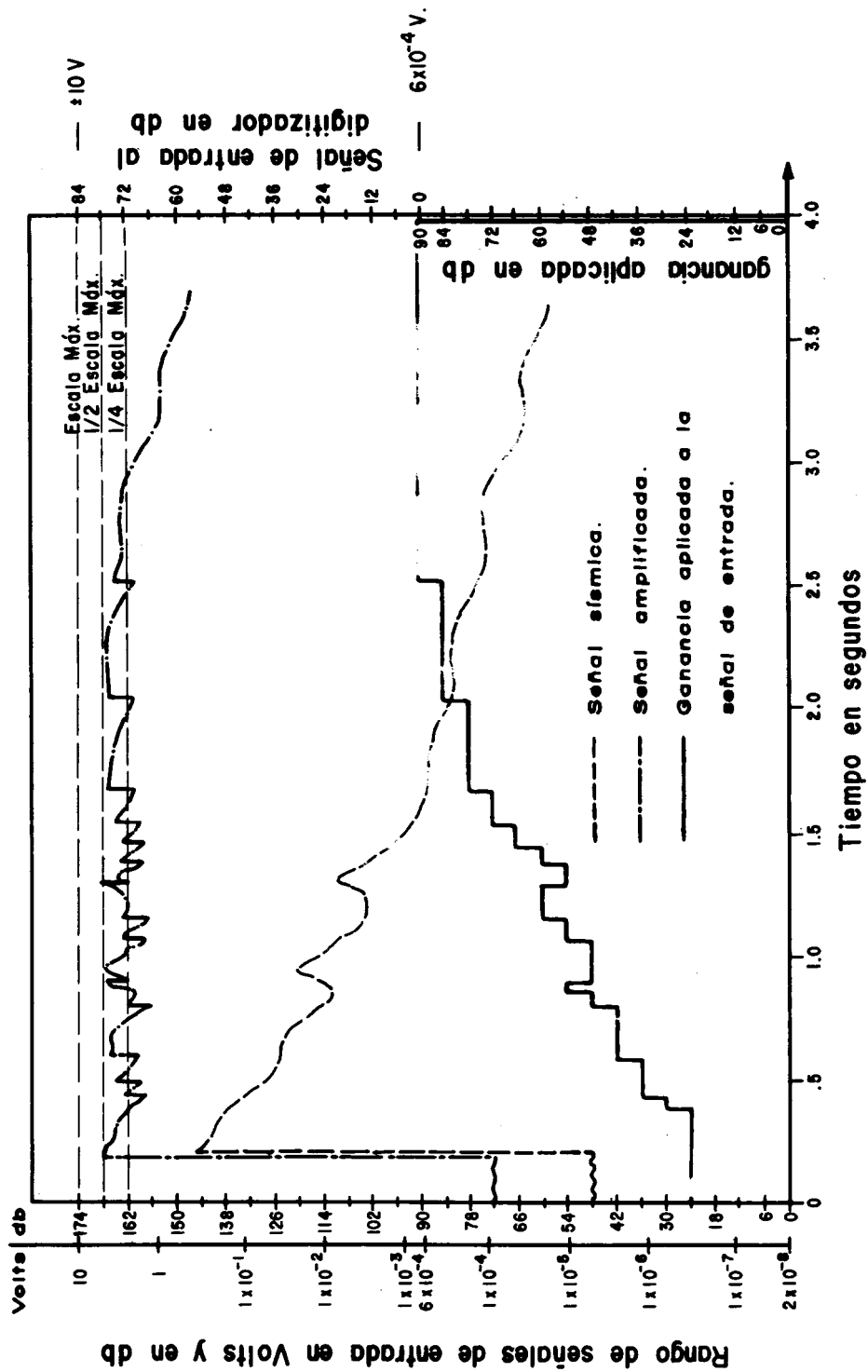
6.1.5.3 Circuito de Retraso Inicial

Este circuito puede proporcionar un tiempo de retraso inicial de 0 a 3 segundos que se cuenta a partir del tiempo de disparo (T. B.)

El objeto de este circuito es retrasar (si se desea) la entrada de filtros y acción de la ganancia inicial.

*Ver Apéndice A-7

** Ver Apéndice A-8



AUMENTOS DE GANANCIA PARA COMPENSAR EL DECAIMIENTO DE LA ENERGIA EN EL CAMPO

6.1.5.4. Ganancia Final

Por medio de este control, se ajusta la ganancia máxima que se desee alcance el equipo durante su operación. El objeto de esto, es para prevenir que la entrada de señales al final del record muy amplificadas lleguen a sobrepasar los $\frac{3}{4}$ del nivel máximo de grabación.

6.1.5.5 Ganancia Fija

Por medio de este control, la ganancia fija de los 24 amplificadores es seleccionada.

Cuando el equipo opera con ganancia fija, la ganancia en todos los amplificadores se mantiene uniforme, en todo el record y no permite cambios de ganancia mientras el equipo este bajo este control.

Este tipo de ajuste es empleado cuando se sacan reproducciones de cintas grabadas.

6.2 Sistema de Grabación de Campo

El sistema de grabación digital es construido para grabar los datos en una forma ordenada.

La secuencia de grabación de datos (sísmicos, datos de ganancia, ajuste, etc.) en una cinta, magnética se le denomina Formato. El tipo de formato que se seleccione dependerá de los requisitos que se deseen satisfacer en la grabación y en el proceso de los datos sísmicos.

6.2.1. Formatos de Grabación

Debido al rápido crecimiento equipos de grabación digital, al gran número de fabricantes de equipos digitales, diferentes compañías de proceso, exploración y otros más, se desarrollaron una gran variedad de formatos para grabación digital empleando 7 y 9 pistas en cinta magnética de 12.5 mm. ($\frac{1}{2}$ ") y formatos de 21 pistas empleando cinta de 25 mm (1").

Como aún en los sistemas de grabación de 7 y 9 pistas en cinta de $\frac{1}{2}$ ", se desarrollaron varios tipos de formatos, la SEG. (Society of Exploration Geophysist), propuso en 1967, se estableciera un formato

estandard (Northwoods, Weisinger, Bradley 1967). De este intento, se adoptó por aceptar como estandard en sismología, la grabación digital - empleando 9 pistas en una cinta de 12.5 mm, lo cual se aceptó ya que la grabación en 9 pistas ofrece suficiente Flexibilidad y Eficiencia. Se dice que tiene flexibilidad, porque es posible grabar un número diferente de canales sísmicos y auxiliares empleando diferentes tipos de amplificadores convencionales o del tipo de ganancia binaria.

Se dice que es eficiente por que la grabación se hace en forma compacta en tal forma que se reduce la cantidad de cintas grabadas sin sacrificar nada de fidelidad y proporcionando un ahorro de tiempo en la lectura de estas cintas (Savit, C.H. 1966).

En cuanto a la secuencia de grabación de datos sísmicos, ganancia, datos de sincronía y datos de encabezado, se propusieron como estandars los formatos "A" y "B" con o sin intervalos de grabación entre encabezado y datos sísmicos (Northwood E.J. y otros, 1967).

Los dos formatos presentan pocas diferencias en la forma de grabar los datos de encabezado de la cinta magnética (datos tales como, N° - de punto de tiro, línea, carrete, filtros, etc.).

La principal diferencia que existe entre los Formatos A y B, está en la forma de grabación de la ganancia aplicada a los datos grabados en la cinta. El formato A registra la ganancia de un canal sísmico cada vez que se toman 30 muestras, pero controla sí la ganancia sube o baja en cada muestra tomada. El Formato "B" registra la ganancia de todos los 24 amplificadores en cada muestra.

¿Pero cual es mejor ?

Esta pregunta es difícil de contestar, ya que el sistema por escoger de acuerdo con las facilidades que presenta un sistema sobre el otro; en la grabación en el campo, tiempo de proceso, facilidad para el proceso, fidelidad y otros puntos más.

Sin embargo, se puede decir que el Formato "A" con encabezado modificado por la ESSO Production Research (Formato A/EPR) goza de mayor aceptación entre las compañías de exploración y de proceso sísmico que emplean equipos de grabación digital (Dato proporcionado por las principales compañías que venden equipos digitales y compañías de procesamiento digital de la Cd. de Houston).

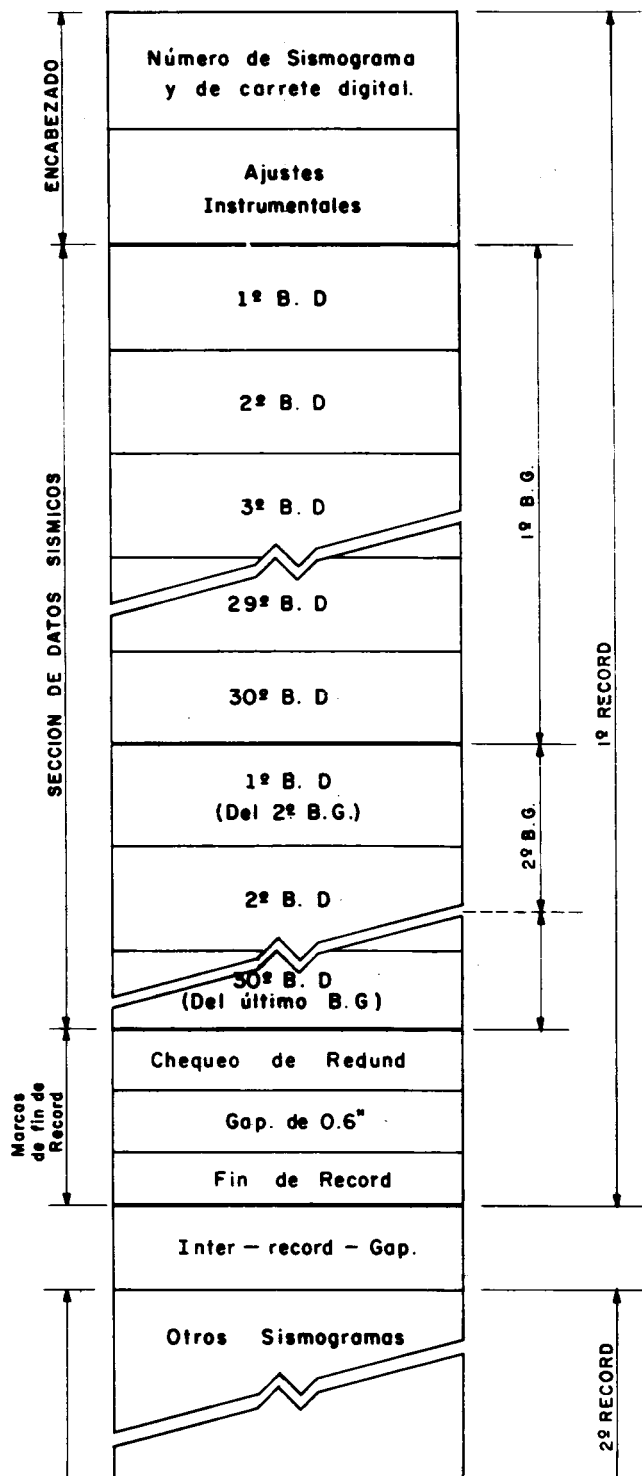
La razón de esto es:

- a) Los equipos digitales de campo que emplean Formato A/EPR requieren menos cinta magnética por record que los equipos que emplean Formato B. (En un carrete de 2400 pies pueden grabarse con Formato A aproximadamente 150 records y con Formato B solo 107 Records).
- b) Como consecuencia del punto anterior, como las cintas grabadas con Formato A/EPR emplean menos cinta, requieren menor tiempo de lectura y transcripción y por lo tanto representan un ahorro en el tiempo de computación y dinero. (Esta razón es si no la más poderosa es una de las mas fuertes.)
- c) Los equipos digitales de campo que emplean Formato A son ligeramente más baratos que los equipos que emplean Formato B, ya que estos últimos requieren de un circuito extra para almacén momentáneo de datos de ganancia.
- d) Otro factor más es que los equipos con Formato A son ligeramente más flexibles cuando se requiere grabar más canales sísmicos, pues si se desea grabar más canales sísmicos en equipos con Formato B, la extensión en el formato debe hacerse en grupos de 4 y en cambio en equipos con Formato A se hace de uno en uno y es más, hasta pueden llegarse a usar los canales auxiliares (Badger A.S. 1967).
- e) Otra ventaja, la cual es una consecuencia de la preferencia de equipos con Formato A de parte de los consumidores, es que debida a esta razón, los fabricantes de equipo de grabación dedicarán más preferencia en perfeccionar los equipos con Formato A que los otros equipos.

6.2.2 Descripción Detallada del Formato A/EPR

En la Figura 6-9, se muestra la secuencia de grabación de datos dada por el Formato A/EPR. En el podemos distinguir 3 secciones principales:

- a) El encabezado
- b) Sección de datos sísmicos
- c) Sección de identificación de fin del record.



B. D. = Bloques de Datos.
B. G. = Bloques de Ganancia.

FIGURA 6-9

SECUENCIA DE DATOS GRABADOS EN UN RECORD
EMPLEANDO FORMATO A/EPR

En el encabezado, son grabados todos los datos de enunciado de un record, tales como: número de record, número de carrete digital y ajustes instrumentales.

En la sección de datos sísmicos son grabados los pulsos de sincronía, datos de la amplitud y ganancia con que fueron grabadas. Esta sección cuenta de varios bloques de ganancia y estos a su vez se subdividen en 30 bloques de datos. Cada bloque de datos contiene los datos de los 24 canales sísmicos y de los seis extras tomados en una muestra.

La sección de identificación del fin del record, lo integran dos caracteres de redundancia, un espacio sin grabación de 1.5 cm (0.6") llamado "GAP" y otras 2 marcas de fin de record. Cuando se graba el último record de una cinta, esta sección se repite.

6.2.2.1 Definición de Bit, Byte, Palabra de Datos

Antes de proseguir se repasa la definición de algunos términos que se van a emplear más adelante.

Cuando se emplea grabación digital con Formato A/EPR se graba con 9 pistas, en una cinta de 12.5 mm ($\frac{1}{2}$ "). Las pistas de grabación están numeradas así: Pista de paridad o pista P, pista 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

Por cada pista pasa una cabeza magnética la cual envía solo dos tipos de pulsos de magnetización, que son representados por "0" y "1".

Bajo este concepto se define como Bit a un pulso de grabación el cual puede ser 0 u 1 (la definición matemática define a Bit como un dígito binario).

Si observamos la Figura 6-10 vemos que hay una cuadrícula en la cual un bit es grabado en cada cuadro, y cada columna de 9 bits (grabados al mismo tiempo), integra un "Byte" (pronúciase báit).

Si el bit de paridad no se considera se dice que un Byte es integrado por 8 bits y en nuestro caso consideramos el Byte integrado de 8 bits.

Una "palabra de datos" está integrada por 2 bytes de 8 bits cada uno (no se toma en cuenta el bit de paridad).

6.2.2.2 Encabezado

En la figura 6-10 se describe a todo detalle la forma de grabación de datos en donde se puede observar que los datos de encabezado son escritos en 78 bytes.

Los 8 primeros Bytes son:

3 para registrar un código BCD, el número del sismograma y 5 son para registrar en código BCD el número de carrete digital.

Los 70 Bytes siguientes son para registrar los ajustes instrumentales en esta forma:

- 1 para indicar el intervalo de muestreo en forma binaria.
- 3 para indicar el número de serie del fabricante grabada con código BCD.
- 1 para grabar la longitud del record
- 1 para grabar que tipo de record se graba (si es record de prueba o de sismología, etc.)
- 1 para registrar tipo de filtro de corte alto aplicado
- 1 para registrar tipo de filtro de corte bajo aplicado
- 1 para registrar si los filtros son sencillos o dobles o están fuera o dentro.
- 1 para indicar si el Filtro Notch está dentro o fuera
- 60 para registrar los ajustes de ganancia inicial y fija

6.2.2.3 Sección de Datos Sísmicos

Al finalizar la grabación de los datos de encabezado, la señal de tiempo de disparo es enviada e inmediatamente después de este instante la sección de datos sísmicos se empieza a grabar.

Los datos sísmicos son grabados en bloques de datos que tienen 3 bytes de sincronía (ver Figura 6-10) en los cuales todos los bits son "1". Después continúa el byte para registro de ganancia del canal que tiene el mismo número del bloque de datos en que está contenido ese byte (por ejemplo si este byte, está en el bloque de datos N° 2, la ganancia registrada, corresponde a la ganancia del canal 2).

ENCABEZADO

SECCION DE DATOS SISMICOS

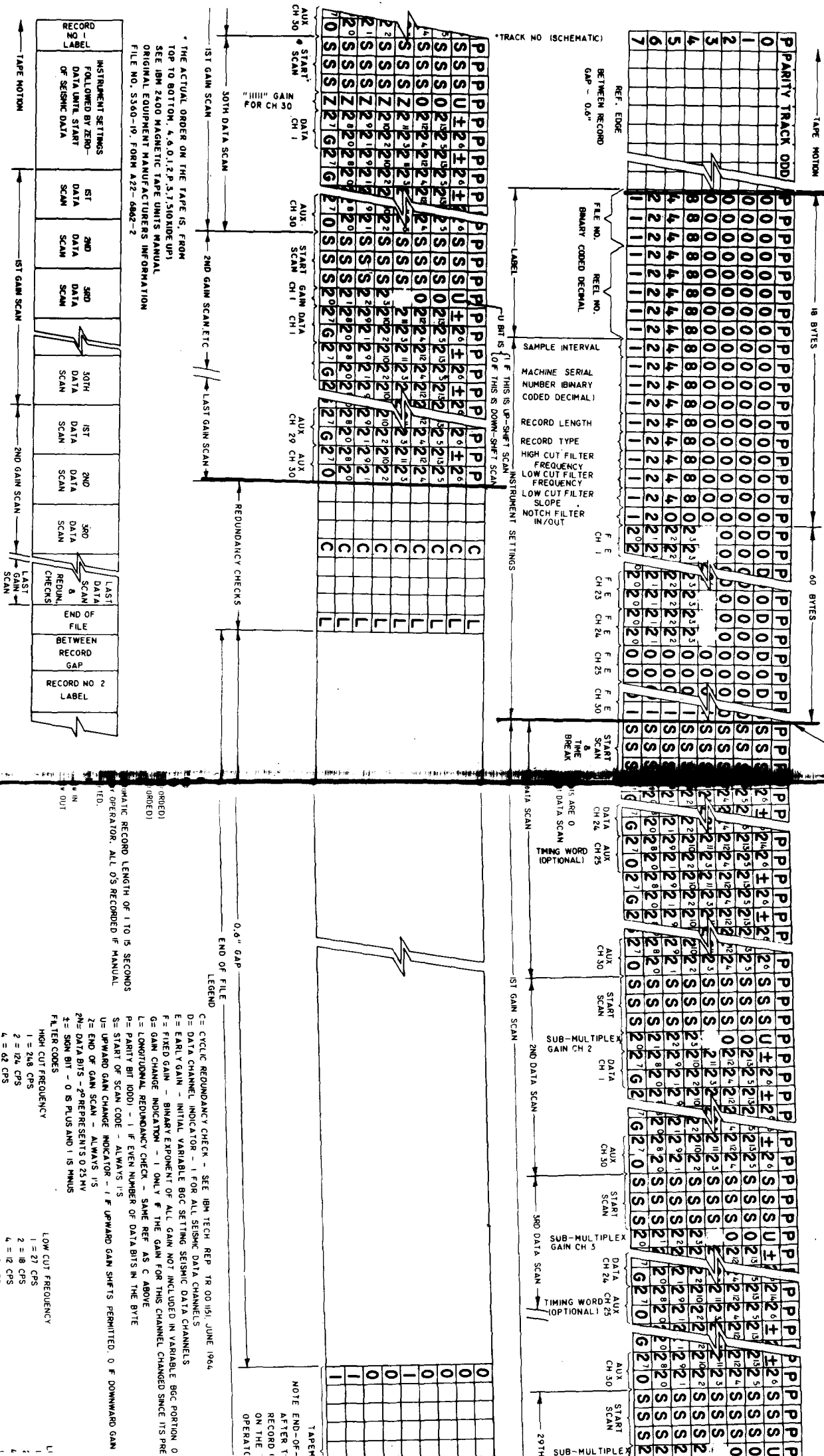


FIGURA 6-10

El bit contenido en el canal 0 del byte de ganancia se denomina como bit "U".

El bit U indica si la ganancia en cualquier canal de ese bloque de datos puede subir o puede bajar. Si el bit es 1, la ganancia de cualquier canal de este bloque de datos puede subir. Si el bit U es 0 indica que ganancia de cualquier canal de ese bloque de datos puede bajar.

Los 3 siguientes bits del byte de ganancia son 0, excepto en el bloque de datos N° 30, que solo 2 de ellos son cero.

Los 4 siguientes bits del byte de ganancia, nos dan a conocer la forma binaria el número de pasos de amplificación binaria aplicados al canal al cual se le está grabando la ganancia.

Después del byte de ganancia vienen 2 bytes de 8 bits cada uno que integran la "palabra de datos" donde el primer bit (pista 0) es para indicar el signo de la señal muestreada. Después del signo le sigue el bit más significativo, es decir, el de más valor. Después le sigue en forma descendente hasta llegar al bit menos significativo (de menos valor) y por último viene el "bit G" que indica si la ganancia cambia o no.

El sentido de cambio de ganancia lo da el U bit en tal forma que por medio de la combinación del valor del bit U y bit G se indica si la ganancia sube, baja o no se altera.

Si el bit U es 1 $\left\{ \begin{array}{l} G = 0 \text{ No hay cambio de ganancia} \\ G = 1 \text{ La ganancia sube 6 db} \end{array} \right.$

Si el bit U es 0 $\left\{ \begin{array}{l} G = 0 \text{ No hay cambio de ganancia} \\ G = 1 \text{ La ganancia baja 6 db} \end{array} \right.$

Es importante hacer notar que el bit U es 0 en todos los bloques de datos excepto en el bloque de datos N° 30 en donde puede ser 1 ó 0.

Como los datos se graban de acuerdo con el Formato A/EPR cuya secuencia de grabación es mostrada en la Figura 6-10, los datos sísmicos ya digitizados se grabarán después del encabezado con la secuencia siguiente: inmediatamente después del encabezado está el primer bloque de datos del primer bloque de ganancia, donde los 3 primeros bytes son de sincronía, el siguiente byte (4º byte de izquierda a derecha del primer bloque de datos) es el byte de ganancia del canal 1. Los siguientes 2 bytes (5º y 6º bytes) indican la amplitud de la señal amplificada de la señal mues-

treada del canal 1. Los siguientes 2 bytes representan la señal muestreada y amplificada del canal 2 y así consecutivamente hasta el canal N° 30 del primer bloque de datos del mismo primer bloque de ganancia.

Después dentro del mismo primer bloque de ganancia, viene el 2º bloque de datos en donde los 3 primeros bytes son de sincronía el siguiente byte es el de ganancia del canal 2. Los siguientes 2 bytes indican la señal muestreada y amplificada del canal 1, después vienen 2 bytes que indican la señal muestreada y amplificada del canal 2 y así consecutivamente hasta grabar los datos del canal 30 del 2º bloque de datos.

Después de que se han grabado todos los 30 bloques de datos del primer bloque de ganancia, entra el primer bloque de datos del 2º bloque de ganancia en donde nuevamente se repite el ciclo de grabación de datos y ganancias de cada canal.

6.2.2.4 Sección de Identificación de Fin de Record

Esta última sección consiste de 3 partes:

- a) Grabación de datos de redundancia
- b) Espacio sin grabación (Gap)
- c) Última marca de cinta

Los datos de redundancia son datos sugeridos por la IBM y requeridos para control de sincronía. El gap de 1.25 cm y la última marca también son requeridos para identificación de fin de record al estar procesando las cintas digitales ó al estarlas reproduciendo.

6.3 Principios Teóricos del Sistema de Grabación digital de campo.

Como se explicó en forma generalizada por medio de la Figura 5.1, las 30 señales analógicas enviadas por el sistema de amplificación binaria, son aplicadas a un circuito multiplexer que selecciona todos los canales dentro del intervalo de muestreo.

Las señales multiplexadas (o ya seleccionadas por el multiplexer), son recibidas por la sección de conversión Analógico Digital en donde son muestreadas, retenidas momentáneamente y convertidas al digital en una

palabra de datos de 15 bits en paralelo (cada palabra de 15 bits ordenadas en una sola columna, representa la amplitud de un solo canal de los 30 - muestreados en 1 o 2 milisegundos). Después esta palabra de 15 bits es presentada al control de grabación que tiene todos los circuitos lógicos - necesarios para grabar los datos de acuerdo al formato seleccionado. Aquí en esta unidad, la palabra de 15 bits, se divide en 2 bytes uno de 8 bits y otro de 7 bits para poder ser grabados, en la cinta de 9 pistas. Al grabarse esta palabra de 2 bytes, el bit "G" se agrega al final del segundo byte en tal forma que quedan grabados los dos bytes con 8 bits cada uno.

6.3.1 Conversión de Datos Analógicos al Digital (Digitización)

Anteriormente se dió una breve descripción de la conversión de datos analógicos a digital y la grabación de los datos. Pero ahora pasemos a describir con más detalle la teoría de operación de los circuitos envueltos en la conversión Analógica-Digital.

Para la conversión de datos del Analógico al Digital, se emplean los siguientes circuitos:

- a) Multiplexer
- b) Muestreador y retensor de datos por digitizar
- c) Convertidor Analógico - Digital

6.3.1.1. Teoría de Operación del Multiplexer

El multiplexer es prácticamente un selector secuencial de 32 canales por milisegundo (cuando el muestreo es cada milisegundo), para - permitir muestrear canal por canal y digitizar todas las señales sísmicas cada milisegundo.

El multiplexer está integrado por:

- a) Un contador Johnson
- b) 12 Convertidores de nivel de voltaje
- c) Canales de switcheo

6.3.1.1 Contador Johnson

El contador Johnson está mostrado en la Figura 6-11. Este contador proporciona las señales de secuencia mostradas en la Tabla II, que son combinadas para generar 12 señales de salida, llamadas "Señales de Acceso", ($\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3, \bar{X}_4, \bar{X}_5, \bar{X}_6, \bar{X}_7, \bar{X}_8, \bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \bar{Y}_3$ e \bar{Y}_4) que son empleadas para la selección de los 32 canales de Multiplexer.

La combinación de las señales del contador Johnson para generar las \bar{X}_s y las \bar{Y}_s es mostrada en la Figura 6-12.

6.3.1.1.2 Convertidor de Nivel de Voltaje

Después de que las señales \bar{X}_s e \bar{Y}_s son generales, cada una de ellas es amplificada en nivel por medio del convertidor de nivel de voltaje mostrado en la Figura 6-13.

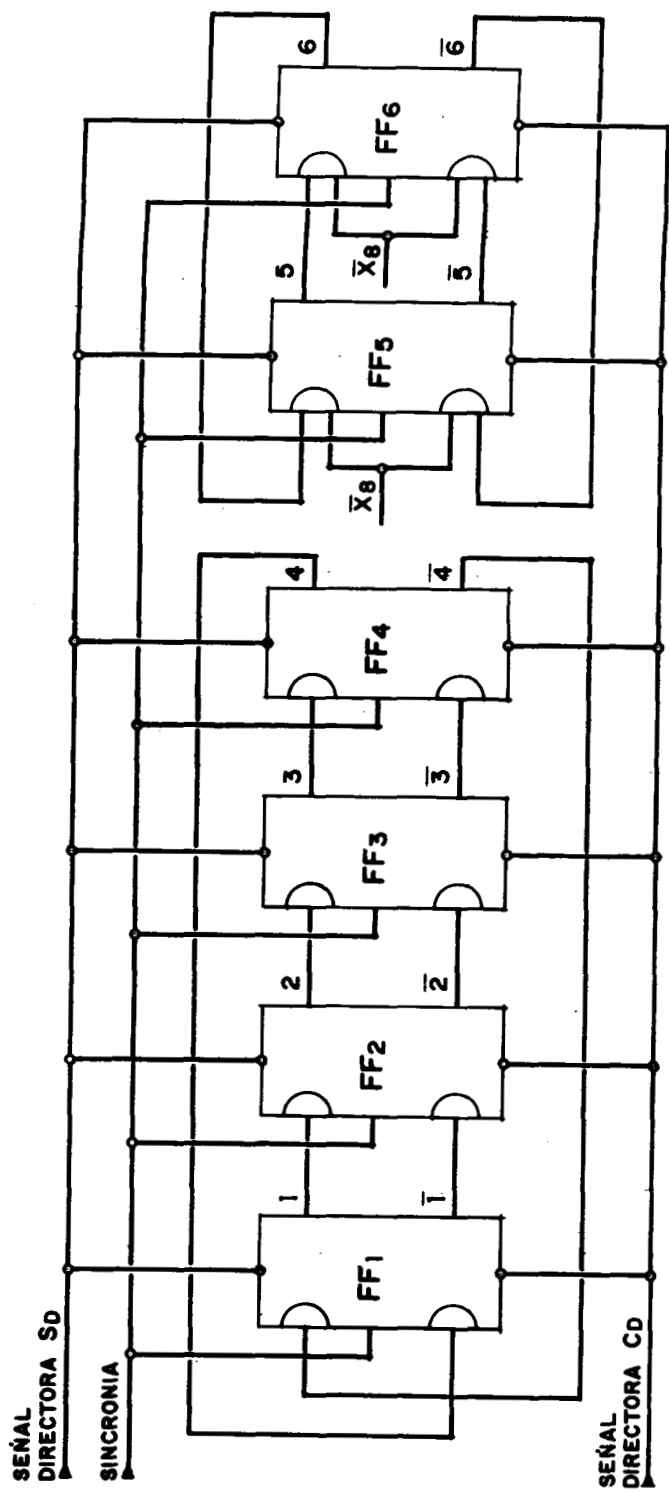
El objeto de amplificar las señales es para poder controlar los canales de switcheo de entrada de señal.

6.3.1.1.3 Canales de Multiplexado

Los canales de multiplexado son en sí circuitos de switcheo a base de transistores del tipo FET y accionados por la combinación de las señales \bar{X}_s e \bar{Y}_s ya amplificadas.

La combinación de las señales amplificadas \bar{X}_s e \bar{Y}_s se hace en forma matricial para accionar en forma secuencial a los 32 canales de multiplexado.

Se dice que las señales \bar{X}_s e \bar{Y}_s se combinan en forma matricial por que si las consideramos ordenadas según la Tabla III, la selección de canales se hace por medio de la combinación entre los \bar{X}_s y \bar{Y}_s . Por ejemplo: si \bar{X}_1 y \bar{Y}_1 , son positivos, el canal de multiplexado es accionado para permitir la entrada de la señal sísmica a muestreo. Si las señales \bar{X}_2 e \bar{Y}_1 son positivas, el segundo canal de multiplexado es accionado y así consecutivamente hasta que \bar{X}_8 e \bar{Y}_4 , son positivas y accionan el canal de multiplexado número 32. Después de que este canal ha sido seleccionado, \bar{X}_1 e \bar{Y}_1 se combinan de nuevo para accionar el canal de multiplexado número 1. (Geo Space (2), 1967).



CONTADOR JOHNSON

TABLA II

SEÑALES DE SALIDA DEL CONTADOR JOHNSON

	FF ₁		FF ₂		FF ₃		FF ₄		FF ₅		FF ₆	
Salidas	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
Pulso de Sincro.												
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
2	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
3	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
4	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0
5	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0
6	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0
7	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0
8	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0
9	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
10	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
16	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
17	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1
25	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1
33	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0

COMBINACION DE SEÑALES DEL CONTADOR JOHNSON PARA GENERAR LAS SEÑALES DE ACCESO

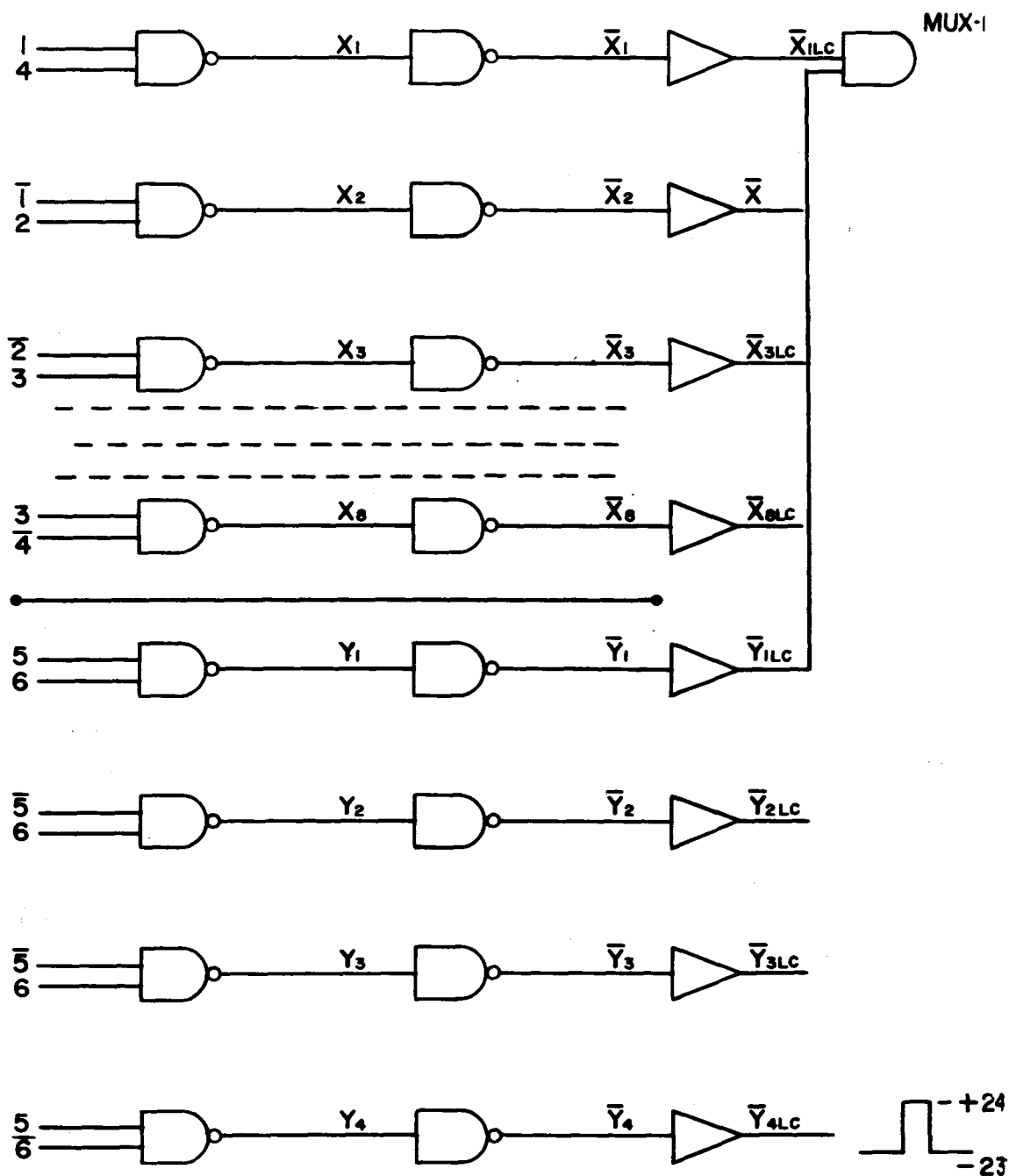
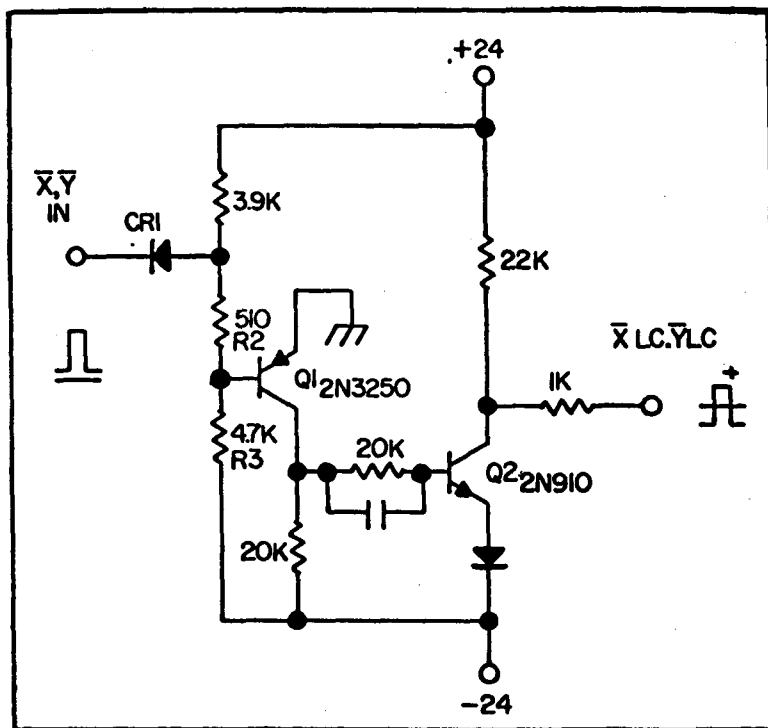


FIGURA 6-12



CONVERTIDOR DE NIVEL DE VOLTAJE
(AMPLIFICADOR)

TABLA III

Acción de canales de multiplexado por medio de señales
de acceso \bar{X}_s e \bar{Y}_s amplificadas.

Señal de Acceso	\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	\bar{X}_4	\bar{X}_5	\bar{X}_6	\bar{X}_7	\bar{X}_8
\bar{Y}_1	1	2	3	4	5	6	7	8
\bar{Y}_2	9	10	11	12	13	14	15	16
\bar{Y}_3	17	18	19	20	21	22	23	24
\bar{Y}_4	25	26	27	28	29	30	31	32

Nota: Cuando se selecciona el canal N° 3 de multiplexado da entrada al canal sísmico número 1. El tiempo empleado para seleccionar los 2 primeros canales de multiplexado es para dar tiempo a grabar los 3 bytes de sincronía y el byte de ganancia.

Nota Canal mux "N" es lo mismo que canal de multiplexado número N y esto se usa solo por simplificación.

Muchas veces se hablará del canal mux N, pero bajo ninguna circunstancia este canal es el mismo canal sísmico "N". Si existe una relación entre ellos, y ésta es que cuando el canal mux N+ 2 es accionado, este da acceso de entrada a muestreo al canal sísmico N. Por ejemplo el canal mux 3, da acceso de entrada al canal sísmico 1 para que sea muestreado.

El circuito de switcheo de un canal de multiplexado es mostrado en la Figura 6-14, en la cual el transistor FET es el que controla la entrada de la señal sísmica. El circuito solo queda en conducción solo cuando las \bar{X} e \bar{Y} son positivas en el momento que llega la señal de control (Geo Space (2), 1967).

6.3.1.2 Muestreador y Retensor de Datos

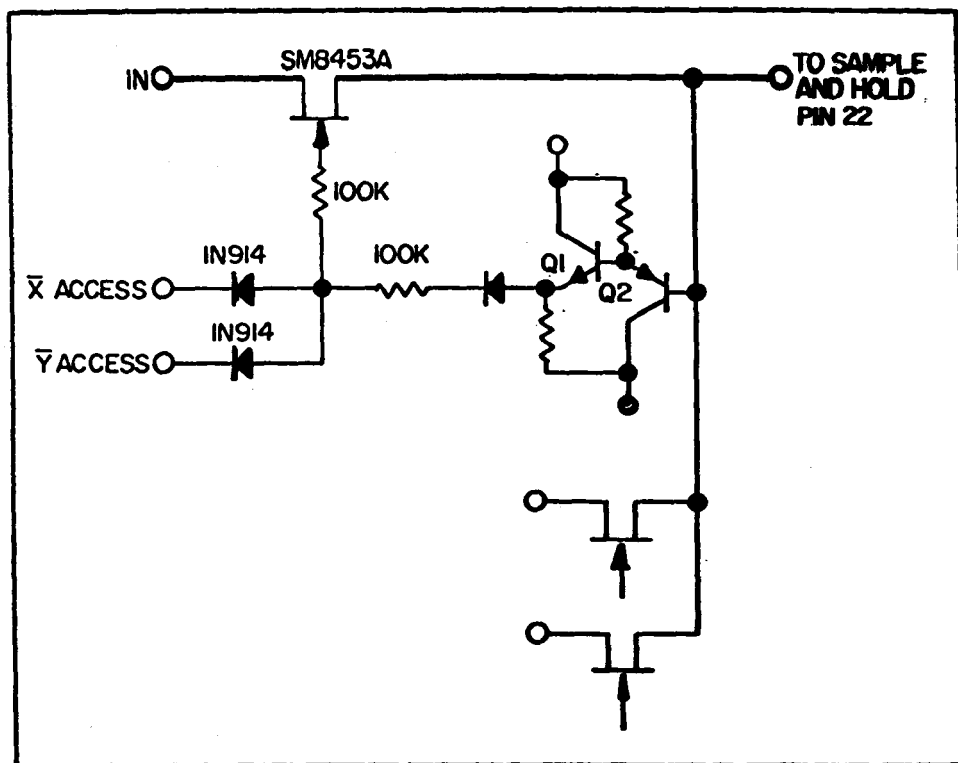
El muestreador y retensor de datos es un circuito el cual toma muestras de la amplitud de las señales sísmicas seleccionadas por el multiplexer, las retiene momentáneamente y las presenta al convertidor analógico digital.

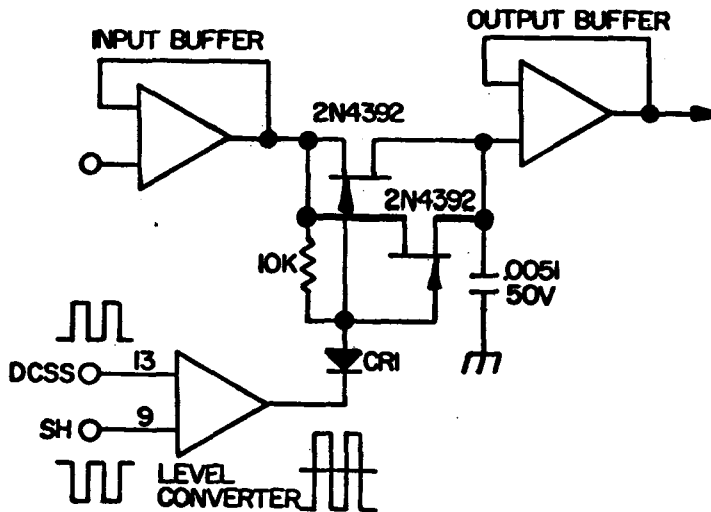
Si el intervalo de muestreo es de 1 mseg., el muestreador y retensor de datos toma una muestra de todos los canales sísmicos en 1 milisegundo empleando 31.25 μ seg. para tomar la muestra de un canal y transmitirla al convertidor analógico digital.

La Figura 6-15 nos muestra el circuito muestreador y retensor de datos integrada por 2 transistores del tipo FET, 2 amplificadores operacionales de ganancia unitaria (Buffers) un condensador y un convertidor de nivel de voltaje.

Cuando las señales SH y DCSS son positivas, en la salida del amplificador se presenta un voltaje de + 24 volts que da acceso de entrada a la señal sísmica a través de los transistores FET para cargar el condensador.

El tiempo de carga es solo de 5.5. μ seg. y después de este tiempo la señal SH deja de existir para que en la salida del amplificador el voltaje sea de -23 volts e interrumpa la entrada de señal sísmica a través de los transistores FET.

**CANAL DE MULTIPLEXADO**



**CIRCUITO DE MUESTREO Y
RETEN DE DATOS**

Como durante solo el tiempo en que SH es negativo la salida de este circuito se conecta con el convertidor analógico digital (controlado por otra señal), la muestra de la señal sísmica que se almacenó momentáneamente en el condensador, pasa a digitizarse (Geo Space (2), 1967).

6.3.1.3 Convertidor Analógico Digital

El circuito convertidor analógico digital, tiene como función de transcribir la amplitud de las muestras de las señales sísmicas analógicas en un número de varios dígitos binarios. Es decir, transcribe muestras analógicas al digital.

La forma de transcribir lo hace a base de la comparación de la señal muestreada con 14 patrones de amplitud y un patrón de signo para determinar el signo y la amplitud de la señal.

Los 14 patrones de amplitud son de magnitud fija (ver Figura 6-16), en donde el 1er patrón es el de mayor amplitud y tiene el doble de magnitud que el siguiente patrón que le sigue. El segundo es de doble magnitud que el tercero y así consecutivamente.

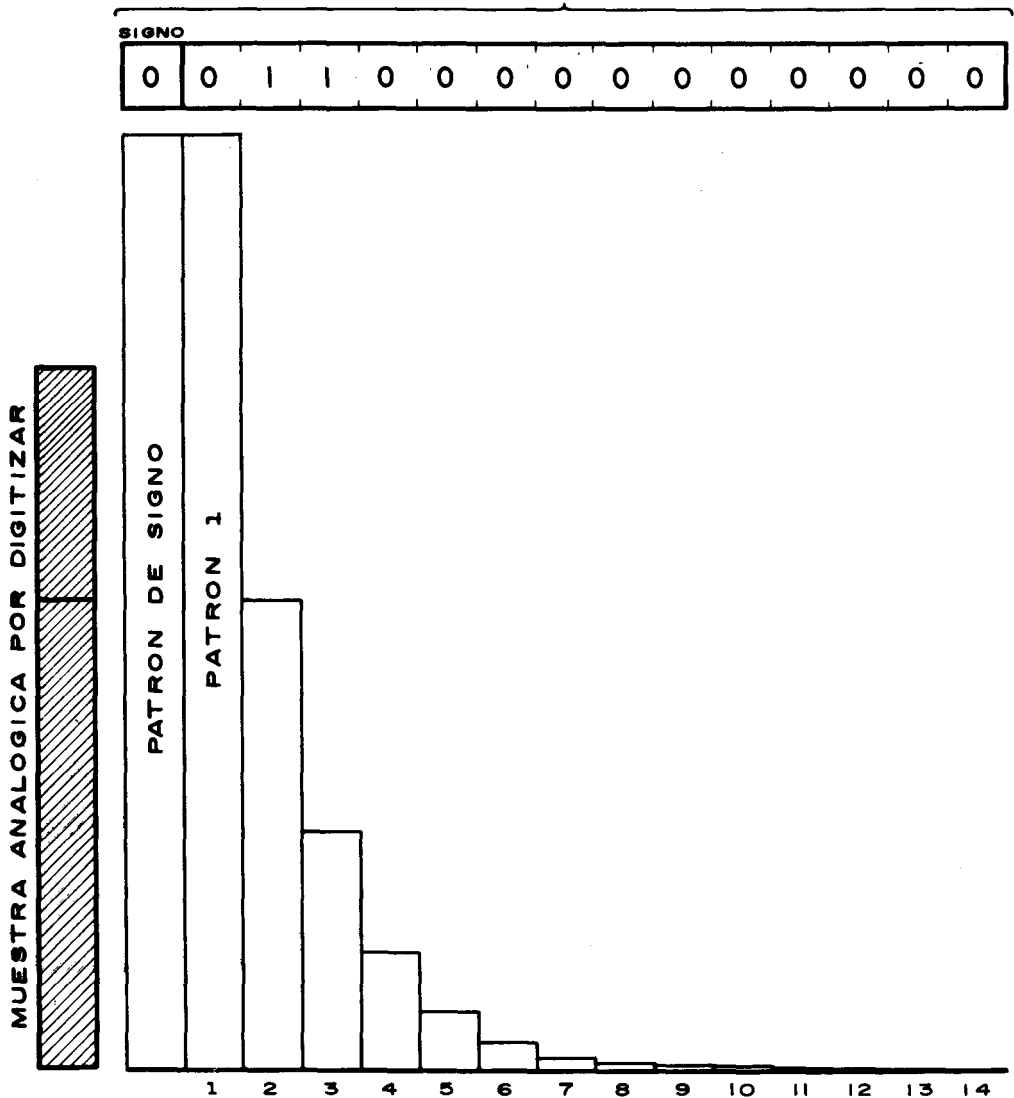
Para mostrar el funcionamiento en forma generalizada vamos a mostrar un ejemplo:

Suponga que los patrones de amplitud son los mostrados en la Figura 6-16 y que la señal por digitizar es la señal cuya área está sombreada con líneas diagonales a la izquierda de los patrones.

En primer lugar se checa el signo de la señal. Si es positiva el patrón de signo envía a registrar un bit 0. Después la señal se compara con el patrón de amplitud más grande y como la señal es de menor amplitud que este patrón se envía un bit 0 y se pasa a comparar la señal con el segundo patrón, en donde la señal es mayor que este patrón se registra un bit 1, se hace la resta y el residuo de la señal pasa a compararse con el 3er patrón. Como la resta de la señal es igual en amplitud que el 3er patrón, se registra un bit 1. Pero como la señal restante de la última comparación es cero, los demás bits serán cero.

Después de la comparación de la señal con todos los patrones, se dice que el número digital que representa a la muestra de la señal analógica de entrada es el número binario 011 000 000 000 000.

NUMERO BINARIO QUE REPRESENTA LA AMPLITUD
DE LA SEÑAL MUESTREADA



DIGITIZACION DE UNA MUESTRA ANALOGICA
POR MEDIO DE LA COMPARACION DE ESTA
SEÑAL CON PATRONES DE DIGITACION

La Figura 6-17a, nos presenta un circuito convertidor analógico digital en donde las partes principales que lo integran son:

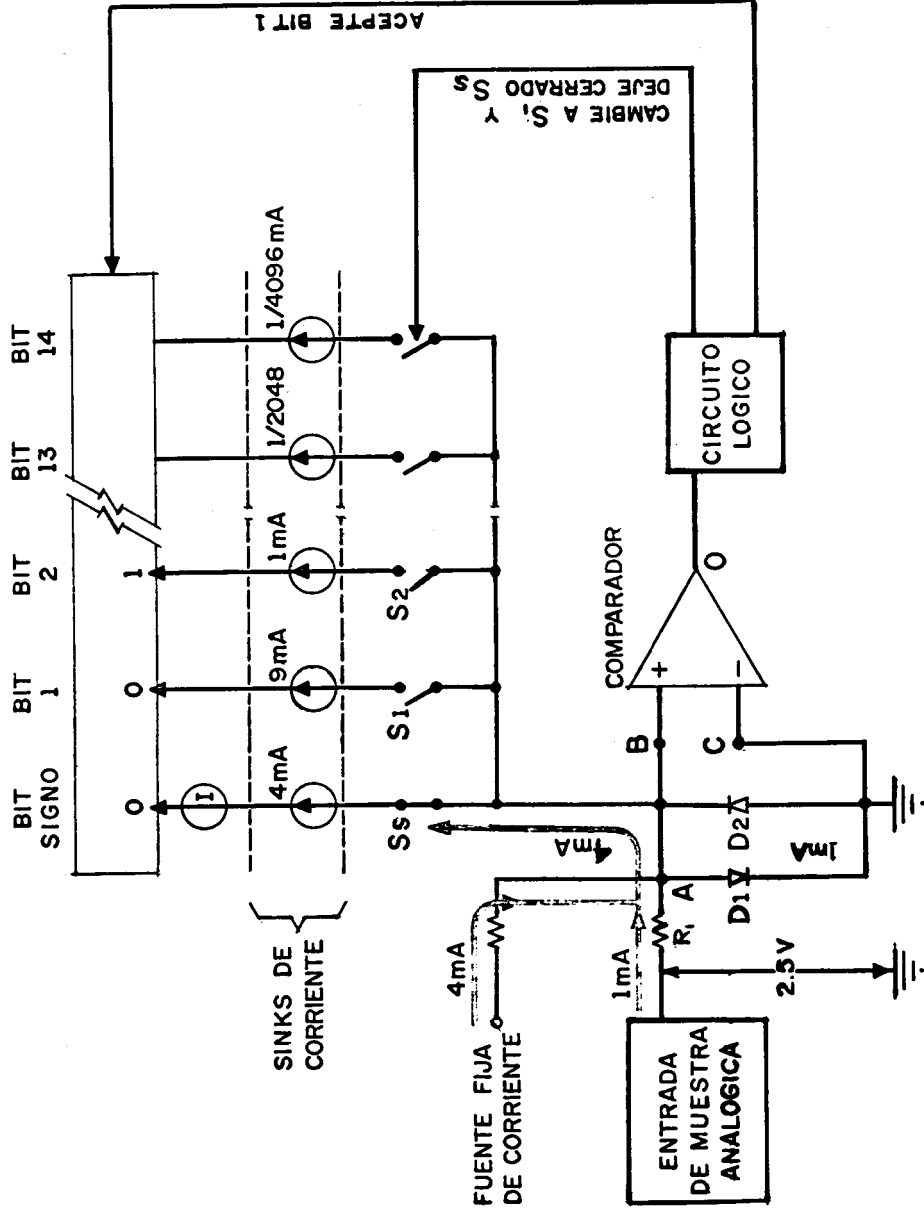
- a) Una resistencia de entrada R_1 de 250 K
- b) Una fuente fija de corriente de 3.99 mA para proporcionar acción bilateral en la grabación. Es decir, para poder grabar voltajes desde -10 a + 10 volts.
- c) Un circuito de switcheo a base de transistores del tipo FET.
- d) Fuentes de absorción de corriente o también comunmente llamados "Sinks" de corriente (Nosotros simplemente los llamaremos "Sinks"). Estos son empleados para balancear las corrientes de entrada de la señal por muestrear y la corriente proporcionada por la fuente fija. (que son equivalentes a los patrones de comparación del caso anterior).
- e) Un circuito lógico de control y decisión que avanza el registro para seleccionar el sink que va a conectarse por medio de los switches. Decide de acuerdo con el comparador si graba un bit 0 ó un bit 1.
Decide de acuerdo con el comparador si al avanzar el registro, deja conectados o desconectados los sinks anteriores.
- f) Comparador. Analiza si la corriente de entrada queda bien balanceada y manda una señal baja ó cero, al circuito lógico para indicar se registre un bit 1 y envía una señal positiva para ordenar se registre un bit 0 y se desconecte el switch que conecta al sink en que se estaba haciendo el análisis.

Se dice que se graba un bit 1, cuando la corriente de la señal es mayor o igual que la corriente demandada por el sink y se dice que se graba un bit 0, cuando la corriente de entrada es menor que la corriente demandada por los sink de corriente que estén conectados.

Un ejemplo nos puede mostrar como se digitiza una señal analógica por medio de este circuito.

Supongamos que tenemos una muestra de señal analógica de 2.5 volts. que están presentes en la entrada al digitizador. Al estar presente este voltaje hay una circulación de corriente a través de R_1 de

$$\frac{2.5 \text{ volts}}{2.5 \text{ K}} = 1 \text{ mA.}$$



CIRCUITO DIGITIZADOR REGISTRANDO EL BIT DE SIGNO DE 2.5 VOLTS (ANALOG.) QUE SE ESTA DIGITIZANDO

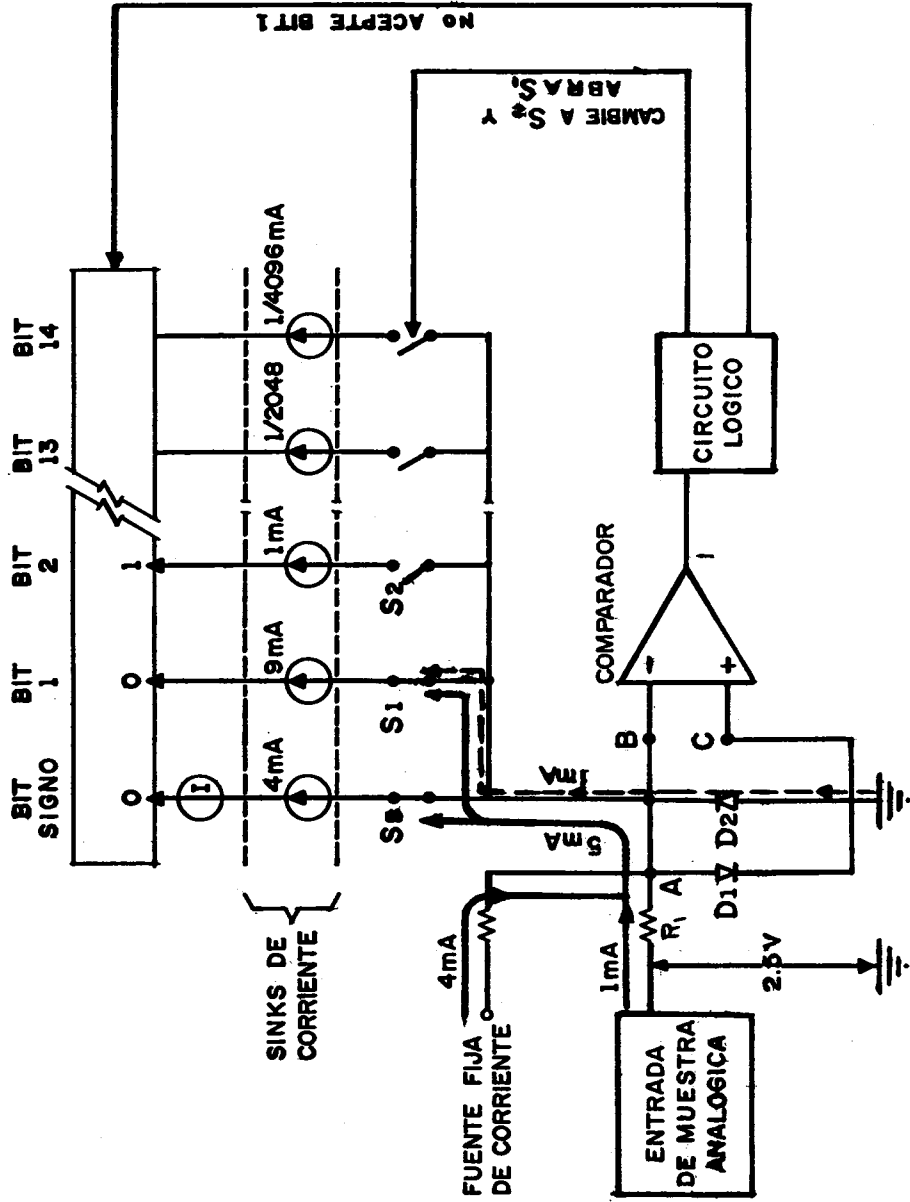
Esta corriente se suma con los 3.99 mA (4mA) de la fuente de corriente fija, en tal forma que por el punto A circulan 5 mA dirigidos hacia tierra por dos caminos tal como lo muestra la Figura 6-17a. 4 mA (3.99 mA) por el sink de 4 mA (3.99 mA) y 1 mA por el diodo D1. Esto hace que el punto de suma B del comparador quede ligeramente positivo con respecto al punto C, ocasionando que la salida sea una señal cero o muy baja. Esta señal de salida del comparador es aplicada a un circuito lógico que toma la decisión de dejar conectado el switch S_s y registra un bit 1 que es invertido (bit 0) para ser grabado en la primera posición. Al mismo tiempo que se registra el bit, el circuito lógico avanza el registro selector de sink y conecta por medio de S_1 al sink de 2 mA, tal como lo muestra la Figura 6-17b. Como 4 mA van por el sink de 4 mA el sink de corriente de 2 mA, toma 1 mA de la corriente de entrada que sobra y el otro mA lo toma a través del diodo D_2 . Como existe una pequeña caída de voltaje en el diodo D_2 (0.3 volts) el punto se vuelve un poco más negativo que el punto C y ocasiona una alta señal positiva en la salida del comparador. Con esta señal, el circuito lógico ordena se acepte un bit 0 y se desconecte el switch S_1 que conectaba al sink de 2 mA y además ordena avance el registro de selección al sink de 1 mA y conecte el switch S_2 para analizar si se graba un bit 0 o un bit 1.

En este caso el switch S_2 esta cerrado tal como lo muestra el circuito de la Figura 6-17c. En este caso 4 mA circulan por el "sink" de 4 mA y 1 mA por el "sink" de 1 mA. Como en el comparador están las dos entradas a cero volt la señal de salida es baja ó cero. Esta señal ordena al circuito lógico acepte el bit 1 y avance el registro para seleccionar el siguiente "sink".

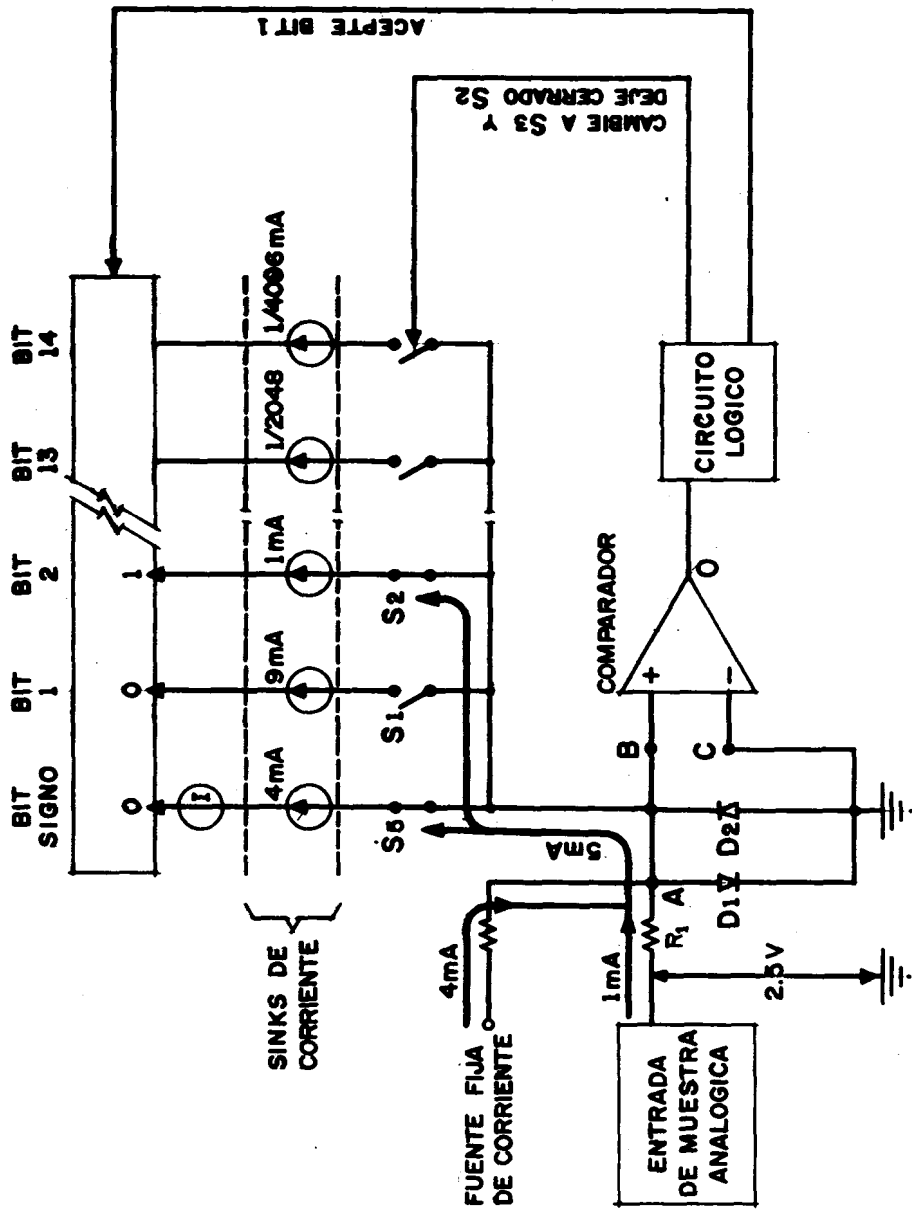
Al estar conectado el "sink" de $\frac{1}{2}$ mA la corriente total que circula es 5.5 mA que circulan por los "sinks" de 4 mA, 1 mA y $\frac{1}{2}$ mA. 4 mA vienen de la fuente fija de corriente, 1 mA por la resistencia R_1 , y $\frac{1}{2}$ mA viene a través del diodo D_2 que hace que el comparador envíe una señal al circuito lógico para que pase a conectar el "sink" de $\frac{1}{4}$ mA y desconecta el sink de $\frac{1}{2}$ mA, y registre un bit 0.

Como la corriente de entrada (la fija y la de la señal) está ya balanceada, todos los bits restantes serán cero y el funcionamiento del circuito será el mismo que el caso anterior.

Al terminar de registrar los 14 bits (más el de signo), la señal analógica termina de ser digitizada y el circuito digitizador pasa a digitizar la siguiente muestra a la cual se le aplica un proceso de digitización semejante al anterior.



CIRCUITO DIGITIZADOR REGISTRANDO EL 2º BIT DE LA SEÑAL DE 2.5 VOLTS (ANALOG) QUE SE ESTA DIGITIZANDO



CIRCUITO DIGITIZADOR REGISTRANDO EL 3er. BIT DE LA SEÑAL DE 2.5 VOLTS (ANALOG.) QUE SE ESTA DIGITIZANDO

Al finalizar de digitizar una muestra de señal de un canal, el número digital pasa a grabarse a la cinta magnética bajo la dirección del circuito de control de grabación.

Con este método de digitización con fuente fija de corriente, se puede digitizar señales que oscilen entre ± 10 volts. Con la particularidad de que el número binario que representa a voltajes negativos es el complemento en "unos" del número binario que representa voltajes positivos.

En la Tabla IV se muestra el número binario correspondiente a diferentes voltajes y en donde se puede observar que el número binario que representa a los voltajes negativos es el complemento en "unos" del número binario que representa a un voltaje positivo.

6.3.2 Grabación de Datos Sísmicos Digitizados

Después de haber sido digitizada una muestra de señal sísmica, se obtiene una palabra de 15 bits ordenados en una columna, la cual se presenta a grabación (ver Figura 6-18) y es dividida bajo el control del circuito de control de grabación en 2 bytes; uno de 8 bits y otra de 7 bits al cual se le agrega el bit "G" para que sea un byte con 8 bits.

Inmediatamente después de que la señal de 16 bits se dividió en 2 bytes de 8 bits (ya incluyendo el bit "G" en el 2º byte), se cuenta la paridad impar de cada byte para determinar y grabar el valor del bit de paridad junto con los bytes de datos sísmicos.

La paridad impar se cuenta de acuerdo con el número de bits "1" contenido en cada byte. Si el número de bits "1" es impar, el bit de paridad correspondiente a ese byte es 0. Si el número de bits "1" es par, el bit de paridad es 1.

Ya que se tiene el dato de paridad, este se agrega al byte correspondiente y se graban bajo la dirección del circuito de control de grabación.

Inmediatamente después de las cabezas de grabación se encuentran las cabezas de reproducción que se emplean durante la grabación, para detectar y contar los errores de paridad.

El conteo de errores de paridad se hace contando la paridad leída en la reproducción y comparándola con la paridad registrada en la grabación. Si hay diferencia entre la paridad registrada y la paridad releída

TABLA IV

Muestra de la Señal Analógica por digiti zar en volts.	Número binario que representa en digital el valor de la muestra analógica digitizada					
	s.					
- 10	1	00	000	000	000	000
- 7.5	1	00	111	111	111	111
- 5	1	10	000	000	000	000
- 2.5	1	10	111	111	111	111
0	0	00	000	000	000	000
2.5	1	01	000	000	000	000
5	0	10	000	000	000	000
7.5	0	11	000	000	000	000
10	0	11	111	111	111	111

El primer bit es el de signo; 1 para voltajes negativos.

0 para voltajes positivos

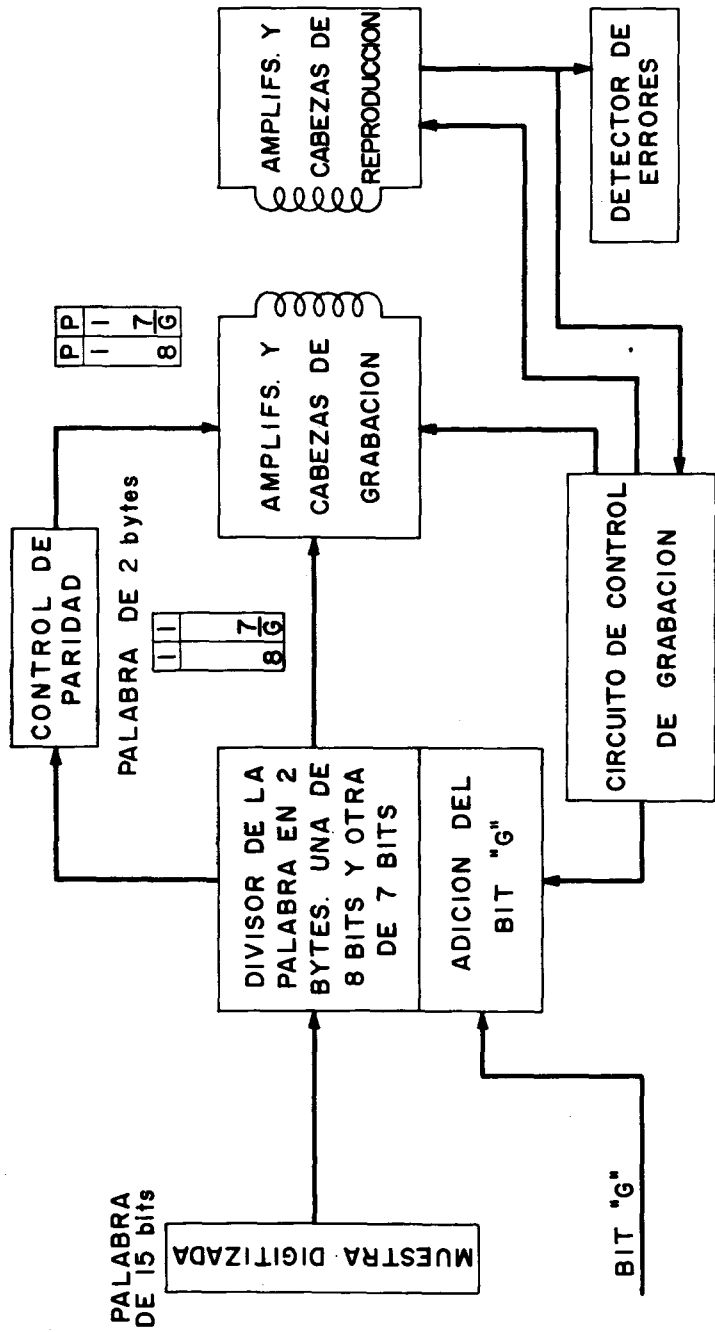


DIAGRAMA A CUADROS DEL CIRCUITO DE GRABACION DIGITAL

en la reproducción, se dice que hay un error de paridad. Estos errores son contados y detectados en el frente del equipo de grabación digital.

El tener un control del número de errores de paridad, permite dar a conocer en una forma aproximada la fidelidad de la grabación de datos sísmicos y se puede considerar muy aceptable una grabación digital con 15 o 20 errores de paridad en un record de 5 segundos muestreado cada milisegundo.

6.3.3. Unidad de Control de Grabación de Datos

Esta unidad sirve para controlar la grabación de datos en la forma especificada por un formato. En este caso de acuerdo con el Formato A/EPR.

Esta unidad tiene toda la lógica necesaria para controlar en forma ordenada la entrada de datos a grabación y en el momento preciso en que deben operar las otras unidades para dar acceso a la grabación.

La Figura 6-19 nos muestra un diagrama a cuadros de la unidad de control de grabación. El diagrama no muestra en detalle los diferentes circuitos lógicos que integran esta unidad, si no que únicamente muestra los datos por ser grabados en la cinta y los circuitos empleados para generar las señales de control para grabar la cinta de acuerdo con el Formato A/EPR.

Las dos partes principales del circuito son el sistema de control a base de un oscilador maestro y un control secuencial de grabación.

El sistema de control es una unidad en la cual a partir de un oscilador maestro de 1.024 Mc se derivan una serie de señales de frecuencias submúltiples a la del oscilador maestro, para controlar las diferentes unidades de los sistemas de grabación y amplificación.

El control secuencial de grabación, es un contador de 6 estados a base de 3 circuitos Flip Flop y controlado por señales recibidas del sistema de control. Se emplea para controlar la secuencia de grabación en este orden:

- a) Arrancar la cámara
- b) Arranque del transporte de cinta magnética
- c) Grabación de datos de encabezado

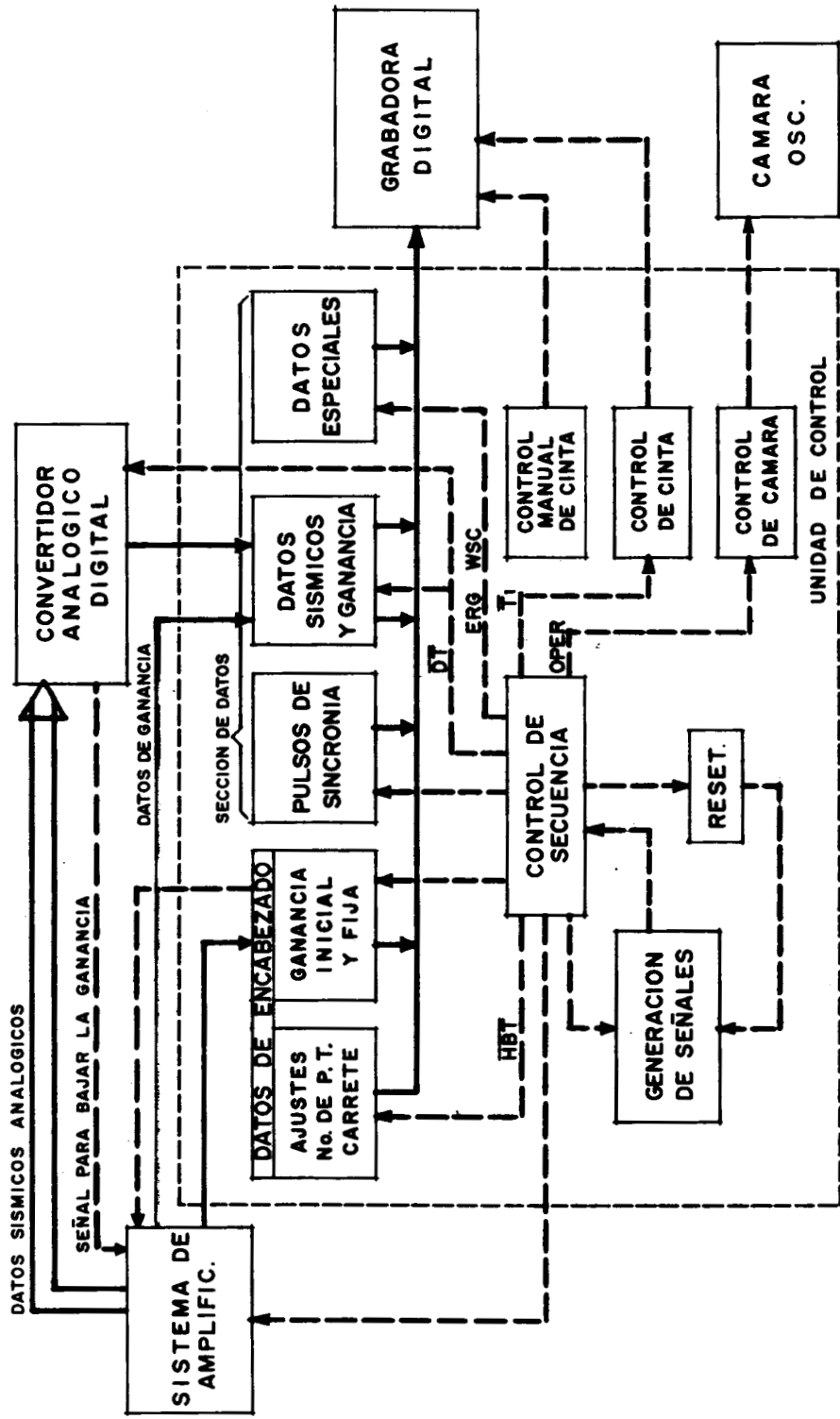


DIAGRAMA A CUADROS DE LA UNIDAD DE CONTROL DE GRABACION

- d) Grabación de datos de sincronía, ganancia y datos sísmicos.
- e) Grabación de datos de identificación del fin del record.

Por medio de la señal OPER, la cámara arranca aproximadamente 200 milisegundos antes de que entren los datos de encabezado para que la velocidad del papel se estabilice al entrar los datos sísmicos a grabación.

100 ms después de que la cámara ha arrancado el transporte de cinta magnética recibe la señal (T1) para arrancar y dar tiempo a que la velocidad se estabilice al entrar a grabarse los datos de encabezado.

La señal HBT es enviada 100 mseg. después que la T1 y la grabación de los datos de encabezado. Los primeros datos del encabezado son recogidos de la misma sección de grabación y los datos de las ganancias inicial y fija aplicada a los amplificadores es recibida del sistema de grabación.

Al cortarse la señal T1, la entrada de datos de encabezado se corta y el tiempo de disparo se efectúa y al mismo instante que se genera la señal de tiempo de disparo (TB), la señal DT se genera para dar acceso de entrada a los datos de sincronía, ganancia y datos sísmicos ya digitizados.

Al terminar de actuar la señal DT, el motor de la cámara oscilográfica se para y ERG actúa para dar entrada a grabación a los datos de reducción y el gap de fin de record. Después la señal ERG deja de actuar y entra la señal WSC para dar entrada a grabación a las marcas de fin de record.

Al terminar de grabar las últimas marcas de fin de record, la señal WSC deja de actuar y el transporte de cinta magnética se detiene un poco después para dar tiempo a dejar el "gap" de 1.5 cm entre sismogramas (Geo Space (3), 1968).

6.3.4 Unidad de Control de Reproducción

La Figura 6-20 muestra un diagrama a cuadros del circuito empleado en la reproducción analógica de las señales sísmicas grabadas digitalmente.

El circuito consiste en:

- a) Sección de lectura de datos (cabezas magnéticas de reproducción, pasos de preamplificación y pasos de amplificación).

- b) Unidad de control de reproducción o "deformater".
- c) Un convertidor digital - analógico
- d) Un "demultiplexer"
- e) Un circuito de retención de datos
- f) Un circuito de localización de número de record.

6.3.4.1 Sección de Lectura de Datos Digitales

Cuando una cinta magnética grabada en forma digital pasa a través de las 9 cabezas reproductoras. El campo magnético de la cinta, se induce en las cabezas magnéticas y estas a su vez producen pulsos de voltaje (1 pulso equivale a un bit) con una polaridad que dependen de la dirección de magnetización de la cinta.

Como hay 9 cabezas magnéticas, leen las 9 pistas, de las cuales la señal recogida por la cabeza de paridad se separa para checar la paridad y los bytes de 8 bits son enviadas a los preamplificadores.

La señal de 8 bits es entonces amplificada por los preamplificadores, que además de amplificar, proporcionan una compensación adecuada para los efectos de cambios de ganancia que tuvieron los amplificadores durante la grabación.

Después de que la señal de bajo nivel de las cabezas magnéticas fue preamplificada, es amplificada más para obtener en la salida de la etapa de amplificación voltajes de ± 10 volts (pico-pico) y en donde además se efectúan correcciones por mal ajuste de posición de cabezas con respecto a la cinta.

6.3.4.2 Deformater

Después de que la señal de 8 bits es amplificada en la sección de lectura, esta señal se presenta al deformater en donde bajo la dirección del circuito de control de reproducción, los datos de encabezado son separados y enviados al circuito de identificación de encabezado. En cuanto a los datos sísmicos, que vienen en palabras de 2 bytes (cada byte de 8 bits incluyendo el bit G); se desdoblan en palabras de 16 bits en una columna (15 bits de datos más el bit G) tal como lo muestra la Figura 6-20.

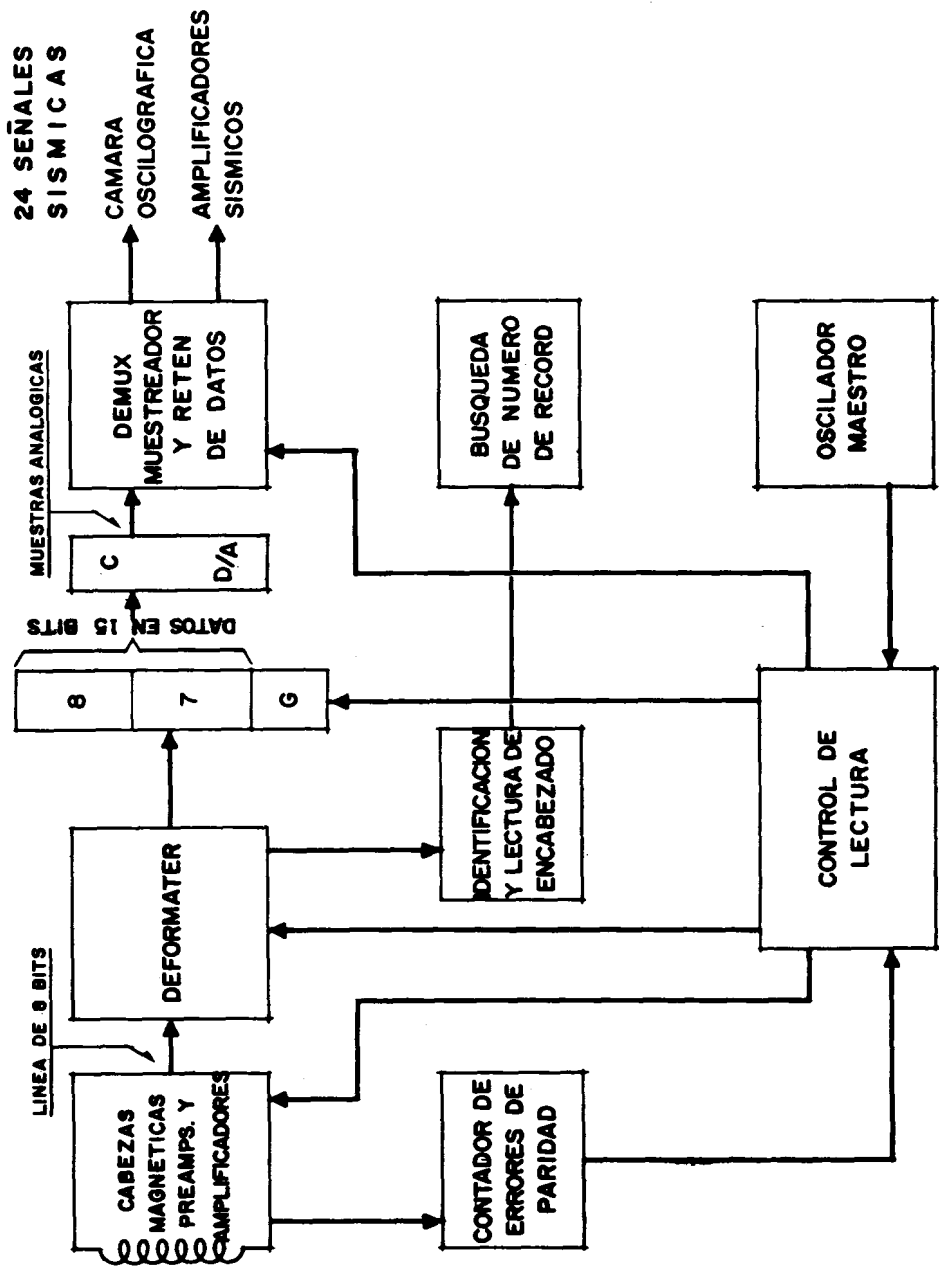


DIAGRAMA A CUADROS DE LA UNIDAD DE REPRODUCCION

6.3.4.3. Convertidor Digital Analógico (CDA)

Después de que la señal de 16 bits es desdoblada por el deformater, el bit G es separado y el convertidor digital-analógico toma los 15 bits de datos para convertir esta señal de 15 bits en una muestra de señal analógica, que presenta las mismas características de la muestra de señal analógica muestreada cuando se estuvo efectuando la grabación.

6.3.4.4 Demultiplexer, Circuito de Muestreo y Reten de Datos

Las muestras de señales sísmicas analógicas obtenidas en la conversión digital-analógica; son entregadas al demultiplexer, en donde se efectúa la función contraria que efectuó el multiplexer en la grabación; es decir, las muestras de cada uno de los 24 canales son seleccionadas, para que por medio del circuito de muestreo y reten de datos, las muestras analógicas sean enviadas por el canal correspondiente a grabación en una cámara oscilográfica o amplificarlas para después ser grabadas.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer a la Gerencia de Exploración de PEMEX, la autorización y facilidades para desarrollar este artículo, y también desea dar las gracias a todas aquellas personas que han colaborado en una forma o en otra a la preparación de este artículo.

A P E N D I C E

- A.1 **Ruido**, se define como toda aquella señal que no coincide con la señal deseada. Este puede ser:
- a) Energía sísmica viajando por otra trayectoria que no es la deseada.
 - b) Toda aquella señal no generada por energía sísmica, tales como: microsismo, aire, etc.
 - c) Ruidos instrumentales en la detección, grabación, reproducción y proceso.
(Silvermann, pág. 988, 1967).
- A.2 **Relación de Señal Ruido**, se define como la relación que existe entre la amplitud promedio de la señal con respecto a la amplitud promedio del ruido.
- A.3 **Rango Dinámico**. Se define como la relación logarítmica entre la señal máxima (E_{max}) y la mínima (E_{min}) que pueden ser registradas en un determinado equipo.
Comunmente se expresa en decibeles (db).
La forma de calcularlo es:
- $$RD = 20 \log. \frac{E_{max}}{E_{min}} \quad (\text{en db})$$
- A.4 Un paso de Amplificación Binaria duplica la amplitud de la señal de entrada, o sea:
- $$Gan = \frac{S}{E} = 2$$
- Expresando la ganancia en decibeles tenemos
- $$Gan = 20 \text{ db} \frac{S}{E} = 20 \log 2 = 6 \text{ db}$$
- Como un amplificador sísmico tiene 15 pasos de ganancia binaria, entonces tenemos que la ganancia máxima del amplificador es
- $$Gan \text{ (max)} = 15 \times 6 = \underline{90 \text{ db}}$$
- A.5 Un sistema de grabación digital de 14 bits en un sistema que emplea cinta magnética de 12.5 mm. de ancho 9 pistas de

grabación y en ella los datos sísmicos se graban con 14 dígitos binarios (bits). Esto se explica con más detalle en la sección 6.

- A.6 Filtro Notch. Es un filtro de corte de banda angosta diseñado para atenuar las frecuencias de 50 ó 60 c/s y evitar inducciones causadas por líneas de alimentación.
- A.7 Relación de Liberación. Es la velocidad con que la ganancia de un amplificador puede subir y se expresa en db/seg.
- A.8 Relación de ataque. Es la velocidad con que la ganancia de un amplificador puede bajar y también es expresada en db/seg.

NOTA: Debido al gran contenido de definición de términos digitales y relacionados a la geofísica, el autor de este artículo recomienda a todos los geofísicos tener una copia del glosario de R.F. Sheriff, publicado en febrero de 1968 por la Society of Exploration Geophysists en el Vol. 32 del Boletín Geophysics.

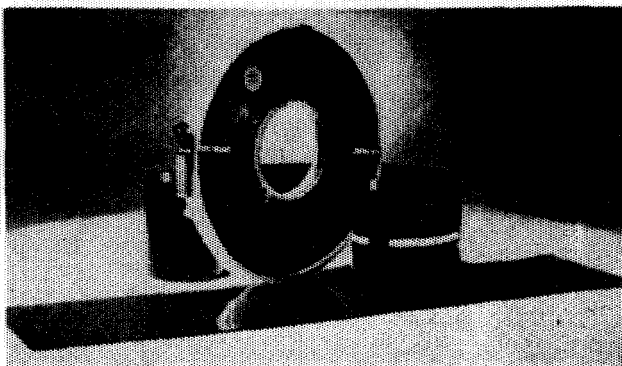
BIBLIOGRAFIA

- Badger, A.S., 1967, Binary gain step digital recording; Geo Space Corp. Houston, Texas.
- Chu, Y., 1962; Digital computer design fundamentals; Mc Grow Hill Book Co. Inc., New York.
- Davison, T.M., 1968, Binary gain digital field recording system: - PT-800/PDR-89, SIE, Dresser System Inc., Houston, Texas.
- Geo Space (1), 1968, Seismic digital instrumentation notes, dado en el "Seismic Digital Instrumentation Seminar" de junio de 1968 en Houston, Texas.
- _____ (2), 1967; DAS-209 Digital Seismic Field Recorder Technical manual de la Geo Space Corporation, Houston, Texas.
- _____ (3), 1968; Digital Seismic Field Recording: Engineering Data Sheet INS-670 1-ED1013-2R de la Geo Space Corporation, Houston, Texas.
- _____ (4), 1967; Model 211T Digital Seismic Amplifier System: Engineering Data Sheet INS-6702-ED-1015 Geo Space Corporation; Houston, Texas.
- Harris, R. A., 1967; Dynamic Range, Texas Instruments Houston, Texas.
- Independent Exploration, 1966; Series 1010
Geophysical Digital Recording System de Independent Exploration Co.
- Lytel, A., 1965; ABC's of Boolean Algebra: Howard W. Sams and Co. Inc., Indianapolis, New York.
- Northwood, E. J., Weisingers, R.C. y Bradley, J. J. 1967; Recommended standards for Digital Tape Formats: Geophysics, V. 32, p. 1073-1084.
- Ray Geophysical Staff., 1965; How to Survive Digital Fallout; Presentado por los ingenieros y dirigentes de la Ray Geophysical Division of Madrel Industries, Inc.

- Savit, C. H., 1966; A Proposed Standard Format for Nine-track Digital Tape: Geophysics, V. 31, N.4.
- S.D.S.; 1965, Major Characteristics of Seismic Digital Field Recorder . Bulletin 3258 of the S.D.S. System - Inc.
- Siems, L. y Hafer F.W., 1966; A Discussion on Seismic Binary gain switching amplifiers:
Geo Space, Co., Houston, Texas.
- Sheriff, R.E., 1968, Glossary of Terms Used in Geophysical - Exploration; Geophysics, V. 32, N. 4, p. 183-228.
- Silverman D., 1967; The Digital Processing of Seismic Data: Geophysics, V. 32 No. 6, p. 988-1002.
- Texas Instruments, 1966, Fundamentals of Digital Recording Seismic Data. Texas Instrument Co.
Manual No. 174498-0001B, Houston, Texas.

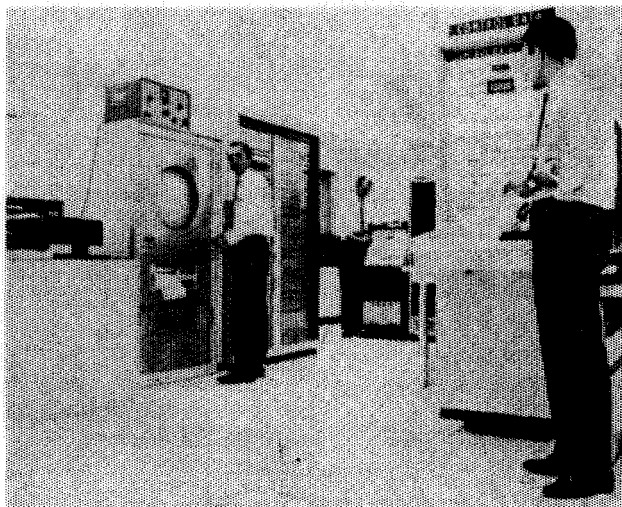
Petty procesa cintas como estas

(Grabaciones Sismológicas,
analógicas o digitales hechas
por usted o por Petty)



en estas computadoras

(El muy completo centro de
Proceso de Petty en San Antonio,
Texas, incluye un sistema de
Computación CDC, asociado con
equipo de conversión ADA, de
máxima capacidad sísmica
y un grupo experimentado de
programación Geofísica)



con

programas sofisticados

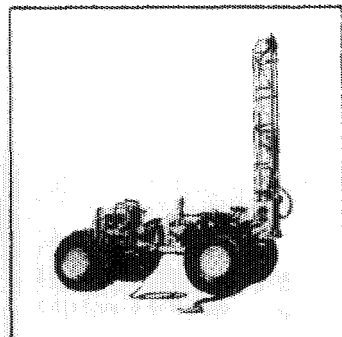
(Punto Común de Reflexión,
apilamiento, deconvolución
de reverberación filtrado de
face O, etc.)

Para encontrar más aceite, lo
invitamos a usar los 40 años de
experiencia de Petty,
en Exploración Geofísica.



HOME OFFICE: TOWER LIFE BUILDING
SAN ANTONIO, TEXAS, U.S.A. — TEL: 512 CA 6-1393

PETTY GEOPHYSICAL ENGINEERING CO. DE MEXICO, S. A. DE C.V.
Av. Juárez 97 — Desp. 405-406 — Tel. 21-08-34 — Mexico 1, D.F.



LA UTILIDAD DEL TRANSPORTADOR FLOTANTE "CAREY"
EN ACCION EN EL AREA MAR DEL NORTE.

"TRANSPORTADOR FLOTANTE CAREY"

Considere estas ventajas cuando usted planee su próximo trabajo:

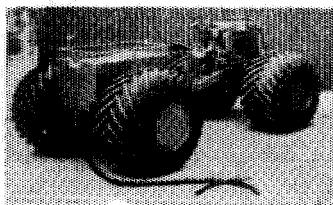
ROBUSTEZ.—Eje de Conducción Planetario (standard en todos los "transportadores flotantes" CAREY) elimina rompimientos del eje y diferencial.

SEGURIDAD.—Es fácilmente obtenible un servicio de campo completo y garantiza un máximo de eficiencia. Todos los "transportadores flotantes", utilizan máquina de encendido automático, dirección de poder, y en la parte trasera tiene un cabrestante o malacate. Es aprovechable para 24 hrs. de servicio.

VERSATILIDAD.—Los "transportadores flotantes" vienen equipados, con equipo de perforación, tanques de agua, cabina de instrumentos, soportes, y son completamente anfibios para todas las operaciones. Dependiendo del terreno, son opcionales las llantas de tierra firme o llantas de agricultura.

Permita que CAREY trabaje con usted para sus diseños en áreas difíciles o pantanosas según sea su aplicación específica. Se puede tener rentado o comprado.


Llame o escriba a CAREY MACHINE & SUPPLY CO., 5810 South Rice Ave., Houston, Texas 77036. Teléfono 713 Mo 7-5695 o en México a Distribuidores Industriales. Lafragua No. 13-201, México 1, D. F., Tel. 35-24-07.



VEHICULO ANFIBIO CAREY
ROBUSTEZ - SEGURIDAD - ECONOMIA



REPRESENTANTES EN MEXICO:
DISTRIBUIDORES INDUSTRIALES, S. A.
Lafragua No. 13-201



Vector
Fabrica Cables
para todo
uso en
Geofísica

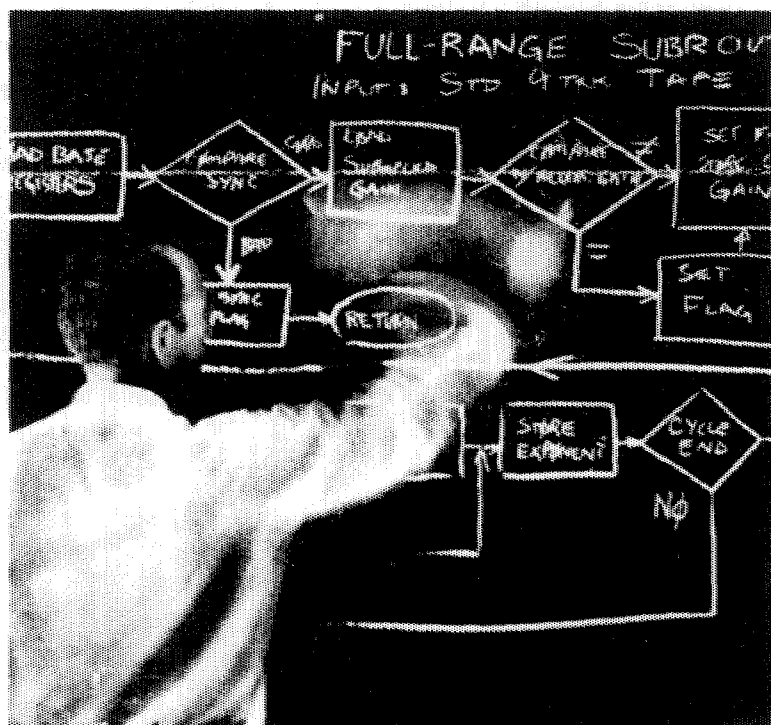
Vector Cable Company

5616 Lawndale
Houston, Texas
Phone — 713-926 8821
TWX — 713-571 1492

WESTERN

SIEMPRE *EN MARCHA*

desde la programación de rango completo producida por amplificadores de incremento binario, hasta los nuevos conceptos sobre orígenes sísmicos.



913 North La Brea Avenue • Los Angeles, California 90038, U. S. A.
520 North Market Street • Shreveport, Louisiana 71107, U. S. A.

WESTERN
GEOPHYSICAL
DIVISION OF CITICORP INDUSTRIES

PERFORACIONES, S. A.

**CONTRATISTA DE PERFORACION
EXPLORATORIA DESDE 1950 PARA**

PETROLEOS MEXICANOS

SECRETARIA DE MARINA

CONSTRUCTORA MALTA, S. A.

NATIONAL SOIL SERVICES, CO.

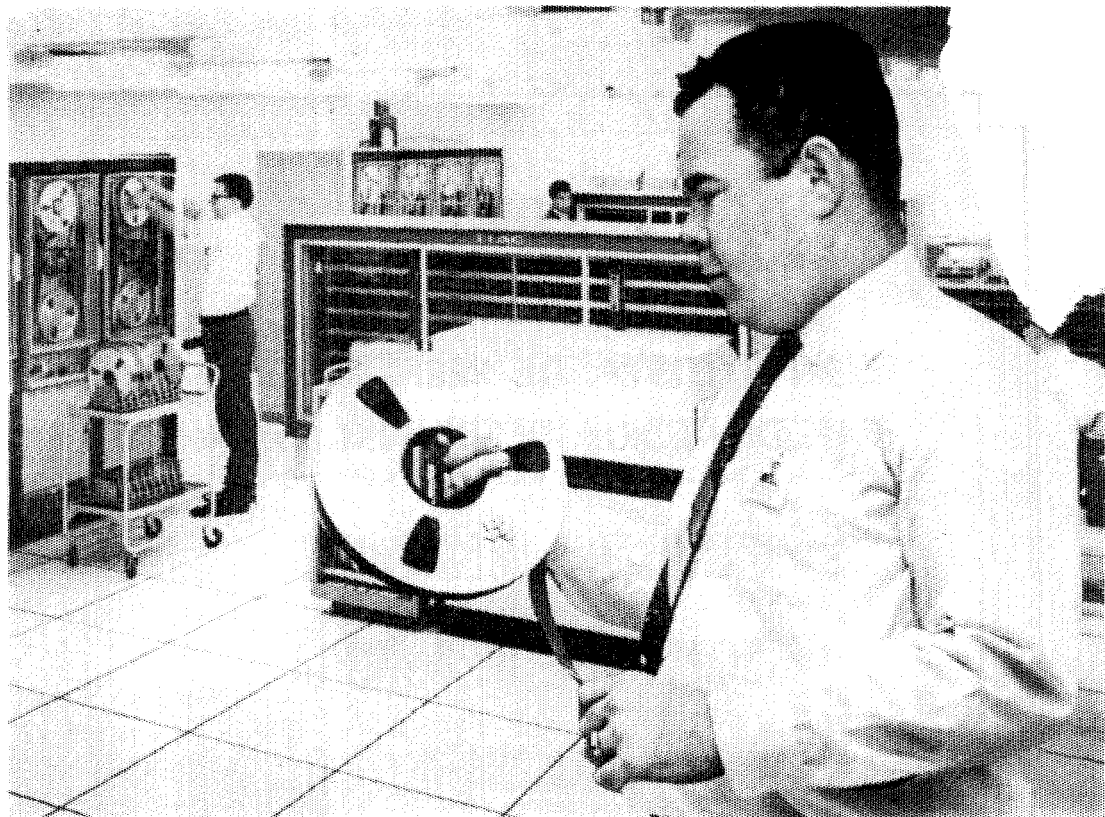
**CIA. FUNDIDORA DE FIERRO Y
ACERO DE MONTERREY, S. A.**

Y PARTICULARES

AVENIDA JUAREZ No. 119 - 5o. PISO

Teléfonos: 21-37-25 y 21-36-42

MEXICO 1, D. F.



Su trabajo: PRODUCCION SISMICA!

Procesos solicitados: PROGRAMAS AEN-O, DCN-1, DPG-O

La cinta que Carlos Bissell se prepara a montar en un centro GSI de procesamiento, contiene registros de una de las líneas principales de su levantamiento marino. La oficina de interpretación necesita una sección después de que los sísmogramas han sido editados (eliminadas trazas ruidosas, cambio de polaridad, etc.), corregidos por desplazamiento horizontal, deconvueltos y reunidas las trazas de profundidad común. Usted tiene prisa por ver los resultados en el informe semanal. Ahora es el momento en que Carlos tiene que producir.

¿Qué le ayuda a Carlos a producir? Primero, él conoce su trabajo. Ha sido entrenado para ello y tiene más de cinco años de experiencia en producción sísmica. 12 meses de esta aquí mismo, en este centro. Segundo, trabaja con equipo digital de alta velocidad, probado en producción y específicamente diseñado para procesar datos sísmicos. Tercero, tiene a su mando una biblioteca completa de alta eficiencia, programas de producción para aprovechar la potencia elaboradora del TIAC. Sobre todo, él está respaldado por los mejores de la mayor, experiencia digital en producción sísmica—

Programadores, geofísicos de área, sísmólogos, investigadores y gerentes de operaciones.

Con todo este apoyo, Carlos tiene que producir. Es su levantamiento y Ud. quiere su información geofísica libre de ruido y múltiples, y deconvuelta.

GSI está entregando producción sísmica digital en todo el mundo. Carlos podría hacer este mismo trabajo al igual que otros en centros de procesamiento sísmica digital pertenecientes a GSI en Dallas, Nueva Orleans, Midland, Houston, Londres, Calgary y en otros que se abrirán próximamente.

GSI significa producción geofísica, sísmica digital o analógica, gravimetría, magnetometría, acumulación de datos de campo, procesamiento o interpretación.

Estamos obligados a ello. Es nuestro trabajo.

GSI

de Mexico S. A. de C. V.

AVENIDA JUAREZ 119, DESPACHO 42,
MEXICO CITY, 1, D. F.

