

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

TESIS: "DISEÑO DE UNA RED SISMICA TELECOMANDADA  
PARTE I: ESTACION CENTRAL DE CONTROL"

AUTOR: RICARDO MANUEL ZEVALLOS CUADROS

Para optar el grado de: INGENIERO ELECTRONICO

LIMA - 1990

## SUMARIO

Ante la necesidad de mejorar sus equipos sísmicos y la utilización de los recursos existentes, el Instituto Geofísico del Perú decidió desarrollar una nueva Red Sísmica. Así nace el actual trabajo de tesis titulado "Diseño de una Red Sísmica Telecomandada. Parte 1: Estación Central de Control". La red diseñada será de gran ayuda para el I.G.P.

Los componentes electrónicos y demás materiales de apoyo utilizados, existen en nuestro país. La Red Sísmica está dividida en 2 partes; la Estación Remota y la Estación Central de Control. Las Estaciones Remotas, registran los eventos mientras la Estación Central de Control los procesa. Para evitar que la Estación Central de Control necesite un computador personal a dedicación exclusiva, se diseñó la Unidad de Control que ejecuta las tareas programadas permitiendo que el computador sea utilizado en otras funciones. La Unidad de Control utiliza comunicación serial directa con el computador y serial vía módem con las Unidades Remotas.

v

El trabajo permitirá al I.G.P. contar con una Red Sísmica moderna que permita realizar un mejor estudio de la actividad sísmica en el país. Este proyecto ha permitido al I.G.P. establecer acuerdos de colaboración con el gobierno francés para el desarrollo conjunto de redes sísmicas.

A la memoria de,

Robert Sparks

A mis padres,

Miguel e Isabel

A mis hermanos

Juan Cristobal

Mauricio Jose

Pedro Miguel y

Fernando Segersbol

## AGRADECIMIENTO

Quisiera agradecer a todas aquellas personas que me han ayudado durante el desarrollo de mi tesis y durante toda mi vida.

A mis padres, hermanos y familiares.

Al Dr. Manuel Chang, quien me supo entender, orientar mi trabajo y brindarme su amistad.

A Javier Revilla, gran amigo, compañero de estudios y compañero de trabajo, por soportarme y saber corregirme.

A Francisco Garcia Zabaleta quien siempre me ha acompañado y ayudado en mi carrera profesional.

A Fernando Segersbol, por ser mi gran amigo y creer en mi.

A la Universidad Nacional de Ingeniería por la instrucción recibida.

Al Instituto Geofísico del Perú, por brindarme la oportunidad de desarrollar esta tesis.

A todos mis amigos, por existir!

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
ESPECIALIDAD DE INGENIERIA ELECTRONICA

TITULO: "DISEÑO DE UNA RED SISMICA TELECOMANDADA  
PARTE I: ESTACION CENTRAL DE CONTROL"

AUTOR: RICARDO MANUEL ZEVALLOS CUADROS  
GRADO AL QUE OPTA: INGENIERO ELECTRONICO  
ASESOR: DOCTOR MANUEL CHANG  
LIMA 1990

#### RESUMEN

Se presenta el diseño de una Estación Central de Control como parte de una Red Sísmica Telecomandada de bajo costo desarrollada de acuerdo a las necesidades del Instituto Geofísico del Perú.

La Estación Central de Control está compuesta por un Computador Personal, una Unidad de Control, diseñada especialmente para administrar a las Unidades Remotas y un módem para la comunicación con las Unidades Remotas.

La Unidad de Control se encarga de ejecutar las tareas de comunicación, permitiendo que se tenga un computador no dedicado que puede ser utilizado para otros

## VII

fines. La Unidad de Control se comunica con el computador por una puerta serial a 1,200 baudios y con las Unidades Remotas por intermedio del módem también a 1,200 baudios. El sistema de la Unidad de Control, desarrollado en lenguaje Ensamblador se encarga de ambas comunicaciones, de ejecutar las tareas programadas desde el computador y de almacenar los datos antes de enviarlos al computador.

El sistema del computador fue desarrollado en lenguaje Pascal. Se trata de un sistema de comunicación que permite programar las tareas deseadas en la Unidad de Control así como de leer el resultado de las mismas. Este sistema también permite realizar un análisis de los sismogramas leídos.

Las Unidades Remotas almacenan los eventos sísmicos ocurridos durante un día. Luego, al ser solicitados, los eventos son transferidos a la Unidad Central. La Unidad de Control lee los eventos de todas las Unidades Remotas a su mando. Finalmente, el computador solicita a la Unidad de Control el envío de los eventos para su estudio.

## INDICE

<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>1. IMPORTANCIA DEL PROYECTO</b>	<b>5</b>
1.1 La Sismología en el Perú.	5
1.2 Datos Sísmicos	11
1.3 Requerimientos y Alcances	15
1.4 Esquema General	17
<b>2. ARQUITECTURA DE LA UNIDAD DE CONTROL</b>	<b>24</b>
2.1 C.P.U. y Memoria	24
2.2 Controlador de Interrupciones	28
2.3 Conexión Unidad de Control-Módem	31
2.3.1 El Módem	34
2.4 Conexión Unidad de Control-Computador Personal	36
2.5 El Reloj Externo	39
<b>3. SISTEMA DE LA UNIDAD DE CONTROL</b>	<b>40</b>
3.1 Introducción	40
3.2 Tratamiento de Datos	41
3.3 Sistema	43
3.3.1 Inicialización del Sistema	45
3.3.2 Comunicación con las Unidades Remotas	47
3.3.2.1 Revisión de Tareas	50
3.3.2.2 Lectura de Eventos	54
3.3.2.3 Lectura de Parámetros	57
3.3.2.4 Modificación de Parámetros	58
3.3.2.5 Pulso de Calibración	58
3.3.3 Comunicación con el Computador Personal	61
3.3.3.1 Grabación del Número Telefónico	64
3.3.3.2 Grabación de Tareas	66
3.3.3.3 Envío de Eventos	66
3.3.3.4 Envío de Parámetros	69
3.3.3.5 Envío del Número Telefónico	72
3.3.3.6 Envío de Tareas	72

<b>4. SISTEMA DEL COMPUTADOR PERSONAL</b>	<b>75</b>
4.1 Introducción	75
4.2 Programa Principal	77
4.3 Comunicación con la Unidad de Control	79
4.3.1 Transmisión	80
4.3.1.1 Transmisión del Número Telefónico	80
4.3.1.2 Tareas	81
4.3.2 Recepción	82
4.3.2.1 Lectura de Eventos	83
4.3.2.2 Lectura de Parámetros	84
4.3.2.3 Lectura del Número Telefónico	84
4.3.2.4 Lectura de Tareas	85
4.4 Análisis de Eventos	85
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>87</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>91</b>
<b>7. APENDICES</b>	<b>93</b>
A - Diagrama Circuitual	93
B - Listado de programas ( Unidad de Control )	98
C - Listado de programas ( Computador Personal )	120
D - Lista de Precios	155

## INTRODUCCION

La ingeniería en el País, debe estar orientada al fomento y mejora de nuestra tecnología. Es necesario que la educación universitaria capacite a los futuros profesionales según las necesidades reales del Perú. Desarrollando pequeños proyectos, de poca inversión, se irá construyendo una base tecnológica propia y sólida.

La actual situación del país, nos obliga a dar soluciones audaces y reales a los problemas de ingeniería. El desarrollo de nuevos equipos e instrumentos representa un gran reto para el Ingeniero y un ahorro para el país.

El objetivo de esta tesis es el de diseñar una Estación Central de Control como parte de una Red Sísmica Telecomandada. El Instituto Geofísico del Perú necesita esta red para poder estudiar la sismicidad en el país así como en el exterior. El I.G.P. no puede comprar sismógrafos en el extranjero por sus elevados costos

(alrededor de \$/.10,000.00 cada uno). La Unidad de Control aquí diseñada, será instalada en el norte del país y permitirá mejorar el estudio de toda la región. Así mismo, por tratarse de una red barata y sencilla, se utilizará en estudios de sismicidad solicitados por otras entidades tales como ELECTROLIMA, ELECTROPERU, etc.

El trabajo de esta tesis ha requerido de investigación y una cuidadosa revisión bibliográfica enmarcada en las siguientes actividades:

- Selección, lectura y fichaje del material bibliográfico disponible en el Instituto Geofísico del Perú, Universidad Nacional de Ingeniería y bibliotecas privadas en ingeniería.
- Elaboración de un primer diseño.
- Comprobación y/o pruebas experimentales de las etapas desarrolladas.
- Modificación y mejora del sistema.

Como resultado, se tiene este trabajo de diseño que permitirá integrar varias estaciones remotas obteniéndose un manejo más moderno de la información. Todo el trabajo fue realizado en el Instituto Geofísico del Perú bajo la asesoría del Doctor Manuel Chang Ching.

El presente trabajo está compuesto por los siguientes capítulos según se detalla a continuación:

Capitulo I: Importancia del Proyecto

Se explica cual es el estado actual de la sismología en el Perú. Se detallan las características de los sismos y su estudio. Se explican las características y limitaciones del proyecto. Se presenta el esquema general del mismo.

Capitulo II: Arquitectura de la Unidad de Control

Se explican los circuitos diseñados que conforman la Unidad de Control así como las consideraciones que se tomaron en cuenta para su funcionamiento.

Capitulo III: Sistema de la Unidad de Control

Se presenta el desarrollo del soporte informático que conforma el sistema residente en la Unidad de Control.

Capitulo IV: Sistema del Computador Personal

Se presenta el desarrollo del soporte

informático que conforma el sistema en el computador personal.

**Conclusiones:** Se presentan los resultados obtenidos y se dan las pautas para los trabajos a seguir.

**Bibliografía:** Se presenta la lista completa de los textos utilizados.

**Apéndices:** Se presentan

- Diagrama Circuitual.
- Listado de los programas de la Unidad de Control.
- Listado de los programas del Computador Personal.
- Lista de precios.

## CAPITULO I

### IMPORTANCIA DEL PROYECTO

#### 1.1 La Sismología en el Perú

A principios de la segunda década del presente siglo, se construyó el Observatorio Geomagnético de Huancayo, como parte del esfuerzo a nivel mundial del Instituto Carnegie de Washington para impulsar el estudio de la geofísica mundial. Con un incremento en sus funciones y capacidades este observatorio fue transferido, en 1947, al gobierno peruano y pasó a ser el Observatorio Geofísico de Huayao (O.G.H. ). Quince años después, el O.G.H. se fusionó con otras dependencias de investigación y se creó el Instituto Geofísico del Perú. Actualmente la sismología es una de las áreas más importantes del Instituto ya que el Perú se encuentra incluido en el Cinturón de Fuego del Pacífico, que concentra aproximadamente el 70% de la actividad sísmica mundial.

El Instituto Geofísico del Perú, ha podido conformar la actual Red Sísmica Nacional con la ayuda de convenios con instituciones internacionales tales como AID-CIW (Instituto Carnegie de Washington), Universidad de Kyoto en Japon etc., así como con instituciones nacionales tales como ELECTROPERU, Proyecto CHIRA-PIURA, Dirección Ejecutiva del Proyecto Olmos-DEPOL, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa-UNSA, Universidad Nacional Jorge Basadre de Tacna y Universidad Nacional de Ingeniería.

Esta Red Sísmica Nacional está compuesta por:

(3) estaciones sísmicas permanentes de tipo WWSSN ( World Wide Standard Seismograph Network ),

(4) estaciones portátiles de tipo Kinematics, Sprengnether, etc. con un costo aproximado de \$/10,000.00 dolares c/u.

(11) estaciones telemétricas operativas: (5) en el Norte, (2) en el Centro y (4) en el Sur del Perú.

Por instalar :

(7) estaciones extensométricas: (4) del Proyecto AID y (3) de la Universidad de Kyoto,

(12) acelerógrafos que trabajan en convenio con el I.G.P. ó a cargo de otros proyectos nacionales.

Así mismo, el I.G.P. cuenta con una minicomputadora PRIME que recibe en tiempo real señales telemétricas de diferentes estaciones sísmicas y determina rápidamente los parámetros focales de un sismo de magnitud Mb de Richter superior o igual a 4, lo que permite informar inmediatamente al Sistema Nacional de Defensa Civil, así como a otros organismos nacionales e internacionales. La estación peruana de Naña ( NNA ), a 15Km de Lima fue incorporada a la Red WWSSN en 1963 y a la Red IDA con sede en la Universidad de California, en Julio de 1988. Es una estación de muy alta calidad y de reconocido prestigio a nivel mundial. La figura 1.1 muestra la distribución de las estaciones en el país.

Pese a los esfuerzos del Instituto, no es posible comprar todos los equipos necesarios en el extranjero. El principal problema que se tiene es el manejo de la información: Muchos sismógrafos registran sus datos en papel ahumado y deben ser transportados hasta las instalaciones del Instituto en Lima para su lectura, cálculo de valores y finalmente, según el caso, ingreso de datos al computador. Todo esto significa un atraso de horas o de semanas en el manejo de la información. En la gran mayoría de los equipos antiguos se desconoce la ganancia precisa de los sismógrafos o la banda pasante de los filtros empleados en función del tiempo. En especial

## ESTACIONES SISMICAS

Mapa del Peru

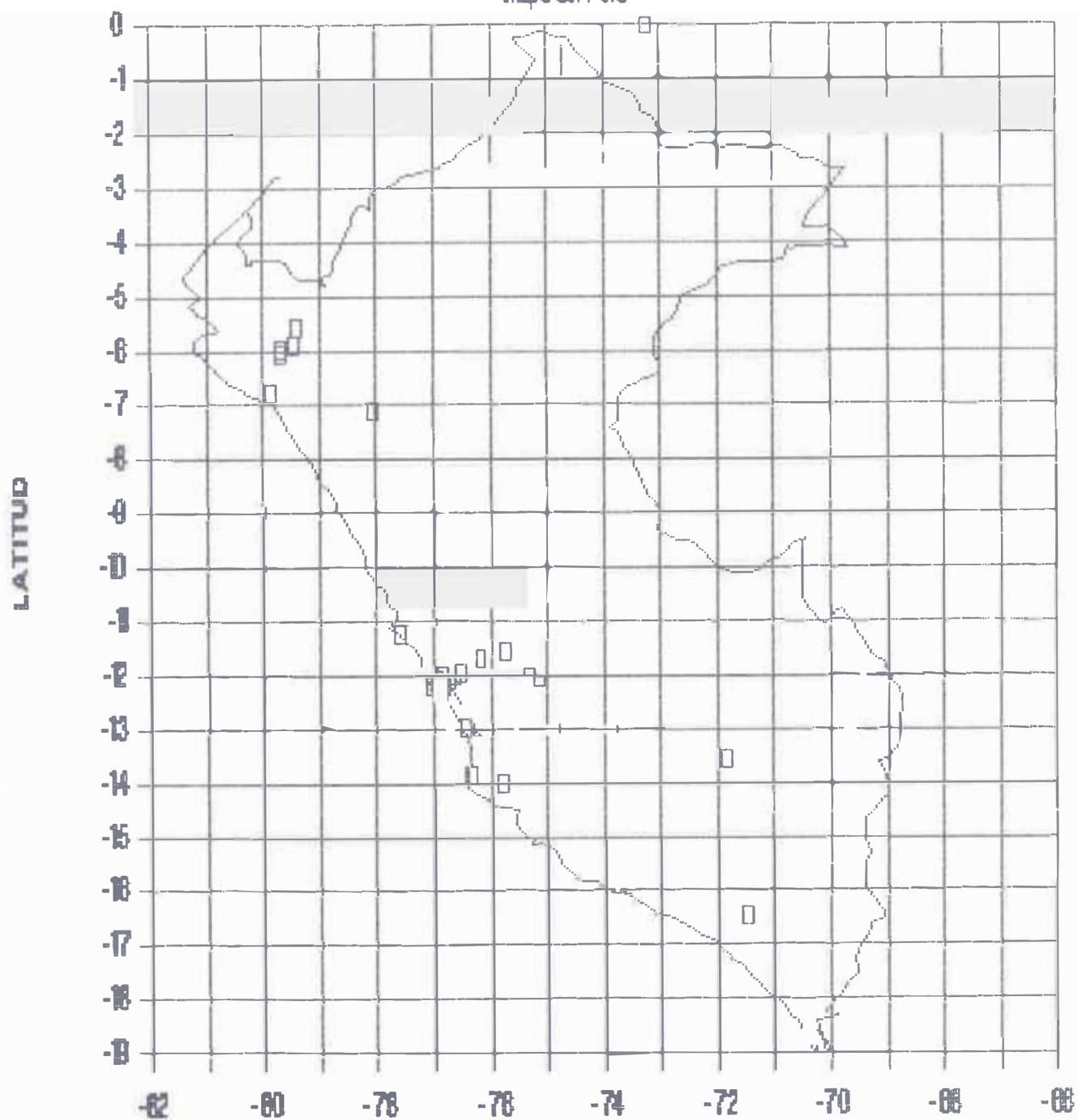


Figura 1.1

LONGITUD  
Estaciones

**ESTACIONES SISMICAS**  
**del Perú**

Nro.	Cod.	Estación	Latitud	Longitud	Elevación
1	ARE	AREQUIPA	16.462	17.491	2451
2	CAJ	CAJAMARCA	07.080	78.390	2676
3	CAM	CAMACHO	12.075	76.969	274
4	CHI	CHICLAYO	06.765	79.865	60
5	CUZ	CUZCO	13.563	71.877	3240
6	GUA	GUADALUPE	13.992	75.783	550
7	HUA	HUANCAYO	12.038	75.323	3313
8	JUN	JUNIN	11.549	75.754	4480
9	LAN	LANLAN	5.866	79.450	
10	MOR	MORRO SOLAR	12.181	77.031	278
11	NNA	NANA	11.987	76.842	575
12	OLM	OLMOS	5.970	79.710	150
13	PAR	PARACAS	13.829	76.331	220
14	PCH	PORTOCHUELO	6.033	79.683	
15	QUI	QUILMANA	12.943	76.437	510
16	SAL	PTA. SALINAS	11.236	77.611	282
17	SFE	STA. FE	11.677	76.193	5200
18	SCH	SUCHE	11.960	76.549	2880
19	TAC	TACNA	18.010	70.260	560

figura 1.1 b

si estos se encuentran instalados en lugares alejados por muchos años, el error en el proceso de la información es mayor.

Al interior del Instituto Geofísico del Perú, la Dirección de Servicios Técnicos está encargada de :

- Operar las estaciones de la Red Sísmica Nacional.
- Analizar los sismogramas.
- Evaluar, en tiempo real, los parámetros preliminares de un sismo.
- Almacenar la información y realizar estudios de sismicidad a solicitud de proyectos nacionales.
- Emitir boletines sísmicos mensuales y anuales y
- Desarrollar nuevos sistemas y equipos sismográficos

Esta Dirección consideró de vital necesidad la construcción de una Red Sísmica Telecomandada con tecnología nacional capaz de suplir la brecha tecnológica existente, ya que los equipos fabricados en el extranjero son demasiado costosos y no permiten instalar una red densa de sismógrafos de éste tipo. Además, su diseño nos permitirá incluir nuestros requerimientos locales.

## 1.2 Datos Sísmicos

La sismología estudia los registros sísmicos y de explosiones por varias razones, por un lado se desea descubrir la naturaleza y mecanismos de los terremotos. De este estudio surgen teorías sobre sus causas y mecanismos que pueden llevar a una futura predicción de los mismos. Otra razón para el estudio de estos fenómenos es el conocer el grado de heterogeneidad del interior de la Tierra. Un estudio comparativo proveniente de varias estaciones, permite conocer la estructura interna de la Tierra y estimar valores necesarios para la prevención de futuros desastres naturales.

El lugar donde se produce un sismo en el interior de la tierra se denomina hipocentro y el punto directamente sobre la superficie se conoce como epicentro. El trabajo realizado en el IGP, se basa principalmente en el tiempo de llegada de las ondas. La onda más veloz, de primeros precursores, es la de compresión y se le llama onda P. El movimiento de las partículas de la tierra en una onda P, es longitudinal o paralelo a la dirección de propagación. La onda de segundos precursores u onda S tiene un movimiento transversal a la dirección de propagación y su velocidad es siempre menor a la onda P para un mismo punto.

La distinción entre ondas longitudinales y transversales es la base de la Sismología. La separación entre las ondas, es difícil de reconocer a pocos kilómetros del epicentro, pero hacia los 4000Km. la diferencia de la velocidad de propagación es suficiente para que las ondas S lleguen después de la extinción de las ondas P. La naturaleza longitudinal del movimiento al principio de las ondas P es fácil de reconocer por el hecho de que su componente horizontal está dirigida hacia el epicentro o en dirección opuesta. Por el contrario, la naturaleza transversal del principio de las ondas S queda oscurecida por su llegada a la superficie del suelo, donde se producen diversas reflexiones. Las tablas de Jeffrey y Bullen permiten calcular la distancia del epicentro de un terremoto respecto al Observatorio Sismológico. Teniendo las distancias obtenidas desde tres o más estaciones, es posible estimar el epicentro del sismo en la intersección de los radios. La tabla 1.1 muestra la velocidad de propagación de las ondas sísmicas para algunas profundidades.

Profundidad en km.	Onda P km / seg.	Onda S km / seg.
Superficie	5.6	3.5
60	5.9	3.75
1200	12.5	7.0
1700	12.75	7.25
2450	13.25	7.5
2600	13.0	7.25
2900	3.5	5.0
6370	11.0	6.25

tabla 1.1

El hecho de que aumente la velocidad de propagación conforme aumenta la profundidad hace que las trayectoria de las ondas sean curvas. Adicionalmente a las ondas P y S que viajan del epicentro al sismómetro siguiendo una trayectoria curva, se observan otras señales sísmicas. Debido a discontinuidades en las propiedades físicas de la Tierra, existen refracciones y reflexiones de las ondas. Estas nuevas señales aparecen luego en el sísmograma y se denominan PcP y PcS donde la denominación indica el origen. La onda PcP ocurre antes que la onda PcS. De las múltiples formas de ondas registradas, se puede obtener considerable información. Para dar una idea de la forma de estas curvas, se ilustra en la figura 1.2 las curvas de un sísmograma.

## SISMOGRAMAS

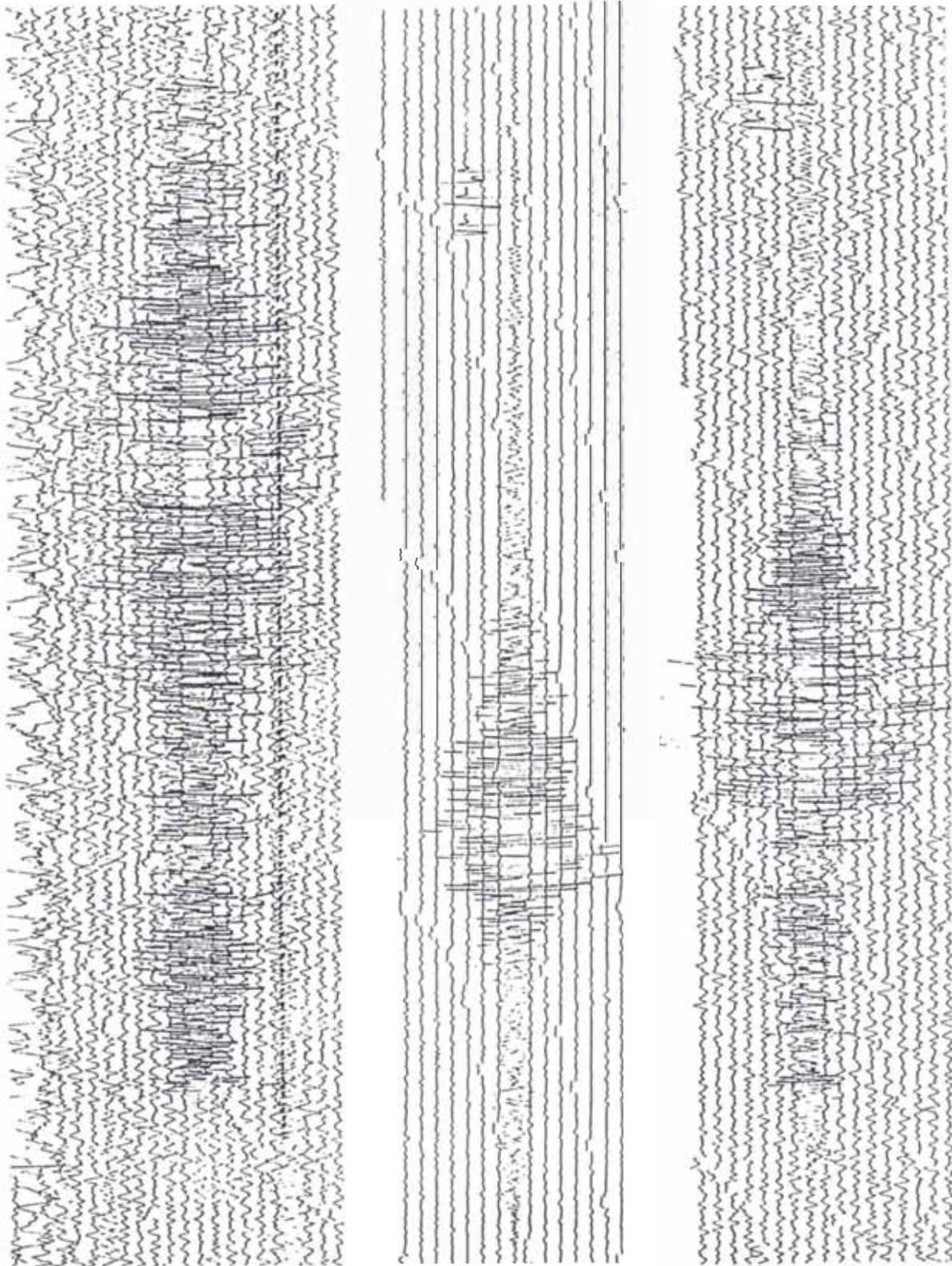


Figura 1.2 Réplicas del Terremoto de Moyobamba, 29-30 de Mayo 1990. Cortesía del I.G.P.

### 1.3 Requerimientos y Alcances

El Instituto Geofísico del Perú por intermedio de su Director de Servicios Técnicos, Doctor Manuel Chang Ching, estableció los requisitos para el diseño de la Red Sísmica Telecomandada. Se necesita redes de amplia cobertura utilizando tecnología propia a ser instaladas en lugares remotos. Se estableció que cada red contaría hasta con ocho Unidades Remotas, una Unidad Central de Control y un Computador Personal no dedicado desde donde se haría el trabajo de operación. Cada Unidad Remota podrá registrar hasta diez sismos por día con una duración de 25 segundos de señal más 5 segundos de memoria previa ( 30 segundos en total).

Se estableció un muestreo de 50 muestras por segundo y la utilización de un conversor analogo digital CAN de 12 bits más signo. El registro de las muestras implica dos bytes por muestra, lo que equivale a 3,000 registros por evento y 30,000 registros máximos por transmisión de paquetes de datos. Esto implica que las Unidades Remotas necesitan aproximadamente 32K Bytes de memoria y las Unidades de Control 256K Bytes ( ocho veces ).

El sistema de control administrará hasta ocho Unidades Remotas, modificando a distancia los parámetros

de sus filtros y amplificadores, y recogiendo la información grabada. Por otro lado las Unidades de Control mantendrán comunicación con un microcomputador central para transferir a su solicitud la información recogida y poder recibir las tareas que deben ejecutarse. La comunicación entre la Unidad de Control y el computador será por intermedio de un salida serial del computador en conexión directa, mientras que la comunicación entre las Unidades Remotas y la Unidad de Control será vía módem, en ambos casos a 1,200 baudios. Se eligió esta velocidad de transmisión por ser compatible con la mayoría de los módems y presentar menor error en nuestras líneas telefónicas.

El registro de eventos sísmicos requiere además de un control estricto de la señal horaria internacional. Por esta razón todas las unidades remotas cuentan con un reloj independiente con puesta de hora automática mediante un receptor horario de la señal WWV o satelital. Así mismo, la Unidad de Control requiere de un reloj que le permita determinar cuando debe realizarse una tarea aún después de que se haya apagado el computador personal. Un reloj de estas características no es parte del diseño que aquí se describe, por lo que se puede recurrir a uno ya existente, ya que se trata de un dispositivo externo. Debido que la comunicación entre la

Unidad de Control y las Unidades Remotas se realiza via módem, todas las Unidades Remotas deben estar ubicadas cerca de líneas telefónicas de la red comercial.

#### 1.4 Esquema General

El trabajo desarrollado en esta tesis, ha requerido cumplir previamente con una investigación bibliográfica de alto nivel en el tema, encontrándose con el desarrollo de un sistema realizado en Francia en 1989 por el Laboratorio de Sismología del Instituto de Investigaciones Interdisciplinarias de Geología y Minas-I.R.I.G.M. de Grenoble, y por la compañía privada LEAS S.A.R.L.. Nuestro sistema aprovecha las experiencias alcanzadas por el Instituto Geofísico del Perú en el area de sismología con el "Diseño y Construcción de un Sismógrafo Digital Portátil de Bajo Costo, con Capacidad de Detección Automática de Eventos" (tesis de grado del Ingeniero Domingo Mery Quiroz) a la que se ha recurrido como fuente de consulta de gran ayuda.

El actual trabajo presenta, sin embargo, adelantos novedosos respecto a los trabajos anteriores que sirvieron de referencia. La Unidad Remota incorpora el uso de filtros digitales y permite la modificación de los parámetros de estos así como los parámetros de los

amplificadores desde la Unidad de Control que puede encontrarse a cientos de kilómetros. La Unidad de Control es novedosa como parte del sistema y obedece a la necesidad de optimizar los recursos. La figura 1.3 muestra el esquema general del sistema.

Este trabajo fue dividido en dos parte esenciales, La primera que consiste en la Estación Central de Control tema de esta tesis; y la segunda parte consistente en el diseño de la Unidad Remota que debe instalarse en el campo al final de una línea telefónica comercial.

Establecidos los requerimientos y alcances del sistema de bajo costo, fue posible idear el esquema general de la red y de cada unidad. La Unidad Remota esta compuesta por un sismómetro, un amplificador y filtros, reloj externo, sistema de alimentación y la tarjeta de gobierno responsable del control de los dispositivos así como del sistema automático de detección de eventos. La Estación Central de Control esta esencialmente conformada por un computador personal, un módem, un reloj externo y un sistema de control y administración de tareas diseñado en ésta tesis. El usuario programará las tareas a realizar desde el computador y luego serán transmitidas a la Unidad de Control. Adicionalmente, el usuario podrá realizar un estudio de los datos sísmicos desde el

# ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA

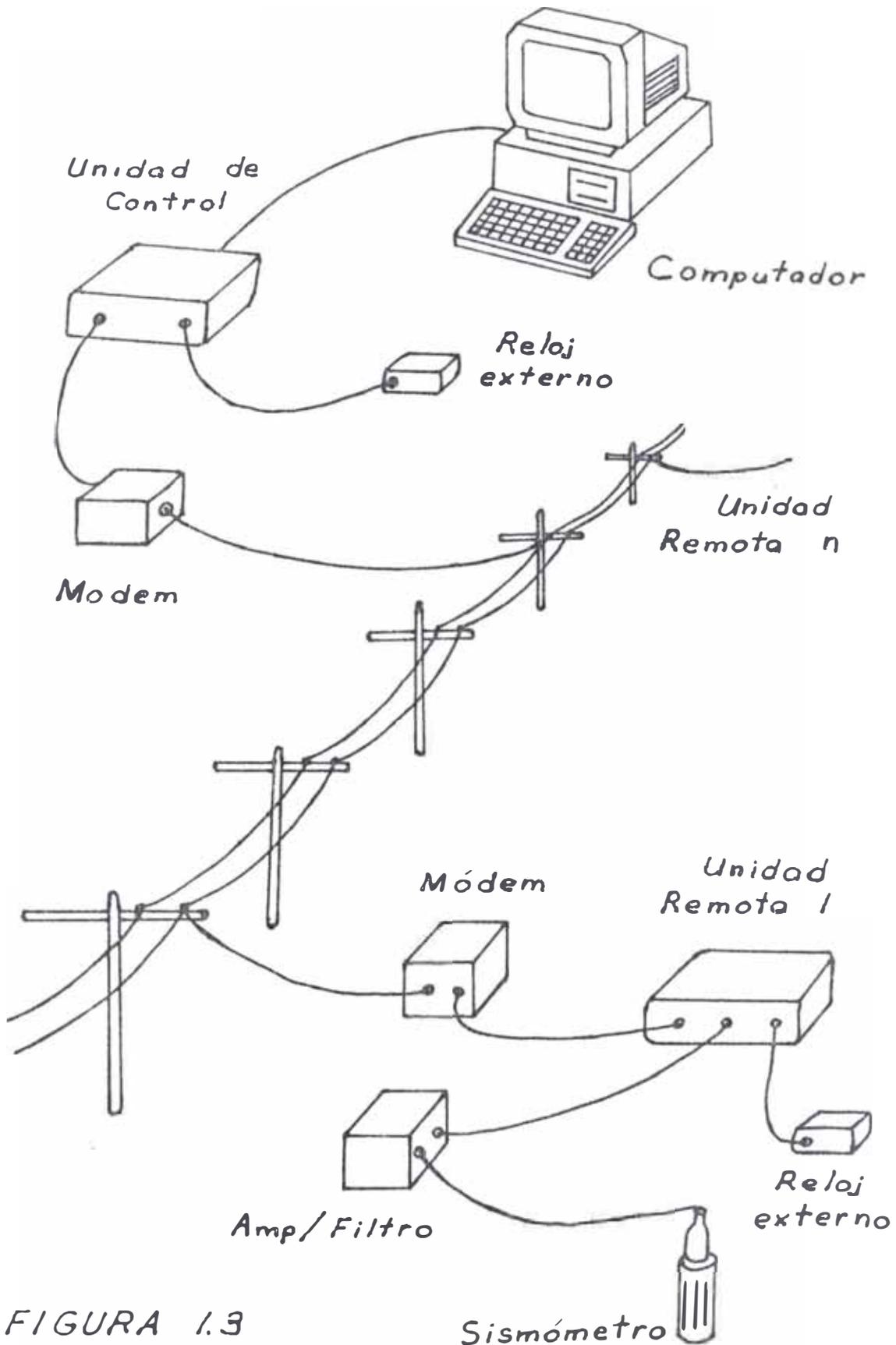


FIGURA 1.3

Sismómetro

computador, lo que le permitirá obtener los parámetros focales del sismo estudiado.

La Unidad de Control consiste en un circuito inteligente basado en un microprocesador de ocho bits y 16 bits de direccionamiento. Se decidió basar el diseño en el microprocesador de ocho bits Z-80. Pese a tener varios años en el mercado, sigue siendo un excelente microprocesador de ocho bits. La existencia de nuevos procesadores de 8 bits no ha desplazado al Z-80 sobre todo en aplicaciones que requieran una baja frecuencia de operación. Su amplio juego de instrucciones, la existencia de módulos de trabajo y una amplia bibliografía hacen más fácil su utilización. Además, el Z-80 tiene uno de los sistemas más fáciles de manejo de interrupciones, que resultan muy importantes en sistemas como este.

El bus de direcciones (A0 - A15) puede direccionar hasta 65536 registros de memoria y 256 periféricos (A0 - A7). Se estableció que los primeros 32768 registros sean para el sistema y los restantes 32768 para el almacenamiento de los datos de alguna unidad remota. Como se determinó al establecer los requerimientos, el almacenamiento de diez sismos de 30 segundos ocupan aproximadamente 32768 registros por lo que sólo se podría

tener una unidad remota. Por ello, fue necesario ampliar la memoria direccionable por el microprocesador.

La ampliación de memoria se hizo adicionando bancos de memorias de 32,768 registros seleccionados por programa mediante un registro externo (periférico). Cada banco de memoria almacena los datos provenientes de una Unidad Remota. Con esta solución se logra que el sistema de control direcciona hasta ocho bancos de memoria. Es importante notar que esta ampliación no atenta contra la performance del sistema. La Unidad de Control al realizar una tarea, sabe de antemano con qué Unidad Remota va a trabajar y carga en el registro de selección el código correspondiente. Puesto que esto se realiza antes del intercambio de información, la selección no disminuye la rapidez ni la performance del trabajo a realizar. Una vez seleccionado un banco de memoria, este será considerado por el sistema como el único existente.

La Unidad de Control utiliza un C.T.C. ( Clock Timer Circuit que se encarga de las interrupciones con que se activa el algoritmo de revisión de tareas que determina cual realizar. Se tiene un USART Universal Synchronous Asynchronous Register Transfer para la comunicación con las Unidades Remotas vía Módem, y otro USART, para la comunicación con el computador mediante uno de sus

puertos seriales. Ambas comunicaciones se realizan a 1,200 baudios. Asi mismo, se utiliza un registro externo para seleccionar el banco de memoria deseado. El reloj externo se comunica con la Unidad de Control mediante una P.I.O ( Paralel Input Output Port ).

Las tareas de la Unidad de Control se pueden dividir en dos: (a) Tareas específicas con la Unidad Remota y (b) con el microcomputador. La Unidad de Control indicará a la Unidad Remota la modificación de parámetros que esta última debe realizar, así como recibir los datos sísmicos grabados por esta Unidad Remota. Además, la Unidad de Control recibirá las tareas del microcomputador y le enviará los datos de las estaciones remotas según sean solicitados desde el microcomputador. En la figura 1.4 se muestra el diagrama de bloques de la Unidad de Control.

UNIDAD DE CONTROL  
DIAGRAMA DE BLOQUES

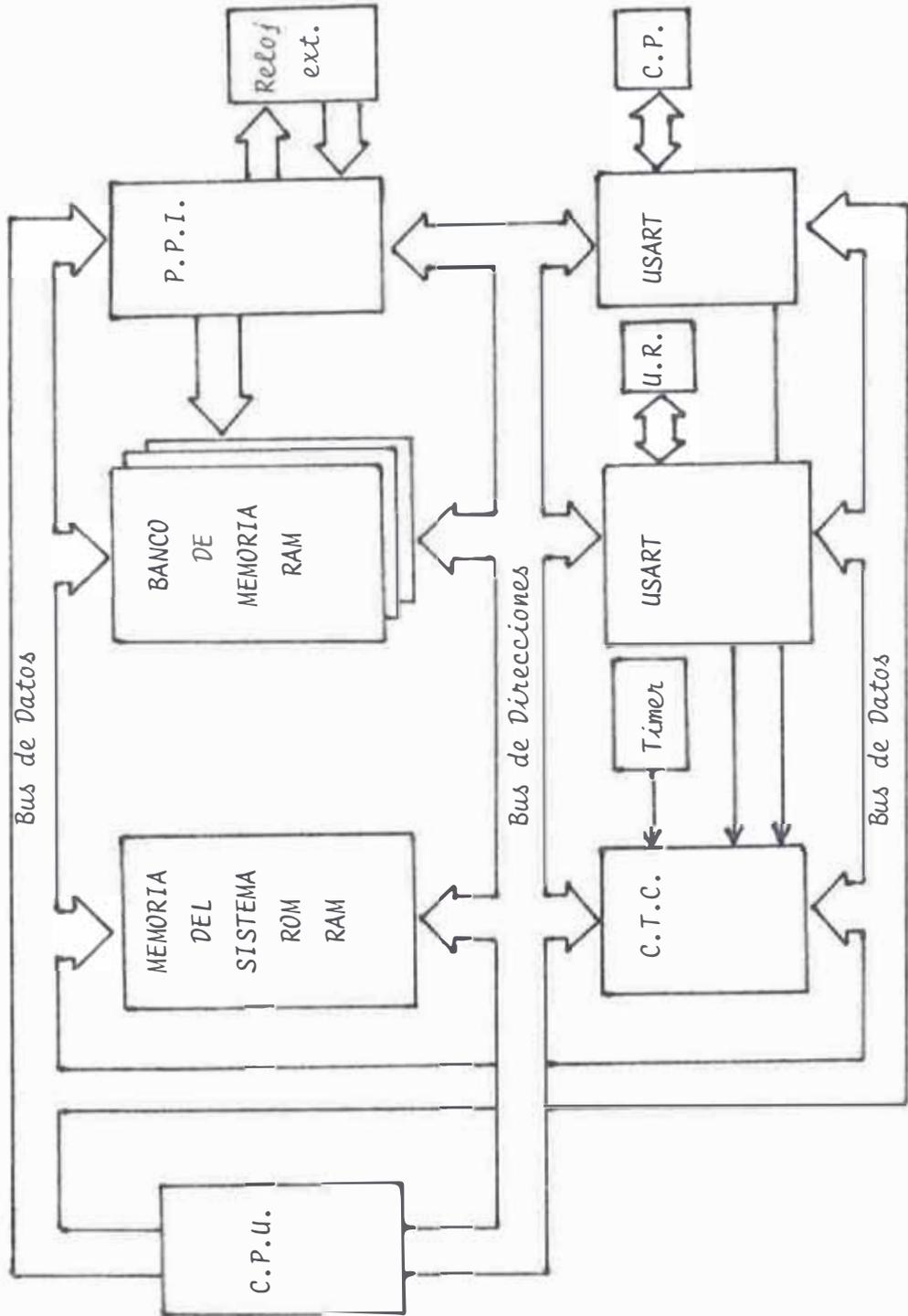


Figura 1.4

## CAPITULO II

### ARQUITECTURA DE LA UNIDAD DE CONTROL

#### 2.1 C.P.U. y Memoria

La arquitectura de la Unidad de Control, basada en el microprocesador Z-80, es sencilla y directa. La tarjeta trabaja con un reloj conformado por un cristal de 4MHz y compuertas inversoras. Se cuenta con un botón de reseteo muy útil para la prueba y puesta a punto del sistema y con un LED se indica el estado de espera (HALT) del CPU.

Aprovechando las facilidades en el manejo de las interrupciones que tiene el Z-80, se utiliza el modo 2, este modo es bastante sencillo y permite tener un control total de los periféricos. Su funcionamiento es como sigue: 1- Un dispositivo periférico solicita una interrupción enviando un nivel bajo a la entrada INT del Z-80. 2- Después de terminar la instrucción que estaba ejecutando, el procesador reconoce la interrupción

mandando a cero las salidas IORQ y M1. 3- Está condición le indica al periférico que debe enviar un vector de dirección al bus de datos que junto con el registro I del Z-80, constituye una localización de memoria. El registro, así seleccionado, contiene la dirección de inicio de la rutina de atención. 4- Por último, se ejecuta la rutina de atención.

La memoria destinada para el sistema operativo consta de 3 integrados EPROM 2764 de 8K Bytes y 4 integrados RAM 6116 de 2K Bytes lo que hace un total de 32K Bytes. Los bancos de memoria adicionales para el almacenamiento de los eventos sísmicos constan de 16 integrados 6116 lo que significa 32K Bytes de memoria RAM. En el apéndice A se muestran los circuitos de la Unidad de Control. A continuación, en la tabla 2.1, se indica la distribución de memoria.

Cada una de las ocho Estaciones Remotas tiene asociado un banco de memoria de 32K Bytes las que son seleccionadas utilizando el puerto A de la P.P.I. 8255 (U39). El puerto A se define como de salida y solo debe tener uno de sus ocho pines en cero a la vez. La selección de los bancos se muestra en la tabla 2.2. Hay que recalcar que la selección de un banco esta bajo entero control del programa y por ende es preocupación

del programador el evitar seleccionar más de un banco de memoria a la vez.

#### Memoria del Sistema

Direcciones	Capacidad	Tipo
0000h - 1FFFh	8K B	EPROM 2764 ( U2 )
2000h - 3FFFh	8K B	EPROM 2764 ( U3 )
4000h - 5FFFh	8K B	EPROM 2764 ( U4 )
6000h - 67FFh	2K B	RAM 6116 ( U5 )
6800h - 6FFFh	2K B	RAM 6116 ( U6 )
7000h - 77FFh	2K B	RAM 6116 ( U7 )
7800h - 7FFFh	2K B	RAM 6116 ( U8 )

#### Memoria de los Bancos

Direcciones	Capacidad	Tipo
8000h - 87FFh	2K B	RAM 6116 ( U17 )
8800h - 8FFFh	2K B	RAM 6116 ( U18 )
9000h - 97FFh	2K B	RAM 6116 ( U19 )
9800h - 9FFFh	2K B	RAM 6116 ( U20 )
A000h - A7FFh	2K B	RAM 6116 ( U22 )
A800h - AFFFh	2K B	RAM 6116 ( U23 )
B000h - B7FFh	2K B	RAM 6116 ( U24 )
B800h - BFFFh	2K B	RAM 6116 ( U25 )
C000h - C7FFh	2K B	RAM 6116 ( U27 )
C800h - CFFFh	2K B	RAM 6116 ( U28 )
D000h - D7FFh	2K B	RAM 6116 ( U29 )
D800h - DFFFh	2K B	RAM 6116 ( U30 )
E000h - E7FFh	2K B	RAM 6116 ( U32 )
E800h - EFFFh	2K B	RAM 6116 ( U33 )
F000h - F7FFh	2K B	RAM 6116 ( U34 )
F800h - FFFFh	2K B	RAM 6116 ( U35 )

tabla 2.1

La selección de un banco de memoria se realiza con el comando [DUT(00),A] donde '00' es la dirección del Puerto A y 'A' es el Acumulador. El Acumulador debe contener el código del banco deseado. En el Apéndice A se aprecia la conexión de la P.P.I..

Puerto A								Banco de Memoria	Estación Remota
7	6	5	4	3	2	1	0		
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	0	1	1	2	2
1	1	1	1	0	1	1	1	3	3
1	1	1	0	1	1	1	1	4	4
1	1	0	1	1	1	1	1	5	5
1	0	1	1	1	1	1	1	6	6
0	1	1	1	1	1	1	1	7	7

tabla 2.2

Para aclarar el direccionamiento de la P.P.I. y de los demás periféricos, se da la tabla 2.3 en la que se indican sus direcciones y funciones.

Dirección	Periférico		Función
00h	P.P.I.	U39	Puerto A Memoria RAM
01h	P.P.I.	U39	Puerto B Reloj
02h	P.P.I.	U39	Puerto C Reloj
1Xh	C.T.C.	U37	Interrupciones
2Xh	USART	U41	Conexión Módem
3Xh	USART	U40	Conexión P.C.

tabla 2.3

## 2.2 Controlador de Interrupciones

Haciendo uso del gran manejo de interrupciones que tienen los sistemas Z-80 de Zilog, se utiliza un CTC/Z-80 (U37) "Clock Timer Circuit" como controlador de periféricos. No es práctico que la Unidad de Control esté revisando permanentemente los periféricos en busca de tareas a realizar. Por el contrario, la C.P.U. permanece en estado de espera "HALT" hasta que un periférico requiera comunicarse con él. Al iniciarse el sistema, se define al registro I con 01h por tratarse del byte más significativo del vector de interrupción. Se consideran interrupciones de tres periféricos; la primera cada 2 minutos, ejecuta la rutina de revisión y ejecución de tareas. Las dos siguientes interrupciones provienen de las dos USART 8251A utilizados para la comunicación con las unidades remotas y el computador personal. La distribución de los canales de la C.T.C. se indica en la tabla 2.4.

Dirección	Canal	Interrupción
10h	0	cada dos minutos para revisar las tareas.
11h	1	requerimiento de una Unidad Remota.
12h	2	requerimiento del Computador Personal.

tabla 2.4

El canal 0 se utiliza para generar una interrupción cada 2 minutos con la cual se ejecuta la rutina de revisión y ejecución de tareas. Un Multivibrador Astable, LM555, manda un pulso al canal definido en modo contador. El contador es inicializado con el valor de 120 ya que el periodo del multivibrador es de 1 seg. Al llegar la cuenta a cero, se activa la señal de interrupción. La programación del canal es como sigue :

```
LD A, 11010101 ;
OUT (10h),A ; modo contador
LD A, 01111000
OUT (10h),A ; valor inicial de la cuenta
LD A, 00000000
OUT (10h),A ; vector de interrupción
```

Hay que remarcar que en este caso no interesa la precisión del multivibrador puesto que las tareas no necesitan una hora exacta de ejecución. Con tenerse un pulso cada 2 minutos aproximadamente es suficiente, puesto que la rutina realiza solo las tareas cuyo tiempo de ejecución ya ha pasado. El valor inicial del contador decreciente es 120, luego cada 120 pulsos se provocará una interrupción.

El canal 1 se utiliza para atender las interrupciones provenientes de la USART utilizada para la comunicación con las Unidades Remotas. Ante un requerimiento de la Unidad Remota, el módem indica con su

pin "ring indicator" que existe una llamada. Este pin está conectado directamente al canal 1 por lo que al registrarse una llamada se activa la interrupción del canal 1. Así se ejecuta la rutina encargada de la comunicación con las Unidades Remotas. La programación del canal es como sigue :

```
LD A, 11010101 ;
OUT (11h),A ; modo contador
LD A, 00000001
OUT (11h),A ; valor inicial de la cuenta
LD A, 00000010
OUT (11h),A ; vector de interrupción
```

El canal 2 se utiliza para las interrupciones provenientes de la USART utilizada en la comunicación con el Computador. Ante un requerimiento del Computador, su señal DTR (data terminal ready), la cual está conectada a la entrada del canal 2 del C.T.C., es llevada a un nivel alto. Puesto que el canal 2 está programado como contador con un valor inicial de 1, al recibir un pulso, se genera la interrupción que ejecuta la rutina encargada de la comunicación con el Computador. Su programación es así :

```
LD A, 11010101 ;
OUT (12h),A ; modo contador
LD A, 00000001
OUT (12h),A ; valor inicial de la cuenta
LD A, 00000100
OUT (12h),A ; vector de interrupción
```

En principio, la prioridad de las interrupciones está determinada por el canal asignado a cada una de ellas. Así, el canal 0 es el de más alta prioridad y el canal 3 el de menor. Sin embargo, al requerir un periférico la intervención del microprocesador, el sistema enmascara las interrupciones por lo que no es posible interrumpir ninguna rutina de atención a interrupción por más que el requerimiento sea de un canal de mayor prioridad. Con esto se consigue un sistema sencillo y ordenado que no se complica al realizar sus tareas. Esto es posible ya que el tiempo no es crítico para la Unidad de Control que sólo administra la información almacenada.

### 2.3 Conexión Unidad de Control - Módem

La Unidad de Control necesita comunicarse vía módem con las Unidades Remotas para realizar las tareas requeridas. Esta comunicación se realiza a 1200 baudios, para asegurar buena transmisión y recepción de los datos. Los datos son de 8 bits más un bit de paridad par. Para la conexión se utiliza el integrado 8251A-USART. Todas las características de comunicación son definidas mediante programa por el sistema operativo. La transmisión a 1200 baudios requiere que el USART tenga en sus entradas RxC (Reception clock) y TxC (Transmision

clock) una velocidad 16 veces mayor ya que trabaja con una relación de 1/16. La señal de 19.2KHz requerida se obtiene utilizando un cristal de 1.8432MHz que es dividido por 96. El circuito generador del reloj de 19.2KHz se ilustra en la figura 2.1

La programación del USART se realiza mediante el envío de dos bytes. Este periférico se encuentra en la dirección 2Xh. El primer byte, de modo, indica la relación de transmisión (baud rate = 16x); longitud de las palabras (8 bits); bit de paridad par; y dos bits de fin. El segundo byte, de control, borra los registros internos y habilita la comunicación. A continuación se ilustran estos pasos :

```
LD A, 11111110 ;
OUT (21h),A ; byte de modo
LD A, 00010111
OUT (21h),A ; byte de control
```

La conexión con el módem requiere una salida estándar tipo RS-232 por lo que se debe llevar las señales entre +5V,0V y +12V,-12V. Esta interfase se realiza con los integrados MC-1488 y MC-1489 con lo cual se cumple con las especificaciones estándares de la EIA RS-232C. Su conexión se ilustra en la figura 2.2.



### 2.3.1. El Módem

Es necesario programar al módem para realizar la comunicación con las Unidades Remotas. El presente trabajo ha sido desarrollado utilizando el módem externo "Super Módem 2000". Se trata de un módem inteligente compatible con los modelos 103 y 212A de la compañía Bell. Se prefirió utilizar un módem externo por no presentar problemas de instalación ni de compatibilidad. Además, su salida tipo RS232C lo hace fácil de conectar.

El "Super Módem 2000" requiere una selección previa de unos interruptores con los que se indican sus características de trabajo. A continuación se indican los interruptores y las opciones escogidas.

Interruptor	Estado	Función
1	alto	Requiere que se habilite DTR.
2	bajo	Resultados en un byte.
3	bajo	Código de retorno habilitado.
4	alto	Eco de caracteres en el modo local.
5	bajo	No se contesta automáticamente
6	bajo	No requiere 'Carrier Detect'.
7	alto	Conexión tipo RJ11.
8	bajo	Habilita reconocimiento de comandos a 1,200 baudios.

Al definir estos interruptores, el módem queda listo para trabajar al ser requerido. Por ahora sólo se contempla la posibilidad de que la Unidad de Control

inicie una comunicación, no así una Unidad Remota. La Unidad de Control debe cumplir 3 pasos en la comunicación vía módem: (1) Preparar la llamada, (2) Llamar, y (3) Entrar en línea para la transmisión de información. Puesto que la comunicación vía módem es entre las unidades de control y las remotas, las instrucciones son la representación hexadecimal de los comandos en código ASCII. A continuación se indican los comandos necesarios pero en código ASCII para mayor facilidad.

La preparación de la llamada requiere las siguientes definiciones:

ATS6 = 4      Tiempo de espera de Tono (seg).  
 ATS8 = 2      Tiempo de espera de la pausa causada  
                   por ",".  
 ATM2            Conexión del audio permanente.

La llamada se realiza con el comando.

ATDP (número telefónico)

Finalmente sólo queda poner en línea al módem y transmitir los datos.

ATS7 = 30    Tiempo de espera de portadora  
 ATS9 = 6    Tiempo de detección de portadora  
 ATS10 = 7    Tiempo entre perdida de portadora y  
                   corte de la línea.  
 ATS12 = 50    Tiempo de guardia de escape  
 ATS2 = 290    Código de escape y fin de conexión.

Una vez ejecutados estos comandos, el módem queda listo para la comunicación.

#### 2.4 Conexión Unidad de Control - Computador Personal

La Unidad de Control es subordinada del Computador Personal. Sólo el Computador puede iniciar una comunicación por intermedio de una interrupción. El sistema está diseñado para comunicar a la Unidad de Control mediante un integrado USART 8251A con el computador AT mediante su Adaptador de Comunicación Serial "Asynchronous Communications Adapter". Esta comunicación serial se realiza a 1200 baudios con palabras de 8 bits, bit de paridad par y 2 bits de final. A continuación se describen ambos extremos de esta interfase.

La Unidad de Control requiere un reloj externo de 19.2KHz para conseguir la transmisión a 1,200 baudios. El reloj utilizado es el ya mostrado en la figura 2.1. La USART se encuentra en la dirección 30h y su programación es igual a la de la otra USART.

El Adaptador de Comunicación Serial del computador AT, se encuentra a partir de las direcciones 3F8h (COM1) ó 2F8h (COM2). Esta tarjeta es independiente del sistema externo y se tiene total control sobre él desde la programación. A continuación se dan las direcciones de los registros del adaptador COM1 en la tabla 2.5.

Dirección	Registro	Estado DLAB
3F8h	Tx Buffer	0 ( write )
3F8h	Rx Buffer	0 ( read )
3F8h	Divisor Latch LSB	1
3F9h	Divisor Latch MSB	1
3F9h	Interrupt Enable	
3FAh	Interrupt Identification	
3FBh	Line Control	
3FCh	Módem Control	
3FDh	Line Status	
3FEh	Módem Status	

tabla 2.5

La programación del adaptador involucra las siguientes asignaciones :

```

OUT (3FBh),10000000 ; a continuación viene el
                    ; divisor de frecuencia.
OUT (3F8h),01100000 ; Divisor Latch LSB
OUT (3F9h),00000000 ; Divisor Latch MSB
OUT (3F9h),00000000 ; deshabilitar las
                    ; interrupciones.
OUT (3FBh),00011111 ; modo de comunicación.

```

Luego de la ejecución de estos comandos, el adaptador ha sido totalmente definido y queda a la espera del requerimiento de comunicación. La figura 2.3 ilustra la conexión del periférico. La programación del Adaptador de Comunicación Asíncrona se ha realizado en lenguaje Pascal, al igual que todo el resto de los programas del Computador.

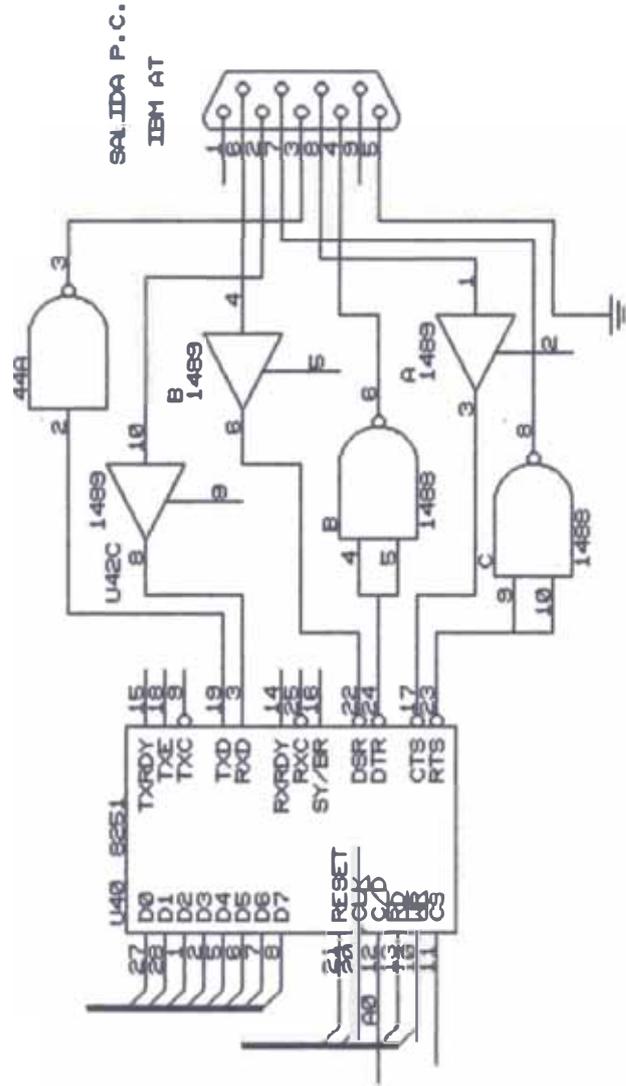


Figura 2.3 Conexión con el Computador AT

## 2.5 El Reloj Externo

Ante la necesidad de tener un sistema independiente, capaz de indicar la hora en todo momento, se ha recurrido a un reloj independiente con puesta en hora automática. El reloj se comunica con la Unidad de Control por intermedio de la PPI 8255 mediante las salidas B y C. La dirección de la PPI es 0Xh. El puerto B es definido como de entrada (destinado para el ingreso de los datos), y el puerto C como salida (control y selección).

Este reloj independiente es el mismo que necesitan las Unidades Remotas, por lo que se convino que su diseño sea desarrollado en la segunda parte del proyecto.

## CAPITULO III

### SISTEMA DE LA UNIDAD DE CONTROL

#### 3.1 Introducción

La Unidad de Control es sumamente importante en el diseño de la Red Sísmica Telecomandada al servir de nexo entre el Computador Personal y las Unidades Remotas, además de controlar los parámetros de las Unidades Remotas. El sistema está encargado de leer los datos grabados, leer y modificar los parámetros de las Unidades Remotas y calibrar las Unidades Remotas. Por otro lado, las rutinas de comunicación con el Computador Personal se encargan de transferir los datos y parámetros solicitados así como de recibir las tareas.

El sistema opera de manera automática, por lo que contempla posibles errores como por ejemplo; línea telefónica ocupada. Todas las rutinas del sistema utilizan al registro D como registro de retorno. En él se indica si hubo error. Si sus 2 bits menos significativos,

d1 y d0, son iguales a 1, entonces se ha generado un error en el proceso. Al generarse un error, la rutina es abandonada pero la tarea permanece como tarea no ejecutada y volverá a ser ejecutada en la siguiente revisión de tareas. Esto se repetirá hasta que se pueda realizar la tarea o hasta que el operador lo detecte al revisar las tareas por ejecutar. Si la rutina pudo ser ejecutada satisfactoriamente, se continua con el proceso de manera normal.

El inicio de un bloque de datos se indica con FFh y el final se indica con el valor FEh. Esto permite darle más agilidad y libertad al sistema. Habiendo mencionado características del sistema, pasamos al tratamiento de los datos.

### 3.2 Tratamiento de Datos

Es muy importante el correcto tratamiento de los datos. Las Unidades Remotas se encargan de la detección y almacenamiento de los eventos mientras que la Unidad de Control colabora en su transmisión y el Computador Personal en su interpretación. Se estableció que por cada evento sísmico se registren muestras durante 30 segundos. Con la finalidad de evitar la saturación de las muestras, se estableció que las Unidades Remotas tengan

amplificadores de ganancia autoajustable de amplio rango dinámico. La resolución de cada muestra es de 12 bits más signo y se indica mediante dos bytes en los que sobran tres bits. Estos bits indican la ganancia con que fue leída la muestra. Las posibles ganancias son:

b7	b6	Ganancia
0	0	0.1
0	1	1.0
1	0	10.0
1	1	100.0

De esta manera, la muestra es más precisa y el rango dinámico evita la saturación. La utilización del bit 5 libre, permitirá obtener hasta 8 valores de ganancia autoajustable. La Unidad de Control no verifica estos datos solo los recibe y transmite.

Es muy importante conocer el tiempo en que cada muestreo es realizado. Las Unidades Remotas registran la hora exacta de inicio del evento. Conociendo la velocidad de muestreo (50 muestras por segundo) y sabiendo que el tiempo entre muestra y muestra es de 1/50 segundos, es posible conocer el tiempo en que se realizó cada muestra. Teniendo esto en cuenta, cada evento sísmico es grabado destinando los dos primeros bytes para el día, el tercero para la hora, el cuarto para los minutos, el quinto para los segundos y los siguientes 3,000 bytes para las 1,500

muestras. Cada bloque de evento comienza con el byte de inicio FFh y termina con el byte de final FEh. En la figura 3.1 se muestra el bloque de información transferido por cada evento.

La Unidad de Control no analiza los datos, sólo los almacena hasta que sean leídos por el computador donde son posteriormente interpretados.

La transferencia de la información es serial asíncrona a 1,200 baudios con 2 bits de fin y con bit de paridad par. Cada palabra es de 8 bits. Tanto los periféricos USART como el módem están programados para comunicación full duplex.

### 3.3 Sistema

A continuación se detalla el sistema de la Unidad de Control que está dividida en tres partes: (1) Inicialización del Sistema, donde se definen los periféricos y el módem. (2) Comunicación con las Unidades Remotas, donde se explica la transferencia de información entre las unidades. y (3) Comunicación con el Computador Personal, donde se explica la transferencia de información con el computador.

**ESTRUCTURA DE LOS PARAMETROS  
Y EVENTOS SISMICOS  
ALMACENADOS**

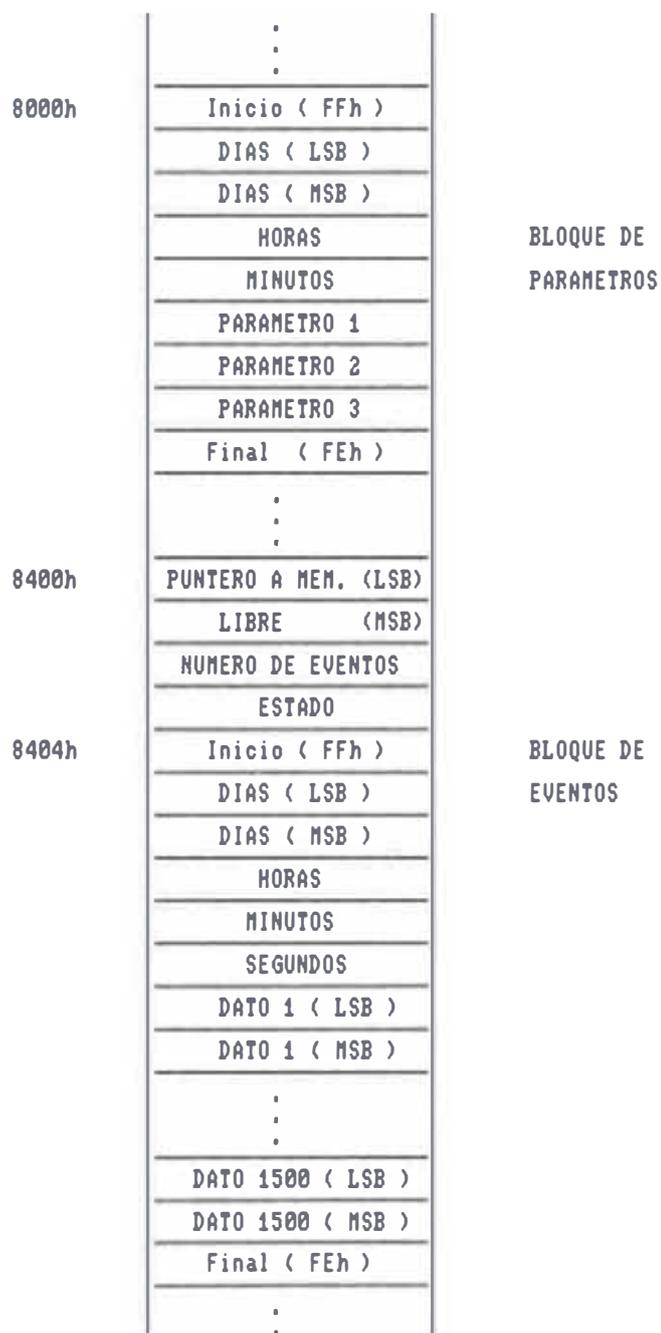


Figura 3.1

### 3.3.1 Inicialización del Sistema

Al prenderse la Unidad de Control, se inicializa el sistema. Es necesario programar los periféricos y definir las variables de trabajo. La rutina comienza en la dirección 0000h. El sistema trabaja en el modo dos de interrupción, por lo que se define al registro I con el byte más significativo del vector de interrupción, 01h en este caso.

La CTC/Z-80 (U37) opera como controlador de interrupciones. A continuación se indican las posibles interrupciones.

El canal 0 corresponde a la interrupción de revisión y ejecución de tareas. Este canal es programado como contador descendente de valor inicial 120. Se tiene un multivibrador astable de periodo 1 segundos que se encarga de provocar la ejecución de esta rutina cada 2 minutos. El byte de interrupción asociado al canal 0 es 00h con lo que la dirección 0100h contiene la dirección de la rutina de atención a esta interrupción.

El canal 2 atiende las interrupciones provenientes del Computador Personal. Este canal es programado como contador descendente de valor inicial unitario. Su byte

de interrupción es 04h por lo que la dirección 0104h contiene la dirección de la rutina de comunicación con el computador.

El canal 1 está reservado para las interrupciones de las Unidades Remotas pero al igual que el canal 3 no es utilizado por lo que sólo se les deshabilita.

La PPI (U39) consta de tres puertos paralelos. El puerto A es programado como salida y se utiliza como registro de selección de los bancos de memoria. Los puertos B y C son utilizados para la lectura de la hora. El puerto C se programa como salida permitiendo la selección del byte a leer. La lectura se realiza por el puerto B que es programado como entrada.

La USART (U40) es utilizada para la comunicación con el Computador Personal. Se programa al periférico para comunicación asíncrona a 1,200 baudios con dos bits de fin y con bit de paridad par.

La USART (U41) está encargada de la comunicación con las Unidades Remotas y su programación es igual a la anterior.

Se ha destinado 1Kbyte para la pila entre las direcciones 6000h y 63FFh. El puntero de la pila SP (stack pointer) se inicializa con 63FFh. La figura 3.2 muestra el diagrama de la rutina de inicialización.

Una vez realizadas todas las definiciones, el sistema se detiene, estado "HALT", en espera de una interrupción. Es conveniente reiniciar el sistema cada cierto tiempo ya que el ruido u otros factores externos, pueden generar un error en los registros y/o periféricos. Se consideró conveniente reiniciar el sistema después de atender 5 interrupciones.

### 3.3.2 Comunicación con las Unidades Remotas

La Unidad de Control debe comunicarse con las Unidades Remotas vía módem para controlar su funcionamiento así como para recoger los datos de las Unidades Remotas. Como ya se explicó en el capítulo 2, la comunicación por módem tiene 3 etapas previas a la transferencia de información. El proceso es como sigue:

Preparación de la llamada:

'ATS6 = 4'	Tiempo de espera de Tono (seg).
'ATS8 = 2'	Tiempo de espera de la pausa causada por ",,".
'ATM2'	Conexión del audio permanente.

## INICIALIZACION DEL SISTEMA

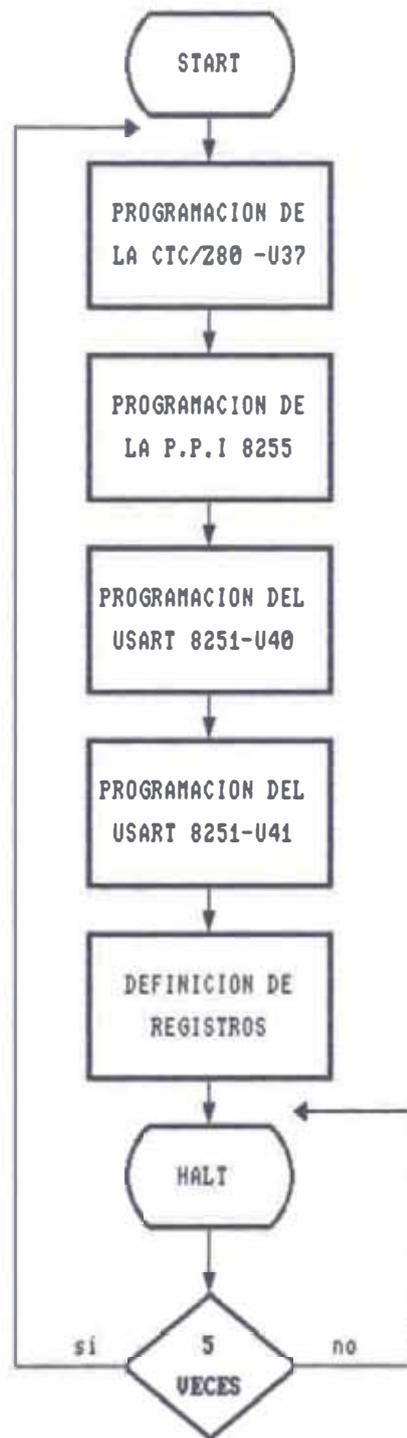


Figura 3.2

llamada:

'ATDP (número telefónico)'

y finalmente, puesta línea:

'ATS7 = 30' Tiempo de espera de portadora  
'ATS9 = 6' Tiempo de detección de portadora  
'ATS10 = 7' Tiempo entre pérdida de portadora y  
corte de la línea.  
'ATS12 = 50' Tiempo de guardia de escape  
'ATS2 = 290' Código de escape y fin de conexión.

El módem queda listo para la comunicación pudiéndose realizar la transmisión de datos. El módem receptor en la Unidad Remota está programado para contestar automáticamente las llamadas ya que la Unidad Remota sólo recibe llamadas. Al recibir una llamada, el módem remoto activa su salida indicador de llamada (ring indicator) que esta conectada al controlador de interrupción. De esta manera la Unidad Remota es forzada por la interrupción a ejecutar la rutina de atención a las llamadas y se establece la comunicación.

Para las siguientes explicaciones, se considera que todos los datos provenientes del Computador Personal, ya existen en la Unidad de Control. La transmisión de estos datos se explica al desarrollar la Comunicación con el Computador Personal. A continuación se detallan las rutinas que comunican a la Unidad de Control con las Unidades Remotas.

### 3.3.2.1 Revisión de Tareas

Esta rutina invocada por la interrupción del canal 0 revisa y ejecuta las tareas. El sistema asigna 1Kbytes, entre las direcciones 6400h y 67FFh, para almacenar las tareas que debe ejecutar. El sistema reserva los tres primeros bytes del area; los 2 primeros indican la dirección del inicio de la memoria libre y el tercer byte indica el numero de tareas existentes. Por otro lado, cada tarea está compuesta por 11 bytes. Esto significa que el sistema puede tener hasta 92 tareas. La figura 3.3 muestra la estructura de las tareas que es como sigue;

- El primer byte indica el inicio de una tarea, valor FFh.
- Los 2 siguientes bytes indican el día del año.
- Los bytes 4 y 5 contienen la hora y los minutos de ejecución de la tarea.
- El byte 6 indica la estación ( 0,1,...7).
- El byte 7 contiene las tareas relativas a la Unidad Remota.
- Los 3 siguientes bytes son los parámetros y
- El byte 11 indica el fin de la tarea con el valor FEh.

## FORMATO DE LAS TAREAS

6400h	INICIO DE MEM (LSB)
	LIBRES (MSB)
	NUMERO DE TAREAS
6403h	Inicio ( FFh )
	DIAS ( LSB )
	DIAS ( MSB )
	HORAS
	MINUTOS
	ESTACION REMOTA
	TAREAS
	PARAMETRO 1
	PARAMETRO 2
	PARAMETRO 3
	Final ( FEh )
640Eh	Inicio ( FFh )
	DIAS ( LSB )
	DIAS ( MSB )
	:

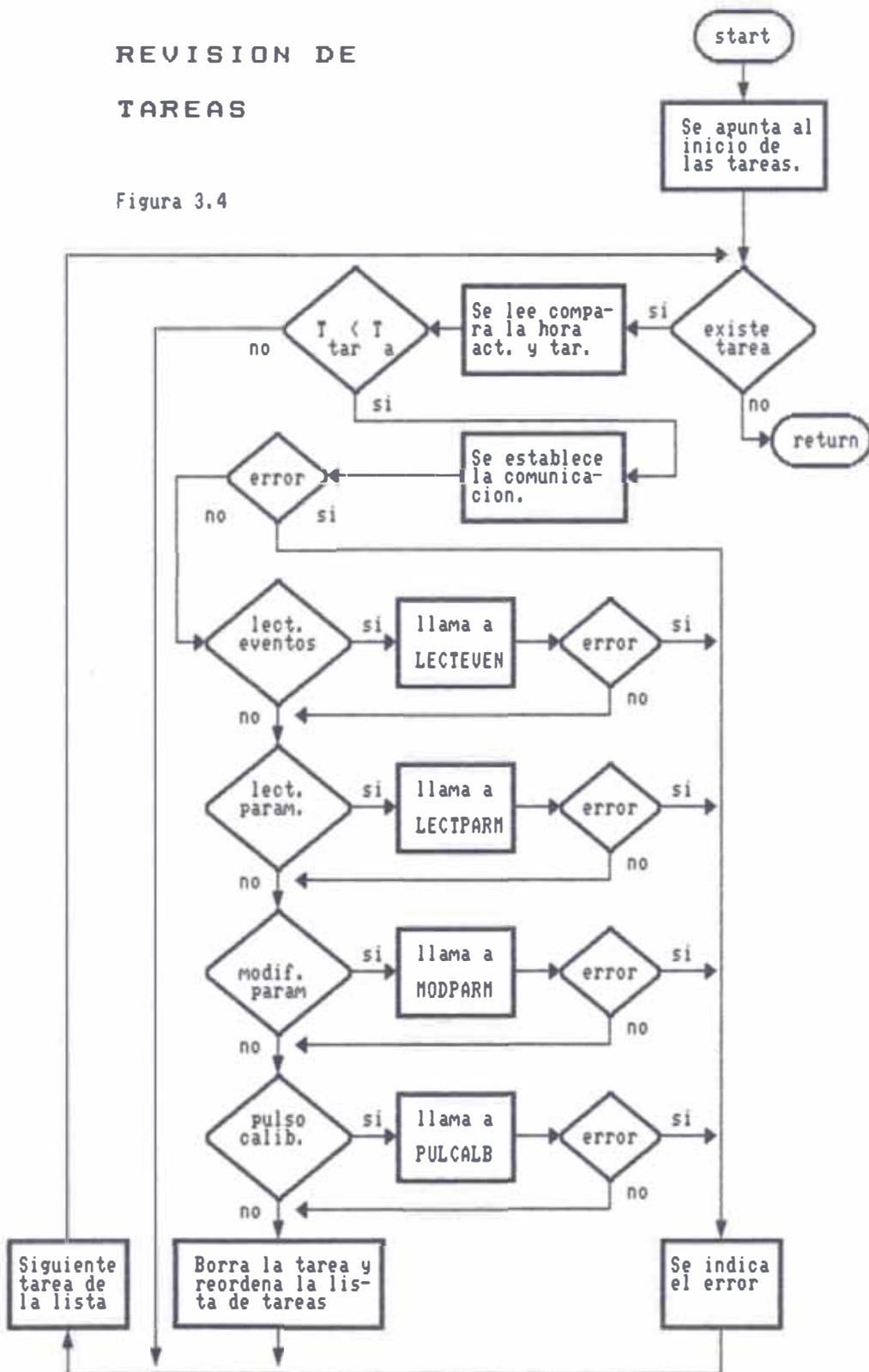
Figura 3.3

El sistema contempla 4 tareas todas indicadas con el séptimo byte: (a) La lectura de eventos se indica con un 1 en el bit b0. (b) La lectura de parámetros se indica con un 1 en el bit b1. (c) La modificación de parámetros se indica con un 1 en el bit b2 y (d) El pulso de calibración se indica con un 1 en el bit b3.

Una vez determinada la tarea a ejecutar se invoca las rutinas respectivas. Las tareas se ejecutarán a partir de la hora señalada con un margen de 2 minutos de retraso máximo. Al retornar de alguna rutina, se verifica si fue bien ejecutada. En caso afirmativo, se borra (cargar con 0 el bit correspondiente) la tarea ejecutada en el byte de tareas. Si todas las tareas relativas a esa estación fueron bien ejecutadas, la tarea en total es borrada y el espacio libre es ocupado por las rutinas que le siguen. Con esto se consigue que las tareas estén juntas, sin registros en blanco entre tareas. Una tarea con error, no es borrada por lo que en la siguiente interrupción, volverá a ser ejecutada. Finalmente, si la rutina no puede ser ejecutada al cabo de cinco intentos, está será inhabilitada para que sea solicitada por el operador al leer las rutinas existentes en la Unidad de Control y decidir al respecto. En la figura 3.4 se ilustra el diagrama de esta rutina.

REVISION DE  
TAREAS

Figura 3.4



### 3.3.2.2 Lectura de Eventos

La Unidad de Control tiene un banco de memoria de 32Kbytes para cada una de las ocho Unidades Remotas. Todos los bancos de memoria ocupan las direcciones del 8000h a FFFFh pero se diferencian por el registro auxiliar de selección. Los eventos se graban a partir de la dirección 8400h. Los 2 primeros bytes (8400h y 8401h) contienen la dirección de inicio de la memoria disponible para la grabación de nuevos eventos. El siguiente byte contiene el número de eventos actualmente almacenados y el cuarto byte contiene el estado del banco de memoria correspondiente a esa estación remota. A partir de la dirección 8404h, se graban los eventos. La estructura de los eventos es como sigue;

- El primer byte indica el inicio de un evento, valor FFh.
- Los 2 siguientes bytes indican el día del año.
- Los bytes 4 y 5 contienen la hora y los minutos de la tarea.
- El 6 byte contiene los segundos en que comenzó el evento.
- Los siguientes 3000 bytes contienen los valores muestreados.
- Por último, se tiene al byte de fin FEh

En la figura 3.1 se aprecia la estructura del bloque grabado por cada evento registrado en la Unidad Remota.

Es necesario que la Unidad de Control indique a la Unidad Remota de que tarea se trata para que ésta ejecute la rutina correspondiente. Al iniciarse la tarea, la rutina de la Unidad de Control envía un byte con todos sus bits en 0 menos el correspondiente a la tarea en ejecución. En este caso se envía el byte 01h. La rutina de lectura espera que la Unidad Remota responda con el mismo byte antes de comenzar a considerar los bytes que recibe como datos. Cada evento es iniciado por el byte de inicio FFh y terminado por el byte de final FEh. Si continúa otro evento, este será iniciado por FFh y así sucesivamente. El final de la transmisión de los eventos, es indicado por 2 bytes de final FEh consecutivos.

Cada nueva lectura de eventos será grabada en la misma area, borrando los datos más antiguos para grabar los nuevos datos. Por lo tanto, es preocupación del operador leer los eventos almacenados en la Unidad de Control por lo menos una vez al día. La figura 3.5 muestra el diagrama de flujo correspondiente a la rutina.

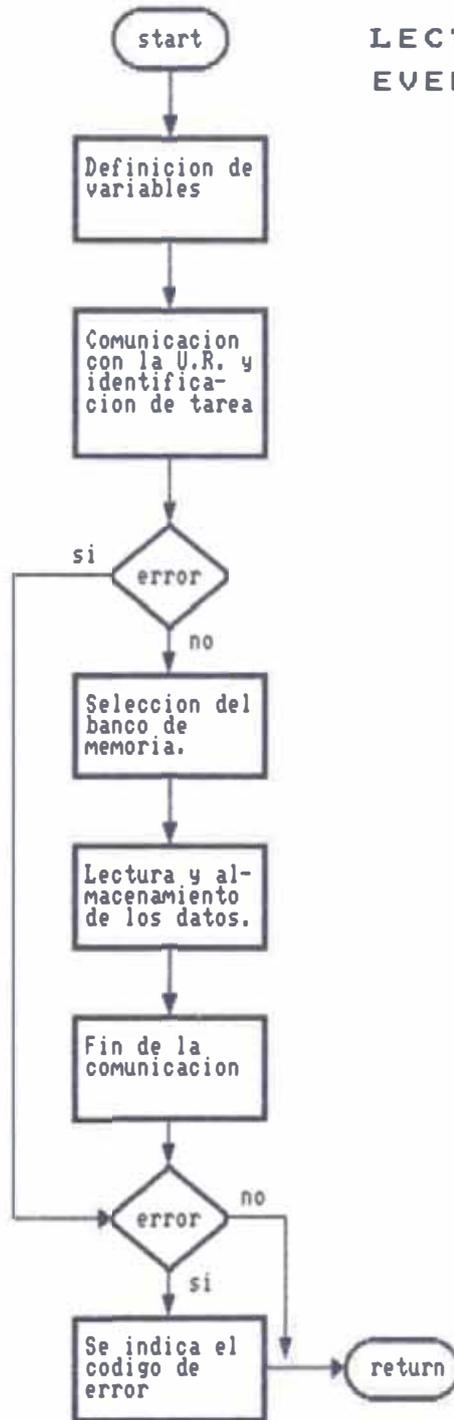
LECTURA DE  
EVENTOS

Figura 3.5

### 3.3.2.3 Lectura de Parámetros

La rutina de lectura de parámetros obedece los protocolos ya mencionados para la lectura de eventos por lo que solo mencionaré sus diferencias. Los parámetros se graban a partir de la dirección 8000h que forma parte de la memoria asociada a una Unidad Remota específica. La estructura de grabación de parámetros se muestra en la figura 3.1 y es como sigue.

- El primer byte indica el inicio del bloque de los parámetros.
- Los 2 siguientes bytes indican el día del año.
- Los bytes 4 y 5 contienen la hora y los minutos de la lectura de los parámetros.
- Los tres siguientes bytes contienen los parámetros leídos y
- Por último, se tiene al byte de fin FEh

Al iniciarse la tarea, la rutina de la Unidad de Control envía el byte 02h para indicarle que ejecute la rutina de lectura de parámetros. La rutina de lectura espera que la Unidad Remota responda con el mismo byte antes de comenzar a considerar los bytes que recibe como datos. Cada evento es iniciado por el byte de inicio FFh y terminado por el byte de final FEh. La rutina termina

con FEh FEh que indican el fin de transmisión de los parámetros.

Cada nueva lectura de parámetros será grabada sobre la anterior por lo que es responsabilidad del operador, revisar los parámetros periódicamente. La figura 3.6 muestra el diagrama de flujo correspondiente a la rutina.

#### 3.3.2.4 Modificación de Parámetros

Al iniciarse la tarea, la rutina de la Unidad de Control envía a la Unidad Remota el byte 04h indicando que ejecute la rutina de modificación de parámetros y espera que ésta le responda con el mismo byte antes de enviar las modificaciones. Se inicia el bloque de parámetros con el byte de inicio FFh seguido por los 3 bytes de parámetros y se termina con los bytes de final FEh FEh que indican el fin de la modificación de parámetros. El proceso se ilustra en el diagrama de la figura 3.7

#### 3.3.2.5 Pulso de Calibración

El pulso de calibración se utiliza para verificar el correcto funcionamiento del sismómetro de cada Unidad Remota. La Unidad de Control sólo envía el byte 08h

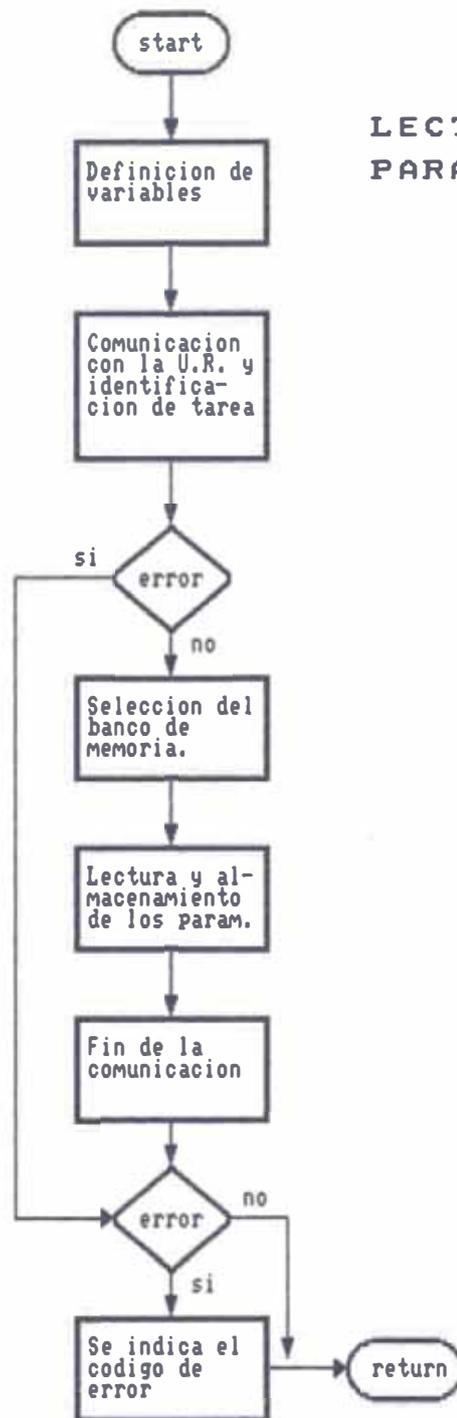
LECTURA DE  
PARAMETROS

Figura 3.6

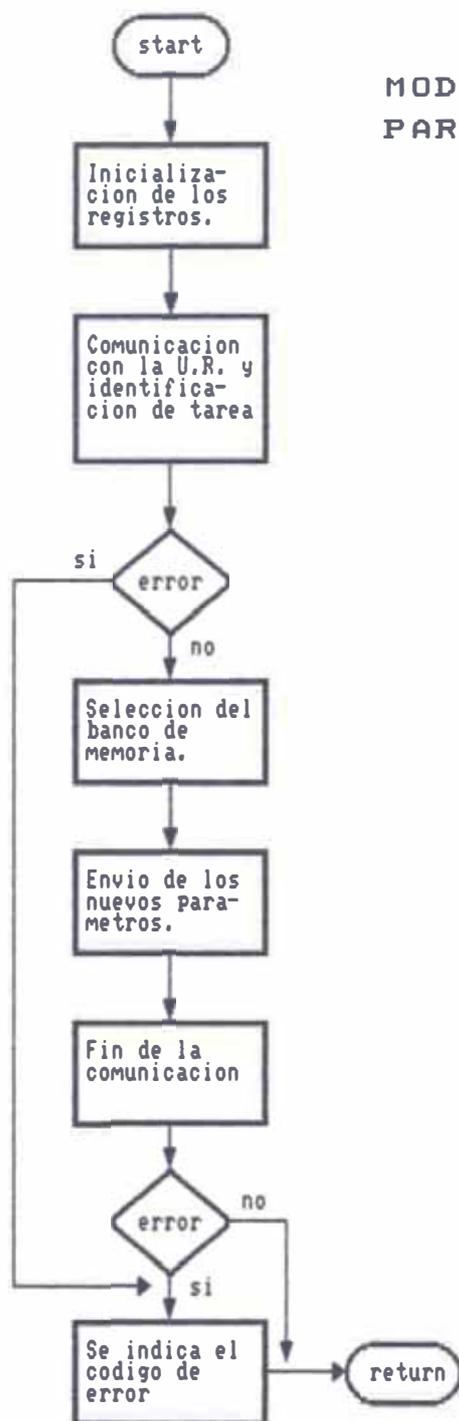
MODIFICACION DE  
PARAMETROS

Figura 3.7

correspondiente a ésta tarea y espera recibir el mismo byte que le indica que la tarea será ejecutada. Al recibir esta orden, la Unidad Remota ejecuta la calibración, que es grabada como un evento cualquiera. El operador sabe que ha solicitado una calibración y es su deber leer y saber interpretar correctamente los datos de la calibración.

Aunque el manejo de las tareas es total responsabilidad del operador, se sugiere que se programe la tarea de calibración unos 3 minutos después de todas las otras tareas y en forma independiente. Con esto se consigue que tanto la Unidad Remota como la Unidad de Control, sólo tengan los datos correspondientes a la calibración. A continuación, se sugiere realizar una lectura de eventos para tener en el computador sólo a la calibración. La figura 3.8 muestra el diagrama de flujo correspondiente.

### 3.3.3 Comunicación con el Computador Personal

Esta rutina es invocada por la interrupción del canal 2 ante la solicitud de comunicación por parte del Computador Personal. El computador inicia la comunicación llevando a 1 el bit de DTR lo que lleva su señal de salida DTR a 0. Esta señal está conectada, como se

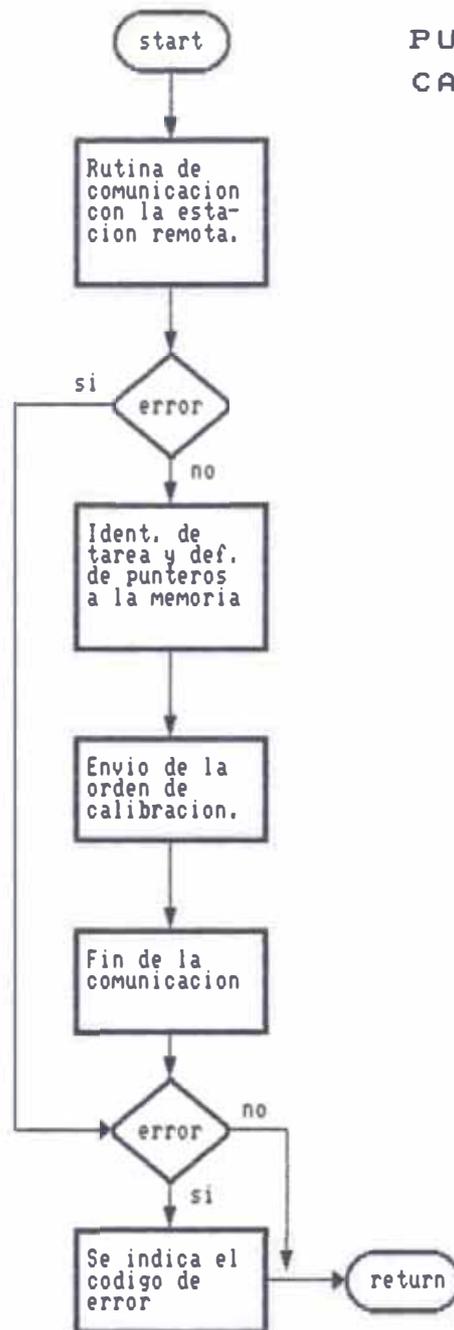
PULSO DE  
CALIBRACION

Figura 3.8

aprecia en el diagrama del circuito en el Apéndice A, a la entrada del canal 2 del controlador de interrupciones, luego de pasar por la interfase inversora 1489 (U43). Todo esto determina que el canal 2 sea activado por el flanco de subida. Esta interrupción inicia la rutina de comunicación con el computador y se continúa con el protocolo estándar de intercambio de las señales DTR, DSR, RTS y CTS.

Establecida totalmente la comunicación, la primera palabra enviada por el computador, indica la tarea a realizar. Cada tarea es identificada por un bit del byte transmitido y en este caso sólo se puede tener una tarea a la vez. A continuación se indican las tareas y los bits que las identifican en la comunicación con el Computador Personal.

- Grabación del número telefónico de una Unidad Remota en la Unidad de Control, bit b0.
- Grabación de las tareas que la Unidad de Control debe realizar, bit b1.
- Envío de los eventos correspondientes a una Unidad Remota al computador, bit b2.
- Envío de los parámetros correspondientes a una Unidad Remota al computador, bit b3.

- Envío del número telefónico correspondiente a una Unidad Remota al computador, bit b4.
- Envío de las tareas por realizar al computador, bit b5.

La figura 3.9 muestra el diagrama de la rutina de atención a la interrupción por parte del computador. A continuación se procede a explicar las tareas de la comunicación con el computador.

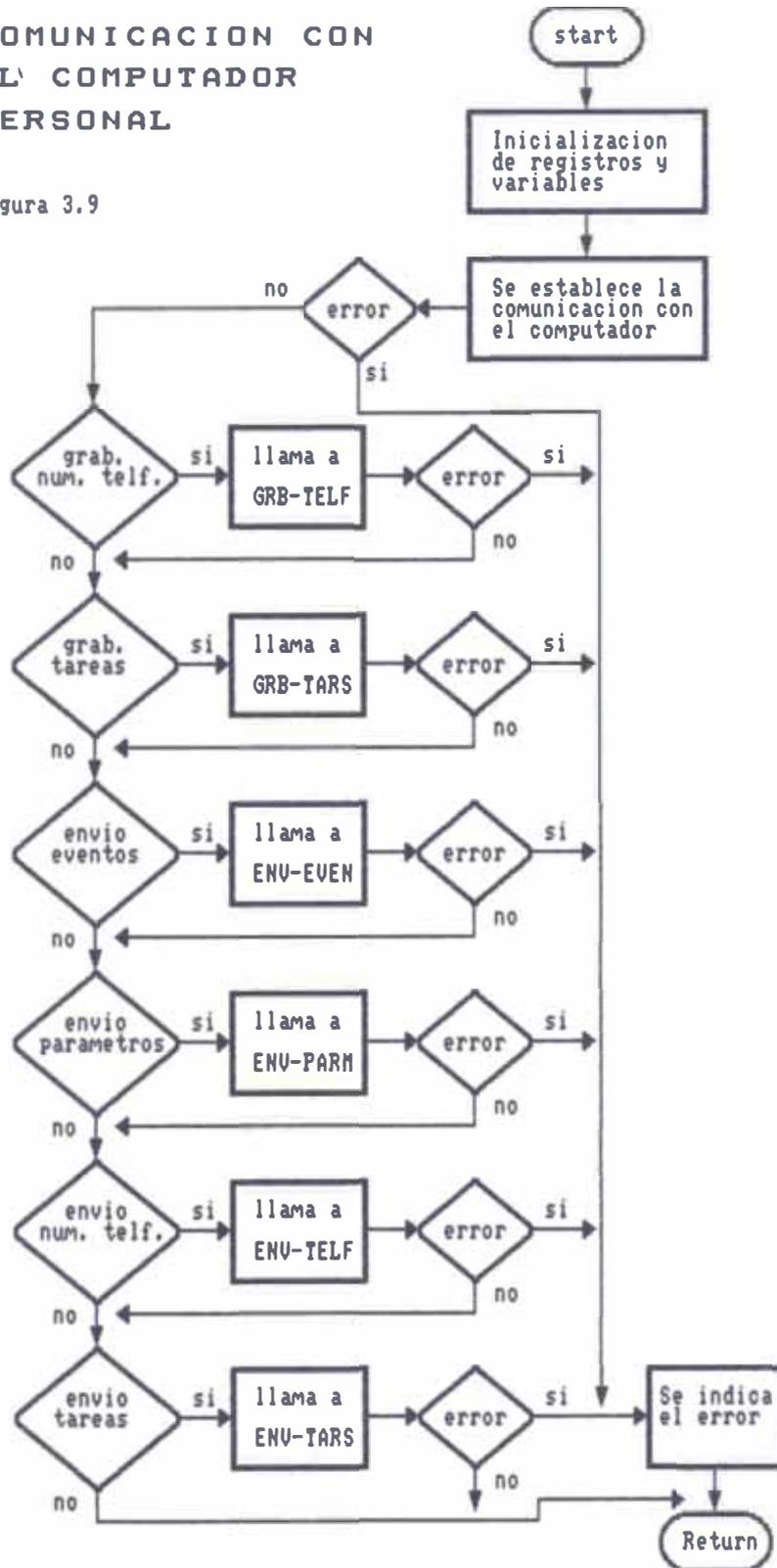
#### 3.3.3.1 Grabación del número telefónico

Al recibir el byte 01h indicando esta tarea, la Unidad de Control contesta enviando el mismo byte 01h con lo que se establece la conversación. El segundo byte indica la Unidad Remota referida y a continuación viene su número telefónico. El tercer byte marca el inicio del número telefónico con FFh. A éste le siguen los dígitos del número telefónico, que pueden ser hasta 15, y por último se tiene FEh FEh que indica el final de la transmisión.

Los números telefónicos son grabados entre las direcciones 6800h y 6900h. Cada número telefónico comienza en una dirección múltiplo de 16. Por ejemplo: el número de la Unidad Remota 0 comienza en 6800h, el de la

COMUNICACION CON  
EL COMPUTADOR  
PERSONAL

Figura 3.9



1 comienza en 6810h y así sucesivamente. En la figura 3.10 se muestra el diagrama de flujo correspondiente.

#### 3.3.3.2 Grabación de Tareas

Al recibir el byte 02h indicando la grabación de tareas, la Unidad de Control contesta enviando el mismo byte (02h) con lo que se establece la conversación. Las nuevas tareas que se envían desde el computador, vienen en bloque. La rutina consiste en tomar ese bloque y grabarlo en el área de tareas, dentro de la Unidad de Control, a partir del registro 6403. Esta grabación se realiza borrando las anteriores tareas. Las tareas tienen el formato de la figura 3.3. FFh siempre indica el inicio y FEh el final. La figura 3.11 muestra el diagrama del proceso.

#### 3.3.3.3 Envío de Eventos

El computador envía el byte 04h indicando que desea que le envíen los eventos de una Unidad Remota y recibe como confirmación de la comunicación el mismo byte. El segundo byte enviado por el computador indica la Estación Remota cuyos eventos se desea recoger. La Unidad de Control procede a enviar los eventos registrados con las mismas características de transmisión con que los recibió

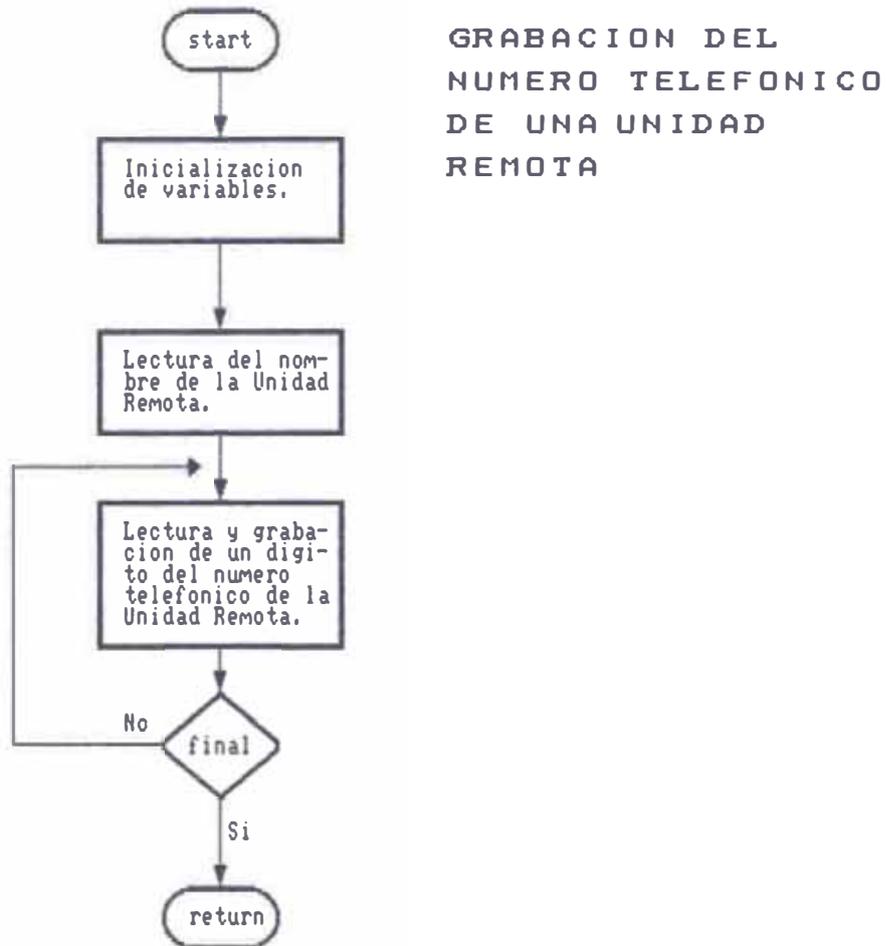


Figura 3.10

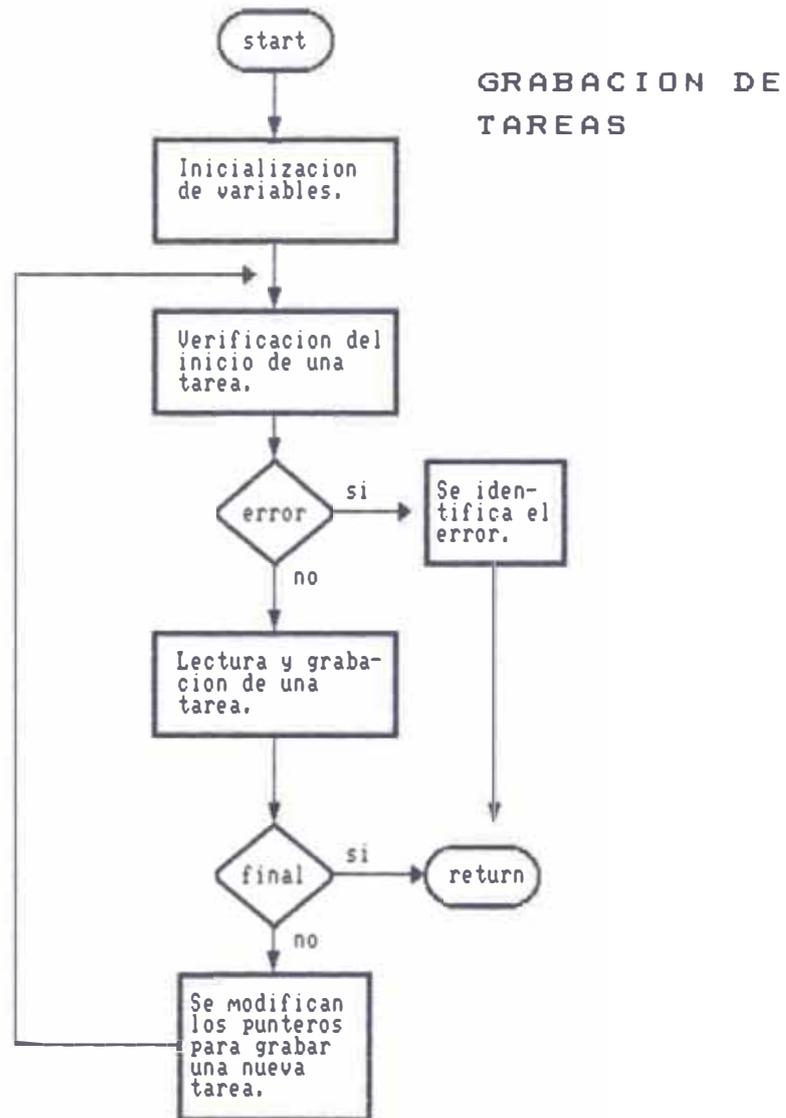


Figura 3.11

de la Unidad Remota. La figura 3.1 muestra la estructura de los eventos grabados. Entre el envío de dos eventos consecutivos, la Unidad de Control espera que el computador procese la información recibida. Para ello la rutina cuenta con un lazo de retardo.

Al terminar la transferencia, el banco de memoria utilizado es inicializado. Todos sus registros son grabados con FEh. La figura 3.12 muestra el diagrama de flujo de la rutina. En caso de que exista un error, los datos son conservados para un posterior envío.

#### 3.3.3.4 Envío de parámetros

El computador envía el byte 08h indicando que desea que le envíen los parámetros de una Unidad Remota y recibe como confirmación de la comunicación el mismo byte. El segundo byte enviado por el computador indica la Estación Remota cuyos parámetros se desea revisar. La Unidad de Control procede a enviar los parámetros registrados con las mismas características de transmisión ya explicadas. La figura 3.1 muestra la estructura de los parámetros grabados. La figura 3.13 muestra el diagrama de flujo de la rutina.

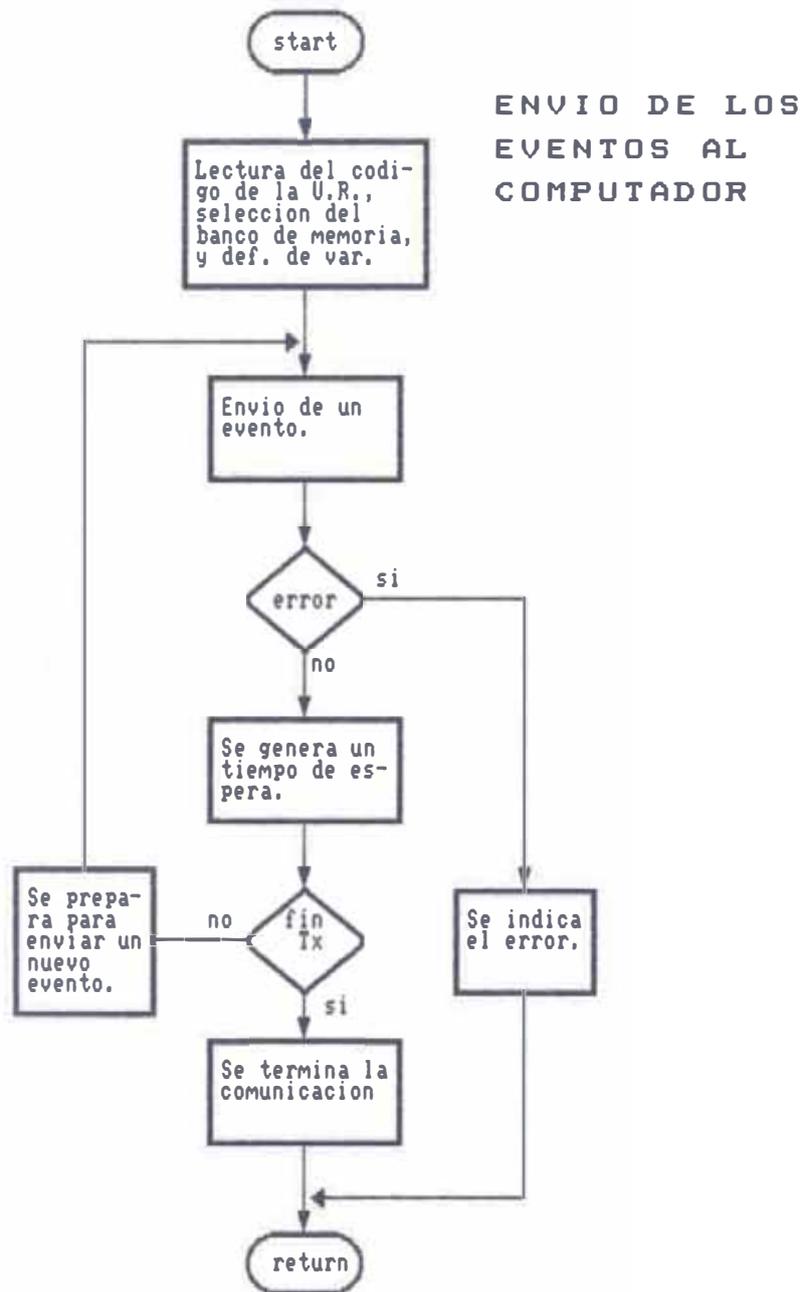


Figura 3.12

ENVIO DE LOS PARAMETROS  
AL COMPUTADOR



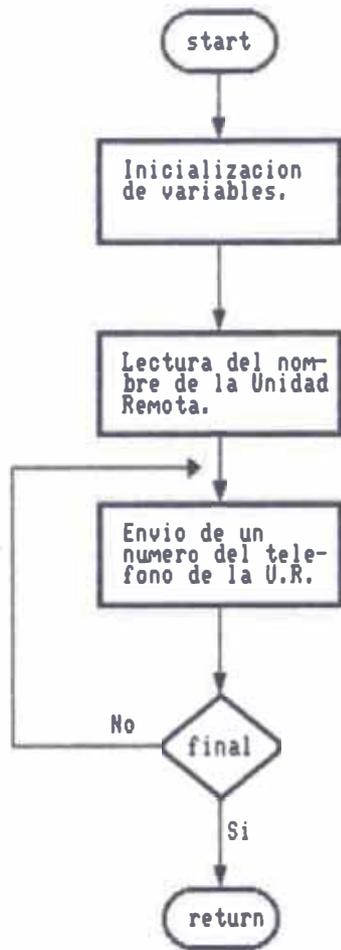
Figura 3.13

### 3.3.3.5 Envío del Número Telefónico

Al recibir el byte 10h indicando esta tarea, la Unidad de Control contesta enviando el mismo byte 10h con lo que se establece la conversación. El segundo byte indica la Unidad Remota cuyo número telefónico debe ser enviado. Ahora le toca a la Unidad de Control enviar el número telefónico de la Estación Remota deseada y lo hace comenzando con el byte de inicio FFh y termina con los últimos bytes FEh FEh. El diagrama de flujo de la rutina se aprecia en la figura 3.14.

### 3.3.3.6 Envío de tareas

Al recibir el byte 20h que indica el envío de tareas, la Unidad de Control contesta enviando el mismo byte 20h. Establecida la comunicación, la Unidad de Control manda las tareas tal como están grabadas. La rutina consiste en tomar ese bloque de tareas y enviarlo al computador. El envío de la palabra FEh FEh indica el fin de la transmisión. La figura 3.15 muestra el diagrama respectivo.



ENVIO DEL NUMERO  
TELEFONICO DE UNA  
UNIDAD REMOTA

Figura 3.14

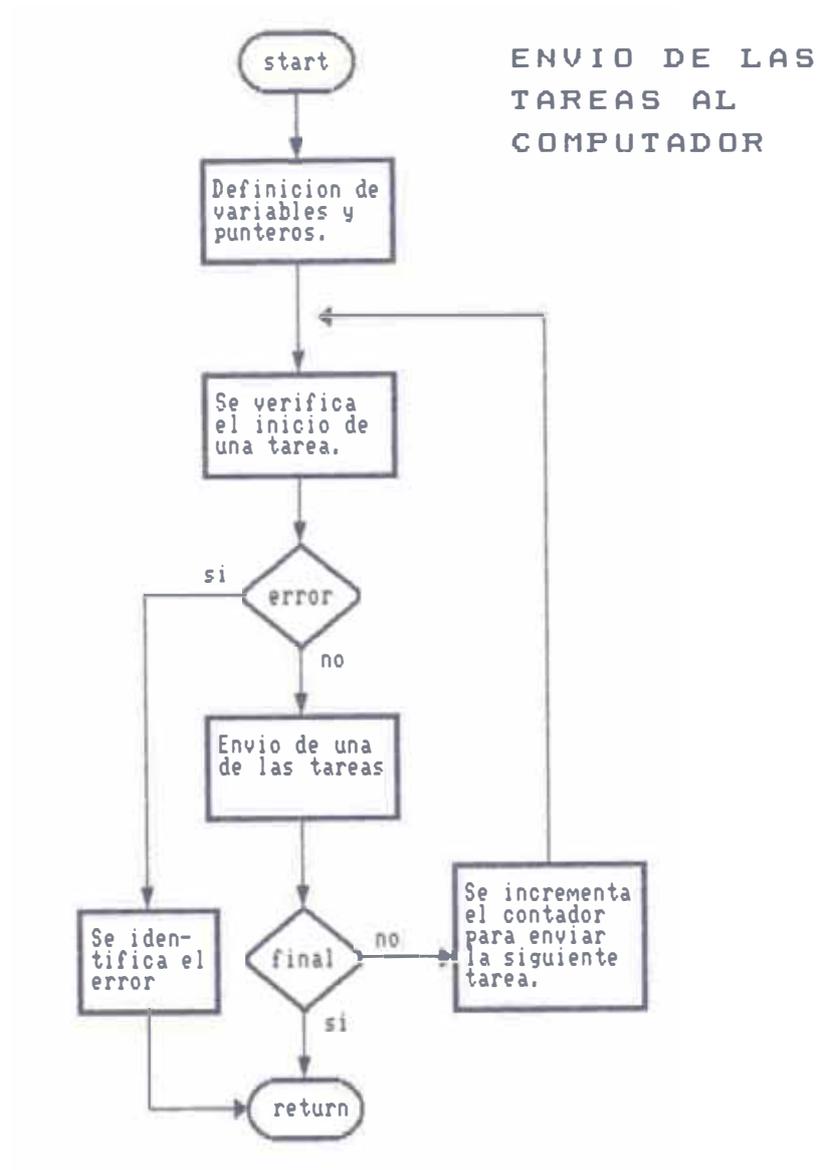


Figura 3.15

## CAPITULO IV

### SISTEMA DEL COMPUTADOR PERSONAL

#### 4.1 Introducción

El Computador Personal actúa como centro de recopilación de datos de la Red Sísmica Telecomandada. Desde esta Estación Central, un operador entrenado en sismología puede controlar las tareas y analizar la información recopilada. El sistema controla la Unidad de Control y mediante esta última a las Unidades Remotas.

Se necesitó un lenguaje que ofreciera un total control de los periféricos y que pudiera brindar facilidades en el manejo de gráficos. Luego de analizar algunos lenguajes, se decidió trabajar en Pascal por ser éste un lenguaje estandard estructurado y fácil de manejar.

El Turbo Pascal, de la compañía Borland International, brinda un total control de los

periféricos, tiene un manejo adecuado de pantallas tanto para textos como para gráficos y acepta algunos comandos del D.O.S. (Disk Operating System). El sistema desarrollado utiliza de las librerías del Turbo Pascal, así como los programas archivos controladores del adaptador de pantalla.

El sistema diseñado requiere de un ambiente adecuado de trabajo. Se necesita un computador tipo I.B.M. AT o XT con disco duro o 2 unidades de disco flexible. El computador debe contar con un circuito Adaptador de Comunicación Asíncrona que permita la comunicación serial con la Unidad de Control. Dicho adaptador debe estar direccionado para operar entre las direcciones 3F8h y 3FEh ya que el sistema así lo requiere.

El sistema está constituido por varios procedimientos. El Menú Principal presenta las opciones iniciales. Estas opciones conducen a subniveles, en los que se presentan nuevas opciones o variables por definir. Seleccionando las opciones, se pueden realizar todas las tareas del sistema. Con la finalidad de simplificar la programación, cada opción está asociada a un procedimiento que se encarga de ella.

El sistema está dividido en 2 grandes partes: 1) Comunicación y 2) Estudio. Todos los programas de comunicación así como el programa principal han sido desarrollados para esta tesis, mientras que los programas de Análisis han sido escrito por los científicos franceses J. Fréchet y F. Thouvenot durante 1989. Dichos científicos realizaron este trabajo para el Instituto de Investigaciones Interdisciplinarias de Geología y Minas, I.R.I.G.M., y tuvieron la gentileza de transmitírselos al Dr. Manuel Chang para su utilización, modificación y mejora dentro del Instituto Geofísico del Perú.

Las explicaciones de los siguientes procedimientos no incluyen los diagramas de flujo respectivos porque se considera que la programación estructurada en Pascal es mucho más clara y fácil de entender que los anteriores procedimientos desarrollados en lenguaje ensamblador. En el Apéndice C se encuentra el listado de los procedimientos. La figura 4.1 muestra la estructura del Sistema en el Computador.

#### 4.2 Programa Principal

El programa principal se encarga de administrar las llamadas a las otras rutinas. En él se definen las

### ESTRUCTURA DEL SISTEMA DEL COMPUTADOR

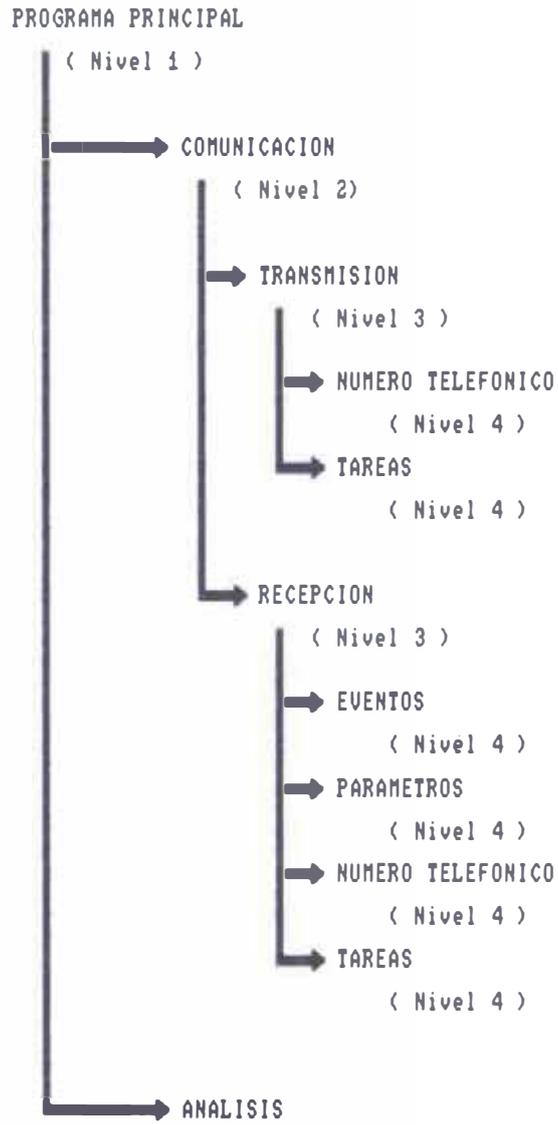


Figura 4.1

variables globales así como las condiciones de compilación utilizadas. El programa principal contiene al resto de subrutinas como procedimientos. Al iniciarse el sistema, aparece el menú principal, con 3 opciones: (0) Retorno al DOS. (2) Comunicación, y (3) Análisis. El operador debe escoger la opción deseada.

La opción (0) Retorno al DOS, marca el fin de la ejecución del sistema. Es la forma correcta de terminar un trabajo y abandonar el sistema. La opción (1) Comunicación, conduce a todas las tareas relacionadas con las Unidades Remotas o con la de Control. Por último, la opción (3) Análisis, permite estudiar los eventos leídos.

#### 4.3 Comunicación con la Unidad de Control

Al seleccionarse la opción (1) del menú principal, se accede al menú de comunicación con la Unidad de Control. Este nuevo menú tiene las opciones de (1) Transmisión, y (2) Recepción. El sistema es rígido y no permite el intercambio continuo de información. Es necesario ejecutar varias rutinas para realizar las tareas deseadas.

#### 4.3.1 Transmisión

El menú de transmisión presenta las rutinas que permiten al operador enviar, desde el computador, datos a la Unidad de Control. El operador envía los números telefónicos que permiten la comunicación entre la Unidad de Control y las Unidades Remotas. Igualmente se transmiten las tareas que la Unidad de Control debe ejecutar.

##### 4.3.1.1 Transmisión del Número Telefónico

Al seleccionarse esta opción, el sistema solicita la estación cuyo número telefónico se desea enviar. Las estaciones son identificadas por los nombres EST00, EST01,..., EST07, donde el número corresponde a la Unidad Remota deseada. A continuación, el sistema solicita el número telefónico que puede tener hasta 15 dígitos.

Continuando, el sistema pregunta si se desea realizar alguna modificación. Con los datos conformes, el sistema pregunta si se desea transmitir o no. Si la respuesta es negativa, entonces el sistema retorna al menú anterior.

Al confirmar la transmisión, el sistema automáticamente ejecuta las rutinas Pro\_prgport y Pro\_inicom, estableciendo así la comunicación.

Esta rutina es identificada por el byte 01h por lo que el computador envía dicho byte. Al recibir el mismo byte de la Unidad de Control, se sabe que se ha establecido la comunicación. El computador procede con el envío del número telefónico. La transmisión es concluida con el envío de los bytes FEh FEh. Continuamente, el sistema indica al operador el paso que viene realizando. Si se genera un error el proceso se interrumpe.

#### 4.3.1.2 Tareas

El menú de tareas permite la digitación de las tareas deseadas. Se necesita digitar el día, la hora y los minutos de realización de la tarea, la estación remota, las tareas a realizar y los parámetros. Se utiliza un formato rígido en el que los campos deben ser definidos. Los datos respetan la estructura de las tareas que se muestra en la figura 3.3. Si no se modifican los parámetros, estos quedan en blanco.

Al terminar la digitación, el programa pregunta si desea modificar algún dato. Si está todo conforme,

pregunta si se realiza la transmisión de tareas. En caso afirmativo, se ejecutan las rutinas correspondientes. Las tareas son grabadas en el archivo Tareas.Red.

La transmisión comienza con las rutinas Pro\_prgport y Pro\_inicom que establecen el contacto físico. A continuación, el computador envía el byte 02h que identifica a la rutina. Luego al recibir el mismo byte 02h, procede al envío de las tareas.

Las posibles tareas que la Unidad de Control puede realizar son: (1) Lectura de eventos por la Unidad de Control (2) Lectura de parámetros (3) Modificación de parámetros y (4) Envío de un pulso de calibración. Estas tareas son seleccionadas respondiendo con un si en caso afirmativo. El programa internamente transforma esta respuesta al bit correspondiente del byte de tareas a ser transmitido.

#### 4.3.2 Recepción

El menú de recepción presenta las rutinas que permiten al operador recibir en el computador los datos de la Unidad de Control. El operador puede recibir los eventos sísmicos grabados, los parámetros, el número telefónico, y/o las tareas de alguna Unidad Remota.

#### 4.3.2.1 Lectura de Eventos

Al acceder a esta opción, el sistema solicita el ingreso del nombre de la Unidad Remota deseada. A continuación pregunta si desea realizar la lectura. En caso negativo, la rutina es abandonada.

Si la respuesta es positiva, se establece la comunicación con la Unidad de Control, ejecutando las rutinas de comunicación. A continuación, se transmite la identificación de la tarea enviando al byte 04h. Luego se identifica la Estación Remota seleccionada. Una vez establecida la comunicación, se procede a la transferencia de la información.

La transferencia de eventos sísmicos, genera un archivo cuyo nombre indica la fecha del evento. El formato es como sigue AAMMDDOO, representando el año, el mes, el día y el orden, respectivamente. Este archivo será posteriormente utilizado al realizarse el estudio de los eventos. Los datos leídos son valores binarios por lo que deben ser convertidos a números decimales para su futura utilización.

#### 4.3.2.2 Lectura de Parámetros

El sistema solicita el ingreso del nombre de la Unidad Remota deseada. Luego pregunta si desea realizar la lectura. En caso negativo, la rutina es abandonada.

En caso afirmativo, se establece la comunicación con la Unidad de Control. A continuación, se identifica la tarea con el byte 08h. Una vez establecida la comunicación, se procede a la transferencia de la información.

Si la transmisión es correcta, los parámetros recibidos son mostrados en la pantalla. De generarse un error, éste será informado y el operador deberá reiniciar la transferencia.

#### 4.3.2.3 Lectura del Número Telefónico

El sistema solicita el nombre de la Unidad Remota deseada. Este paso es seguido por una confirmación de la comunicación. En caso afirmativo, el sistema establece el contacto ejecutando las rutinas de comunicación. La lectura del número telefónico, es identificada con el envío del byte 10h. Si el contacto fue satisfactorio, la Unidad de Control envía el número al computador. La

recepción es concluida con el envío de FEh FEh por parte de la Unidad de Control. En caso de error, éste será indicado. En el caso de una recepción correcta, el número telefónico será mostrado en la pantalla.

#### 4.3.2.4 Lectura de Tareas

En este caso, el operador no confirma la realización de la lectura. El contacto se establece de manera similar a las anteriores. La tarea es identificada por el byte 20h. Establecido el contacto, la Unidad de Control transmite las tareas almacenadas al computador. El computador las almacena en un archivo Tareas.red y son mostradas en la pantalla.

#### 4.4 Análisis de Eventos

Esta parte del sistema fue desarrollado en su gran mayoría por los científicos franceses ya mencionados. Por tratarse de propiedad privada, no es posible incluir los listados de estas rutinas en la presente tesis. El programa desarrollado en Pascal, permite ver las curvas y determinar el arribo de las ondas P y S, como se muestra en el capítulo 1.

Al ingresar a la opción de Análisis, se accede a un menú en el que se muestran los diferentes eventos grabados. Con las teclas directrices se selecciona un evento. En la gráfica seleccionada se puede ubicar las ondas sísmicas con gran facilidad. El gráfico obtenido permite el estudio del evento. La flexibilidad en el manejo de la información ayuda notablemente a los sismólogos, que deben realizar un estudio detallado de los movimientos registrados.

El tiempo transcurrido entre el arribo de la fase P y la fase S permite el cálculo de la distancia entre la estación remota y el epicentro. Con la información registrada en 3 estaciones se obtiene, por intersección de círculos, la ubicación exacta del epicentro.

## CONCLUSIONES

La Universidad Nacional de Ingeniería, reconocida por su calidad en la enseñanza, tiene un gran compromiso con el País. La Universidad debe formar Ingenieros de alto nivel técnico, capaces de crear, capaces de ofrecer soluciones prácticas. En estos momentos difíciles, los peruanos debemos trabajar juntos para solucionar nuestros problemas.

El Instituto Geofísico del Perú ha comprendido que debe utilizar el gran potencial existente en el país y así contribuir al crecimiento del Perú. Ante la necesidad de mejorar el estudio de la sismología, nació este proyecto de diseño de una Red Sísmica Telecomandada. La tesis presentada comprende el diseño de la Estación Central de Control, primera parte del proyecto.

Las necesidades del I.G.P. presentaron un problema de ingeniería que debía incluir soluciones prácticas. Con los recursos existentes en el país, las facilidades del

Instituto, algunos circuitos existentes y desarrollando otros, se pudo diseñar esta Estación Central de Control.

La ejecución de este trabajo implicó superar grandes dificultades. No se contó con los recursos económicos, técnicos, ni bibliográficos deseados. Con gran esfuerzo se pudo completar este estudio tan importante para el I.G.P. y para el país.

La Estación Central de Control presenta entre sus características más importantes las siguientes:

- El diseño de la Unidad de Control permite que no se requiera de un computador dedicado, lo que si es necesario en versiones de países más avanzados. El computador AT utilizado, puede realizar en nuestro sistema otros trabajos mientras la Unidad de Control se encarga de administrar las tareas y controlar los periféricos. Es posible además, apagar el computador durante la noche ya que la Unidad de Control se encarga del trabajo.

- El uso de la línea telefónica comercial permite la comunicación vía módem con las Unidades Remotas, de una manera económica y con tecnología que se encuentre a nuestro alcance. La línea telefónica hace flexible al

sistema al permitir que las Unidades Remotas sean ubicadas, en su mayor parte, según los requerimientos de la sismología del país.

- Se tiene una resolución de 12 bits más signo. Cada muestra es codificada en 2 bytes. En dos de los bits sobrantes se indica la amplificación de la muestra. La información así codificada presenta un mayor rango dinámico, permitiendo mayor precisión en el tratamiento de la información sísmica.

El operador desde el computador de la Estación Central, puede variar la amplificación y los parámetros de filtrado en la Unidad Remota. Se trata de una innovación interesante que evita que se tenga que viajar hasta la Unidad Remota sólo para ajustar sus parámetros.

- La necesidad de disponer de una mayor cantidad de memoria RAM direccionable, hizo que se llegue a la solución de los bancos de memoria. En sistemas como este que no requieran una gran rapidez de procesamiento, esta solución es válida. Mediante software se elige el banco de memoria que se desea utilizar.

- Los costos obtenidos en el diseño permiten ver con optimismo el futuro del proyecto. La primera Red Sísmica

Telecomandada será instalada en el norte del país. Se estima que una Estación Central de Control costará aproximadamente \$1760.00 inferior al 45% del costo de un sistema similar importado con menores recursos que nuestro sistema desarrollado.

La Unidad de Control basada en tecnología TTL, presenta un consumo inferior a los 11 Watts.

La importancia de contar con una nueva Red Sísmica Nacional ha despertado el interés de la Cooperación Técnica del Gobierno de Francia, que ha aprobado muy recientemente financiamiento para el entrenamiento de dos ingenieros, en Sismología y en Instrumentación, así como la donación de equipos sísmicos de campo.

## BIBLIOGRAFIA

- Allsopp D.F., Burke M.D., Cumming G.L., 1972, A Digital Seismic Recording System, Bull. Soc. Seism. Amer., 72(6):S225-S242.
- Brown L.F., Fisher W.L., 1982, Seismic Stratigraphic Interpretation and Petroleum Exploration, AAPG Bookstore, USA, 125p
- Coffron James W., 1983, Z80 Applications, SYBEX Inc, USA, 295p
- Edginton Brian, 1987, Installing Memory-Resident Programs with C, BYTE, USA, March, pp 129 - 316
- Encyclopedia Britannica, 1972, Vol. 20, William Benton Publ., EEUU, pp. 174 - 179
- Gadea Teodoro, 1977, Aplicación del Método Sísmico Digital en la Exploración por Petróleo, Bol. de la Soc. Geol. del Perú, Perú, pp. 13 - 34
- Gofton Peter W., 1987, Techniques de Communication Serie sur PC et Compatibles, Sybex, Paris, 325p
- Green R., 1973, A Portable Multi-Channel Seismic Recorder and Data Processing System, Bull. Soc. Seism. Amer., Abril, 63(2): 423-431
- Kisslinger C., 1967, Lecture Notes on Seismological Instrumentation, International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Tokio, 103p
- Lathi B.P., 1983, Introducción a la Teoría y Sistemas de Comunicación, Limusa, Mexico, 409p
- Mery Domingo, 1988, Diseño y Construcción de un Sismógrafo Digital Portatil y de Bajo Costo con Capacidad de Detección Automática de Eventos, Tesis de Ingeniero. Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, 196p

- Michel Beniot, Beniot Michel, 1988, PC, XT, el AT: Maintenance et Amelionations, Ed. B.C.M.s.c., France, pp. 139 - 155
- Microcommunications Handbook, Components, Boards, Systems, Software for Microcomputer Communications, 1987, Intel Literature, USA, pp. 2.1 - 2.25
- Microprocessor and Periferal Handbook, Volume II Periferal, 1987, Intel Literature, USA, pp. 2.87-2.109
- Microprofessor I Plus: User's Manual, 1983, Multitech, Taiwan, 180p
- Morgan Christopher, Waite Mitchell, 1982, 8086 8088 16Bit Microprocessor Primer, BYTE McGraw-Hill, USA,
- Nichols Elizabeth A., Nichols Joseph C., Rony Peter R., 1981, Programación del Microprocesador Z-80, Marcombo, España, 309p
- Norton Peter, 1987, Guia del Programador para el IBM PC, Anaya Multimedia S.A., Madrid,
- Nueva Geografía Marin, 1964, Editorial Marin S.A., España, pp. 110 121
- Selley Richard C., 1983, Petroleum Geology for Geophysicists and Engineers, International Human Resources Development Corp., EEUU, 88p
- Silva Sáenz Omar Miguel, 1989, Diseño de una Nueva Red Sísmica Nacional con la Utilización del Mayor Potencial de las Telecomunicaciones en el Perú, Tesis de Ingeniero. Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, 131p
- Super Modem External User Manual, 1986.
- Tedeschi Frank P., Colon Robert, 1983, 101 Projects for the Z80, Tab Books, USA, 358p
- Turbo Pascal Owner's Handbook version 4.0, 1987, Borland International, USA, 636p
- Zaks Rodney, 1980, How to Program the Z80, Sybex Inc., USA, 624p