

38  
2017



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN  
SISTEMA DE SEÑALIZACION PARA  
LA INSTRUMENTACION DE LA CENTRAL  
HIDROELECTRICA ZIMAPAN HGO.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO-ELECTRICISTA  
(AREA ELECTRICA Y ELECTRONICA)**

**P R E S E N T A N :**

**CASTELAN PESQUERA JOSE GILBERTO  
GONZALEZ PRADO JAVIER  
PEÑA BASILIO GREGORIO**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**M. I. LUIS ALBERTO BEDOYA PRADA**



**MEXICO D.F.**

**1996**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



**Agradecemos el apoyo brindado por parte  
de la Gerencia de Ingeniería Experimental y  
Control de la Comisión Federal de Electricidad  
para la realización de este trabajo.**

## INDICE TEMATICO

I.- INTRODUCCIÓN .....	1
II.- INSTRUMENTACIÓN DE GRANDES PRESAS .....	2
2.1 Objetivos de la instrumentación .....	2
2.2 Variables a medir en una presa .....	4
2.3 Características de un instrumento geotécnico .....	5
2.4 Procedimiento general de instrumentación geotécnica .....	5
2.5 Métodos actuales de instrumentación para grandes presas en México .....	7
2.6 Interpretación de las mediciones .....	8
2.7 Instrumentación automatizada en grandes presas .....	9
III.- SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN AUTOMATIZADA DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE ZIMAPAN , HIDALGO .....	11
3.1 Generalidades .....	11
3.2 Descripción de la red de instrumentación automatizada .....	11
3.3 Parámetros de control .....	13
3.4 Especificaciones técnicas del sistema automatizado .....	14
3.5 Distribución del sistema de instrumentación .....	22
3.6 Sistema de alarmas .....	23
IV.- DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA .....	24
4.1 El microcontrolador MC68HC11A1 .....	25
a) arquitectura .....	25
b) modos de operación .....	27
c) mapa de memoria .....	28
d) convertidor analógico/digital .....	31
4.2 Señales de entrada (alarma) .....	32
4.3 Dispositivos de almacenamiento de datos .....	37
4.4 Dispositivos de despliegue .....	41
a) visualizador de la fecha, hora y estado de alarmas .....	41
b) visualización del nivel de embalse .....	44
1.-Indicador del nivel de embalse en display de 7-segmentos .....	44
2.-Indicador gráfico del nivel del embalse en barra de LEDS .....	46
c) Indicadores de estado de alarmas .....	52
4.5 Sensor de temperatura .....	56
4.6 Reloj-fechador de tiempo real .....	57

4.7 Características del circuito oscilador de 60 Hz .....	60
4.8 Panel de control .....	61
<b>V.- CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE SEÑALIZACIÓN DE ALARMAS .....</b>	<b>64</b>
5.1 Diseño del esquema del tablero .....	64
5.2 Circuitos electrónicos del sistema .....	66
5.3 Pruebas preliminares de funcionamiento .....	68
5.4 Elaboración de los diagramas electrónicos y diseño de las tarjetas para circuito impreso, utilizando software especializado .....	69
5.5 Construcción del tablero .....	69
5.6 Pruebas finales de funcionamiento en laboratorio .....	72
5.7 Diseño y construcción del sistema de soporte del tablero .....	72
<b>VI.- DESARROLLO DE LA PROGRAMACIÓN ASOCIADA AL SISTEMA .....</b>	<b>75</b>
6.1 Diagrama de flujo y descripción de operación de cada subrutina utilizada .....	77
a) Subrutina de inicialización del display .....	77
b) Subrutina de conversión hexadecimal a BCD .....	78
c) Subrutina del reloj-fechador .....	80
d) Subrutina del medidor de temperatura .....	80
e) Subrutina para manejo y control de alarmas .....	83
f) Subrutina de registro y despliegue del nivel del embalse .....	85
g) Subrutina del panel de control .....	86
<b>VII.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA .....</b>	<b>88</b>
<b>VIII.- INSTALACIÓN DEL TABLERO .....</b>	<b>89</b>
<b>IX.- COMENTARIOS Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>92</b>
<b>X.- BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>94</b>
<b>XI.- ANEXOS .....</b>	<b>95</b>
11.1 Diagramas electrónicos y lista de material .....	95
11.2 Especificaciones técnicas de los principales circuitos utilizados .....	110

## I. INTRODUCCIÓN

La instrumentación constituye para la ingeniería una valiosa herramienta que permite realizar procesos de manera confiable y segura. En la industria o en cualquier campo, el ingeniero tiene la responsabilidad de vigilar la evolución y el comportamiento de los procesos, por lo que requiere de la cuantificación de las variables involucradas para tomar las decisiones adecuadas cuando se presentan problemas.

Las áreas donde más se aplican sistemas de instrumentación sofisticados para la determinación de variables físicas lo constituyen las industrias, por ejemplo las industrias textiles, las petroquímicas, las automotrices, las de alimentos, etc. Este tipo de instrumentación comercial ha presentado un notable avance tecnológico con sistemas automatizados de medición y control, principalmente en el área de la electrónica, la computación, las comunicaciones y la robótica, logrando alcanzar mayor eficiencia, calidad y productividad; así como mayor seguridad en la realización de los procesos.

El campo de la instrumentación Geotécnica es de suma importancia ya que permite cuantificar las variables físicas que determinen el comportamiento dinámico y estático de las estructuras que estén en contacto con suelos y rocas, tales como: las presas, túneles y puentes que son grandes estructuras que demandan una vigilancia constante de parámetros o variables que pueden resultar críticos para su seguridad.

En cuanto a los sistemas de instrumentación para grandes presas su evolución tecnológica ha sido muy lenta en comparación con los sistemas de instrumentación industriales. Actualmente la mayoría de las presas más importantes cuentan con sistemas de instrumentación con instrumentos del tipo analógico y en muchos casos obsoleto, que necesariamente requieren de brigadas con técnicos dedicados a realizar las mediciones, lo que hace costoso tanto los procesos de medición como de mantenimiento.

La Comisión Federal de Electricidad adquirió un sistema de instrumentación automatizada para instalarlo en la cortina de la presa de la Central Hidroeléctrica de Zimapán en el estado de Hidalgo, y se ha observado una mejora global en los procesos de medición y análisis de resultados en comparación con los métodos tradicionales.

Para completar el sistema de instrumentación automatizado que se instaló se requería adquirir algún medio por el cual se pudiera vigilar el estado de la instrumentación en un sólo lugar para rápidamente detectar fallas de los instrumentos y alertar sobre mediciones que indiquen estados críticos de variables, para tomar de manera inmediata las acciones convenientes y prevenir incidentes graves.

El propósito de este trabajo es presentar el diseño, la implementación y la construcción de un sistema de señalización para la vigilancia del estado de la instrumentación automatizada de la Central Hidroeléctrica de Zimapán. El sistema está constituido por un tablero de señalizaciones, donde se indican los estados críticos de las variables más relevantes así como los estados de operación de los instrumentos, mediante la activación de alarmas en forma visual y acústica.

En los capítulos dos y tres se describen los objetivos y las características de la instrumentación de grandes presas y el sistema de auscultación de la presa Zimapán. En los capítulos cuatro y cinco se realiza una descripción detallada del diseño y la construcción del sistema desarrollado en esta tesis, que es el tablero de señalización para el monitoreo del estado de instrumentos y despliegue del nivel del embalse. En el capítulo seis se presenta la programación del sistema.

En el capítulo siete se dan las especificaciones técnicas y en el capítulo ocho se describe el proceso de instalación del sistema. Finalmente en el capítulo nueve se dan los comentarios y las conclusiones de la realización de esta tesis.



## II. INSTRUMENTACIÓN DE GRANDES PRESAS

### 2.1 Objetivos de la instrumentación

La seguridad es uno de los aspectos más importantes que deben ser considerados de manera permanente en la realización de cualquier actividad, es por ello que en el campo de las estructuras este aspecto es de vital importancia ya que se involucran vidas humanas y bienes materiales.

Para la generación de energía eléctrica hacia grandes ciudades o para el abastecimiento de agua de riego para grandes extensiones de tierra de cultivo es necesario la construcción de una gran presa, la cual esencialmente está constituida por una gran estructura llamada cortina y lo que se conoce como embalse que es la extensión del volumen de agua contenida.

La cortina de una presa soporta el almacenaje de millones de metros cúbicos de agua, por lo que se mantiene sujeta permanentemente a cargas estáticas y dinámicas y ocasionalmente a choques de origen sísmico, estos efectos ocasionan con el transcurso del tiempo variaciones en sus parámetros estructurales y geotécnicos. Para garantizar la seguridad de la estructura es necesario vigilar que dichos parámetros no rebasen los límites de tolerancia pre establecidos en el diseño y no se presenten fallas en la estructura.

Los parámetros estructurales de interés a verificar mediante instrumentación en grandes presas se refieren básicamente a la determinación de deformaciones en diversos puntos del cuerpo, apoyos y juntas de la estructura. En cuanto a los parámetros geotécnicos de interés para medir, comprenden los efectos de carga de la estructura sobre los contactos geológicos (puntos de apoyo en las laderas y cimentaciones), esto debido a que los suelos y rocas que están en contacto con la estructura son materiales complejos, cuyo comportamiento está influenciado por diversos y numerosos factores, desde su origen y formación, hasta los efectos del tiempo y esfuerzos.

Actualmente existen sistemas a base de equipos de instrumentación para la medición de parámetros estructurales y geotécnicos de grandes presas desde las etapas de construcción hasta su terminación y durante su vida útil. La vigilancia de dichos parámetros garantizarán la seguridad y el control de la estructura.

La instrumentación proporciona información cualitativa y cuantitativa que permite adecuar y balancear los diseños geotécnicos y estructurales de manera racional para lograr seguridad y eficiencia.

La instrumentación se diseña con base en la práctica actual de la especialidad, teniendo en cuenta el tipo de presa, las características geológicas, topográficas y geométricas del proyecto, las hipótesis y resultados del cálculo de diseño de la estructura, así como también el comportamiento esperado de la misma, por lo que no es posible estandarizar la instrumentación que se instale en una presa.

El éxito de un proyecto de instrumentación depende de un considerable trabajo de ingeniería y planeación, de la participación de personal capacitado en todos los niveles y de seguir un proceso sistemático desde la planeación hasta el análisis de resultados.

El Comité Internacional de Grandes Presas (ICOLD), establece tres objetivos principales de la instrumentación:

- Conocer el comportamiento de las obras bajo las condiciones de carga normales o extraordinarias (como los sismos), con el fin de evaluar su seguridad.
- Detectar oportunamente problemas o deficiencias en el comportamiento de presas y sus cimentaciones durante la construcción y operación posterior, para corregirlas oportunamente.
- Obtener conocimientos que permitan mejorar el diseño y construcción de presas, reduciendo costos sin demérito de la seguridad de las estructuras y cimentaciones que se construyan en el futuro.

## **2.2 Variables a medir en una presa**

Los sistemas de instrumentación implementados darán los valores de las variables que de acuerdo a los estudios y experiencias son claves para el conocimiento del comportamiento estructural de la cortina de una presa, dichas variables son las siguientes:

- Niveles y presiones de agua
- Presión de poro
- Presiones totales dentro de la masa de suelo o roca
- Asentamiento de la superficie.
- Desplazamientos
- Giros
- Deformaciones
- Desplomes

- Temperatura
- Vibraciones
- Aceleraciones
- Caudales de agua
- Abertura o cierre de grietas o juntas

La distribución de los equipos de instrumentación considera la medición de estas variables en todos los puntos de interés dentro de la estructura así como en sus contactos geológicos, usualmente se utiliza un tipo de instrumento para la medición de cada variable.

### **2.3 Características de un instrumento geotécnico**

La principal cualidad que debe tener un instrumento de medición sobre cualquier otra es la **CONFIABILIDAD**, para lograrlo es necesario que se reúnan las siguientes características:

- Máxima simplicidad
- Repetibilidad
- Exactitud y estabilidad en las lecturas
- Durabilidad
- Resolución y facilidad de lectura
- Mínima interferencia con el entorno
- Robustez y resistencia al medio ambiente hostil
- Facilidad de instalación y uso
- Poco sensible a efectos de tiempo

Actualmente existe en el mercado una gran cantidad de proveedores de instrumentos geotécnicos confiables y de calidad.

### **2.4 Procedimiento general de instrumentación geotécnica.**

Todo proyecto de instrumentación por sencillo que parezca requiere seguir una metodología planeada y sistemática para obtener buenos resultados. Esto involucra como primer paso que esté dirigido por un ingeniero con conocimientos y experiencia suficiente para llevarlo a cabo, coordinando y normando criterios de todos los grupos de personas involucradas en cada etapa, para lo cual formula un Documento-Programa el cual contiene los objetivos y todos los detalles de la planeación del proyecto.

La metodología para llevar a cabo un proyecto de instrumentación contempla dos fases: planeación y ejecución.

La planeación incluye los siguientes aspectos:

- Definir las condiciones geológicas del sitio y las características de la obra.
- Anticipar los mecanismos que controlan el comportamiento.
- Definir las incógnitas geotécnicas y estructurales que deben responderse mediante la instrumentación.
- Definir los objetivos de la instrumentación.
- Seleccionar los parámetros que serán medidos.
- Predecir las magnitudes máximas y mínimas de los cambios de las variables.
- Prever acciones correctivas en caso de detectar anomalías.
- Asignar tareas para todas las etapas del proyecto, desde el diseño hasta el análisis.
- Seleccionar los instrumentos.
- Seleccionar los sitios donde serán instalados los instrumentos.
- Planear el registro de factores que pudieran influir en los datos medidos.
- Listar el objetivo específico de cada instrumento.
- Escribir la memoria detallada del diseño de la instrumentación.
- Definir y obtener el presupuesto.
- Seleccionar el método de implementación (contratación).
- Escribir las especificaciones para la adquisición de instrumentos y materiales.
- Escribir los procedimientos para la correcta instalación de los instrumentos.
- Programar y calendarizar la instalación en función del avance de la construcción.
- Planear la calibración y mantenimiento regular de los instrumentos.
- Establecer los procedimientos para asegurar la correcta toma de lecturas.
- Planear la medición en función de la fase constructiva de la obra y de las anomalías que sean detectadas
- Planear el proceso, la presentación, el análisis y el reporte de los datos.
- Escribir las especificaciones para contratar los servicios de la instrumentación de campo.
- Actualizar los presupuestos y elaborar los contratos.

La fase de ejecución incluye:

- Adquirir los instrumentos.
- Instalar los instrumentos.
- Calibrar y conservar en buen estado los instrumentos.
- Realizar la medición de acuerdo con el programa establecido.
- Procesar y presentar los datos.
- Escribir los informes del análisis y las conclusiones de la interpretación de los datos.

En un buen diseño de instrumentación no se deben tener instrumentos en exceso, ya que representa un desperdicio de recursos económicos, por lo que la regla básica para diseñar con éxito la instrumentación de una obra es que todo instrumento debe ser seleccionado e instalado para responder a una incógnita específica.

## 2.5 Métodos actuales de instrumentación para grandes presas en México

Actualmente los sistemas de instrumentación para grandes presas en México principalmente los de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y los de la Comisión Nacional Del Agua (CNA), que son las instituciones que construyen las presas más grandes en nuestro país para la generación de energía eléctrica, para abastecimiento de agua para consumo humano y para riego de tierras de cultivo, tienen como objetivo conocer el comportamiento de las estructuras para verificar las hipótesis de diseño, introducir los cambios que sean necesarios durante el proceso de construcción y detectar oportunamente cualquier anomalía que se presente con el fin de corregirla. Con lo anterior se mejoran los diseños de nuevas presas y se tienen elementos de juicio para evaluar la seguridad de la obra durante su vida útil teniendo en cuenta que en México las estructuras están sujetas aleatoriamente a cargas accidentales, en ocasiones de importancia como pueden ser las causadas por la ocurrencia de temblores fuertes.

Para lograr estos objetivos personal altamente capacitado de la CFE diseña e implementa proyectos de instrumentación geotécnica, siguiendo los procedimientos técnicos desarrollados en la propia institución a lo largo de más de 30 años de práctica de la especialidad para grandes presas y de acuerdo con el estado actual del conocimiento.

La CFE tiene instrumentadas la totalidad de sus presas y cuenta con programas y procedimientos para la realización de la toma de lecturas de cada instrumento, de tal manera que las lecturas obtenidas siempre presentan resultados confiables y oportunos.

Dada la naturaleza de la instrumentación que se está utilizando actualmente para grandes presas que consiste esencialmente en instrumentos de tipo autónomo para los cuales se requiere de su observación en el sitio donde están instalados, para tomar las lecturas en forma directa o bien mediante una consola adquisidora portátil (digital, analógica o computadora portátil), es necesario contar con grupos de personas o brigadas debidamente capacitadas que cumplan con esta actividad siguiendo los programas establecidos para mediciones o bien en situaciones extraordinarias como después de la ocurrencia de temblores importantes, para que proporcionen los informes de las lecturas obtenidas así como del estado de los instrumentos y estaciones de medición.

## 2.6 Interpretación de las mediciones

La información con los datos de las mediciones se envía con oportunidad al personal encargado del proceso de datos, los cuales realizan el análisis mediante algoritmos pre establecidos de las variables que se controlan y elaboran las gráficas y reportes técnicos de los resultados del comportamiento de la estructura.

La evaluación de datos de las mediciones en la instrumentación de presas se basa en:

a) La comparación entre los valores medidos de las variables que determinan el comportamiento de la presa (esfuerzos, deformaciones, filtraciones, etc.) contra los valores esperados con base en los cálculos de diseño. Valores similares indican un comportamiento normal y desviaciones significativas entre los valores medidos y los calculados, indican consideraciones erróneas de diseño o comportamiento crítico de la presa, que puede resultar en un incidente o falla.

b) La variación de los valores medidos en función del tiempo.

Si los valores son constantes o linealmente variables, en relación con el incremento de cargas causado por la construcción o llenado del embalse, indican un comportamiento normal de la presa.

Si por el contrario los valores varían en una forma no lineal y no pueden ser explicados por la ocurrencia de eventos específicos, normalmente tienen que ser considerados como críticos y se requiere tomar medidas preventivas.

Para la evaluación de algunos valores de parámetros variables en función del tiempo, se considera que un incremento nominal del valor frecuentemente no es de importancia pero debe hacerse un seguimiento más detallado.

Como resultado del análisis se emite un informe que reporta los siguientes aspectos:

- Valores de las variables que se controlan, reportando tendencias de comportamiento.
- Posibles anomalías.
- Estado de la instrumentación.
- Comportamiento de la estructura.
- Necesidad de mediciones adicionales.
- Evaluación de la seguridad de la obra.

Los métodos de instrumentación así como los de análisis de resultados que se han aplicado en las presas construidas en México, han sido de gran utilidad ya que permiten conocer fenómenos tales como la interacción entre materiales y laderas, la respuesta ante cargas dinámicas, el agrietamiento interno, la evolución del estado de esfuerzos y deformaciones y otros fenómenos que afectan el comportamiento de las estructuras. Sobre los tipos de presas sobre los cuales se han realizado los estudios a base de instrumentación geotécnica comprenden principalmente las presas de tierra y enrocamiento, las presas de enrocamiento con cara de concreto y las presas de concreto, además de otro tipo de estructuras asociadas a las presas como túneles, taludes, excavaciones, pilas, muros y cimentaciones.

## **2.7 Instrumentación automatizada en grandes presas**

La necesidad de obtener los datos de las mediciones de las estructuras de manera confiable y oportuna, y dado el crecimiento tecnológico en la electrónica, en las comunicaciones y en la computación, algunos países principalmente europeos han desarrollado e implementado sistemas automatizados de instrumentación para grandes presas. Estos sistemas concentran las señales de todos los instrumentos instalados en la presa mediante estaciones inteligentes de medición que operan con programas autónomos y almacenan los datos en forma digital en memoria semiconductora o discos flexibles y pueden ser interrogadas remotamente desde computadoras centrales.

Las ventajas más importantes que se tienen cuando se cuenta con un sistema que proporciona mediciones automatizadas pueden citarse:

- Facilidad para realizar las mediciones en sitios de difícil acceso, ya que es posible ordenar la medición desde un lugar remoto.
- Poder llevar a cabo las mediciones en tiempo real en forma parcial o total de los instrumentos instalados, cuando así se requiera por eventos extraordinarios, como son los terremotos, vaciados o llenados rápidos del embalse, etc.
- Mejora en la calidad de las mediciones:
  - . por la rapidez de realización de las mediciones.
  - . por la selección del mejor momento para realizarlas.
  - . por la eliminación de los errores humanos en la lectura.
  - . permite la confirmación rápida de una medición anormal.
  - . permite medir repetidamente un sensor aislado.

- Aumento importante de la oportunidad para la disposición de los resultados de las mediciones para su análisis.
- Mejora global de la vigilancia de las obras:
  - . inspecciones visuales más minuciosas y dirigidas.
  - . revalorización del trabajo (eliminación de operaciones fastidiosas y consumidoras de tiempo).

El desarrollo de sistemas automatizados de instrumentación para conocer el comportamiento estructural y geotécnico de las presas es cada vez más intenso ya que constituye un medio práctico y efectivo para recolectar, transmitir, almacenar, procesar, evaluar y reportar, de manera confiable y oportuna, los resultados de las mediciones, optimizando tiempos, recursos humanos y materiales para la toma de lecturas en los instrumentos.



### **III. SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN AUTOMATIZADA DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE ZIMAPAN, HIDALGO**

#### **3.1 Generalidades**

La Comisión Federal de Electricidad construyó sobre el río Moctezuma, en el límite de los estados de Hidalgo y Querétaro la Central Hidroeléctrica de Zimapan, cuyo objetivo principal es la generación de energía eléctrica. La cuenca que se ha formado por el llenado del embalse tiene una extensión de 23 Km<sup>2</sup> y una capacidad de almacenamiento de  $1,500 \times 10^6$  m<sup>3</sup> de agua para generar un promedio anual de 1,200 GWH.

La estructura de la cortina es de la forma arco bóveda construida de concreto, con una altura de 207 m y 115 m de longitud de cresta, siendo la más alta del país en su tipo. La figura 3.1 muestra la cortina de la presa de la Central Hidroeléctrica de Zimapan.

Para garantizar la seguridad de una obra civil tan importante como esta, se ha instalado por primera vez en México una red automatizada de instrumentos que permitirá la medición de parámetros geotécnicos y estructurales desde sus etapas de construcción hasta su puesta en operación y durante su vida útil.

La automatización en la instrumentación de grandes presas en México, constituye un campo relativamente nuevo pero se ha observado una notable diferencia con respecto a los métodos tradicionales de instrumentación ya descritos en el capítulo II, dado que se han acelerado los trabajos de captura y proceso de datos significativos, permitiendo realizar comparaciones inmediatas entre los valores medidos y los calculados en el diseño.

#### **3.2 Descripción de la red de instrumentación automatizada.**

Para la implementación de la red de instrumentos de la Central Hidroeléctrica de Zimapan, se diseñó un sistema sofisticado y confiable basado en el concepto de inteligencia distribuida, que consiste en la instalación de estaciones locales inteligentes que puedan adquirir los datos de los sensores más cercanos a éstas. Las estaciones locales a su vez se encuentran interconectadas mediante una red RS-485 y pueden ser accedidas para su programación y lectura de datos desde una computadora central ubicada en un puesto central nombrado como "Cuarto de Control", también a través de una interfase RS-485.



Fig 3.1 Cortina de la presa de la Central Hidroeléctrica de Zimapan

En el puesto central los datos de los diferentes instrumentos son concentrados para de esta manera detectar en el menor tiempo posible las variaciones de los modelos de comportamiento de la obra.

La adquisición y transferencia de los datos de los sensores se puede realizar en modo automático según frecuencias prefijadas o en modo manual según las necesidades del usuario, esto permite que cuando alguna estación inteligente se salga de operación no sea necesario dar mantenimiento inmediato ya que se puede proceder a efectuar la lectura manual directamente en los sensores

mediante un adquisidor portátil como puede ser una computadora o algún otro equipo para medición compatible con el sistema.

La comunicación entre las estaciones locales inteligentes entre sí y hacia la computadora central del cuarto de control, se realiza vía cable para lo cual se eligió la interfase más adecuada teniendo en cuenta las distancias que se deben recorrer, la interconexión se realizó de tal manera que permite el acceso a todos los instrumentos desde cualquier estación inteligente por medio de una computadora portátil. En la figura 3.2 se presenta el diagrama de bloques del sistema automatizado de instrumentación instalado en la cortina de la presa de la Central Hidroeléctrica de Zimapán, Hidalgo.

### 3.3 Parámetros de control

En la cortina de la presa Zimapán, el diseño de la instrumentación está orientado a conocer los aspectos fundamentales que afectan el comportamiento de las presas de arco, para conocer su comportamiento se ha requerido determinar los parámetros estructurales y geotécnicos más significativos, los cuales se listan a continuación:

- Las deformaciones de diversos puntos de la estructura de la cortina y sus apoyos.
- Los efectos de cargas hidrostáticas y térmicas
- Los desplazamientos en las juntas de construcción y en los apoyos de la cortina.
- Los desplazamientos entre los contactos de formaciones geológicas que constituyen fallas en las laderas y en la base del cañón donde se encuentra ubicada la cortina.
- Los efectos en la roca de apoyo de las laderas por el incremento de los esfuerzos provocados por las cargas que transmite la estructura.
- Los valores de las filtraciones para evaluar la eficiencia de las pantallas de inyección y drenaje.
- Los desplazamientos de taludes inestables en el embalse.
- La sismicidad en la vecindad del embalse.
- La respuesta dinámica de la estructura ante temblores fuertes, mediante la determinación de las aceleraciones en diversos puntos de la misma.

La determinación de los parámetros a controlar se hace por medio de las lecturas de los instrumentos sensores elegidos para cada uno de ellos, los cuales se presentan en la figura 3.3.

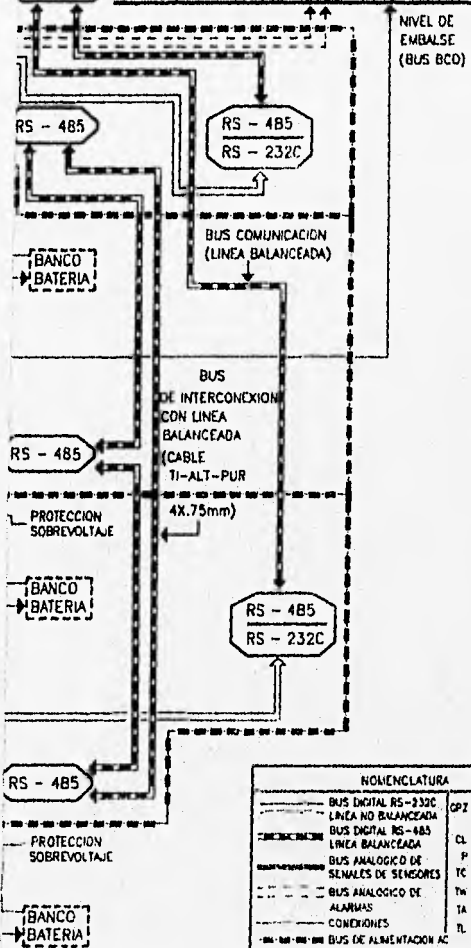
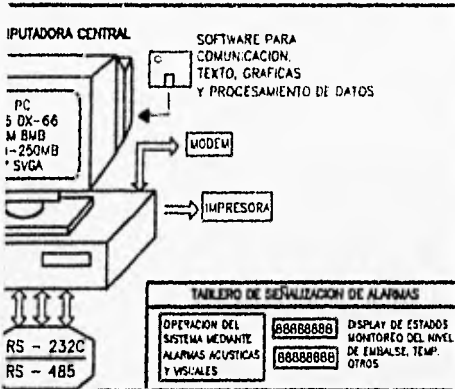
### 3.4 Especificaciones técnicas del sistema automatizado

De acuerdo a la distribución de los instrumentos sensores y a su número, se han instalado tres estaciones locales de medición como se muestra en la figura 3.2, las cuales automáticamente realizan la adquisición de los sensores localizados en sus cercanías, posteriormente se pueden transferir los datos remotamente desde una computadora central, o localmente mediante una computadora portátil. La figura 3.4 muestra una estación inteligente.

Las características más importantes de las estaciones inteligentes de medición son:

- No. de entradas para instrumentos: 36 y 48 canales
- Tipo de entradas: Analógicas, de tipo diferencial
- Velocidad de muestreo máxima de 25 muestras/segundo por canal
- Opción a lecturas manuales y automáticas
- Autorrango y autocalibración
- Resolución de 15 bits más signo
- Base de tiempo de alta precisión para programación de tomas de lecturas desde un segundo hasta un mes, en incrementos de un segundo, un minuto, una hora y un día.
- Impedancia de entrada seleccionable entre 1 megaohm y 100 megaohms
- Capacidad de almacenamiento en memoria RAM: 11,000 lecturas en código ASCII, con batería de respaldo.
- Capacidad con memoria expandida: 170,000 lecturas
- Interfase RS-232C para comunicación local con una P.C. e interfase RS-485, con protocolo de detección y corrección de errores, para interconexión en red.
- Con tarjetas adicionales para conversión RS-232C / RS-485 para comunicación remota, full duplex y velocidad de 300 a 9600 bauds o mayor con protocolo seleccionable XON/XOFF.
- Funciones especiales: aritméticas, logarítmicas, lógicas y trigonométricas. y manejo de hasta 20 polinomios de 5° orden.
- Sistema de alarmas: capacidad para programar dos valores límites por canal y posibilidad de combinaciones mediante operadores lógicos "OR", "XOR" y "AND".
- Alimentación: fuente interna de 110 VAC / 12 VDC, batería interna con capacidad autónoma de 100 horas con cargador, y entradas para 9 - 19 VAC y 11 - 24 VDC, consumo de 120 mA en modo normal y 400 mA máximo.
- Protección contra sobretensiones y transitorios para cada canal.
- Unidad de protección contra sobrevoltaje para cada una de las líneas de datos, de alimentación, de interconexión y de interfase RS-232 y RS-485.

Cada estación contempla la adquisición de lecturas de los siguientes instrumentos:



NOMENCLATURA		
—	BUS DIGITAL RS-232C	GPZ - GRUPO DE 3
---	LINEA NO BALANCEADA	CL - CLIMOMETRO
— — —	BUS DIGITAL RS-485	P - PLOMADA
— — — —	LINEA BALANCEADA	TC - TEMP CONCRETO
— · — · —	BUS ANALOGICO DE SEÑALES DE SENSORES	Ta - TEMP AGUA
- - - -	BUS ANALOGICO DE ALARMAS	TA - TEMP AMBIENTE
— · — · — · — · —	CONDICIONES	TL - TELEMETRIADOR
— · — · — · — · — · —	BUS DE ALIMENTACION AC	

o de medicion

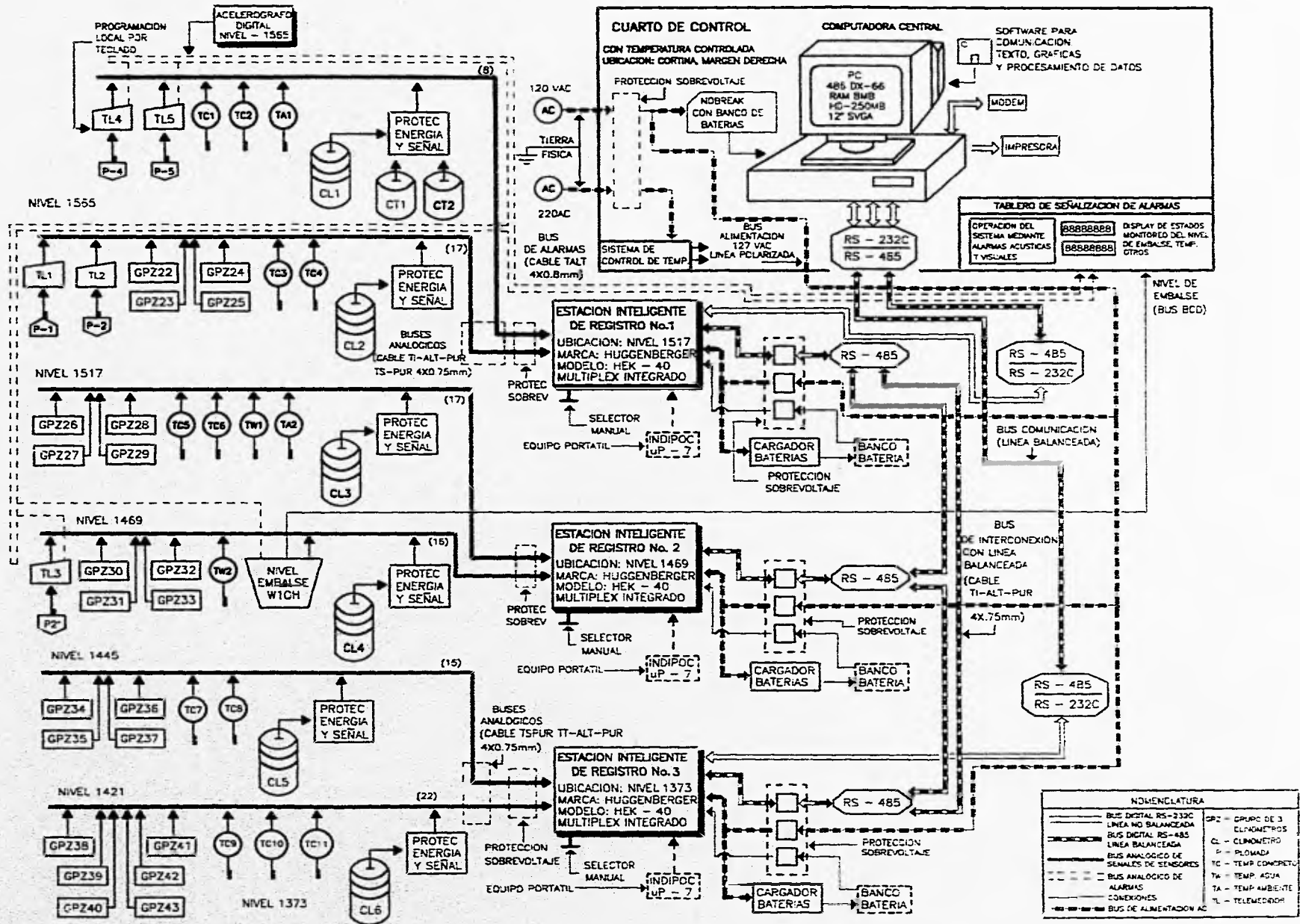
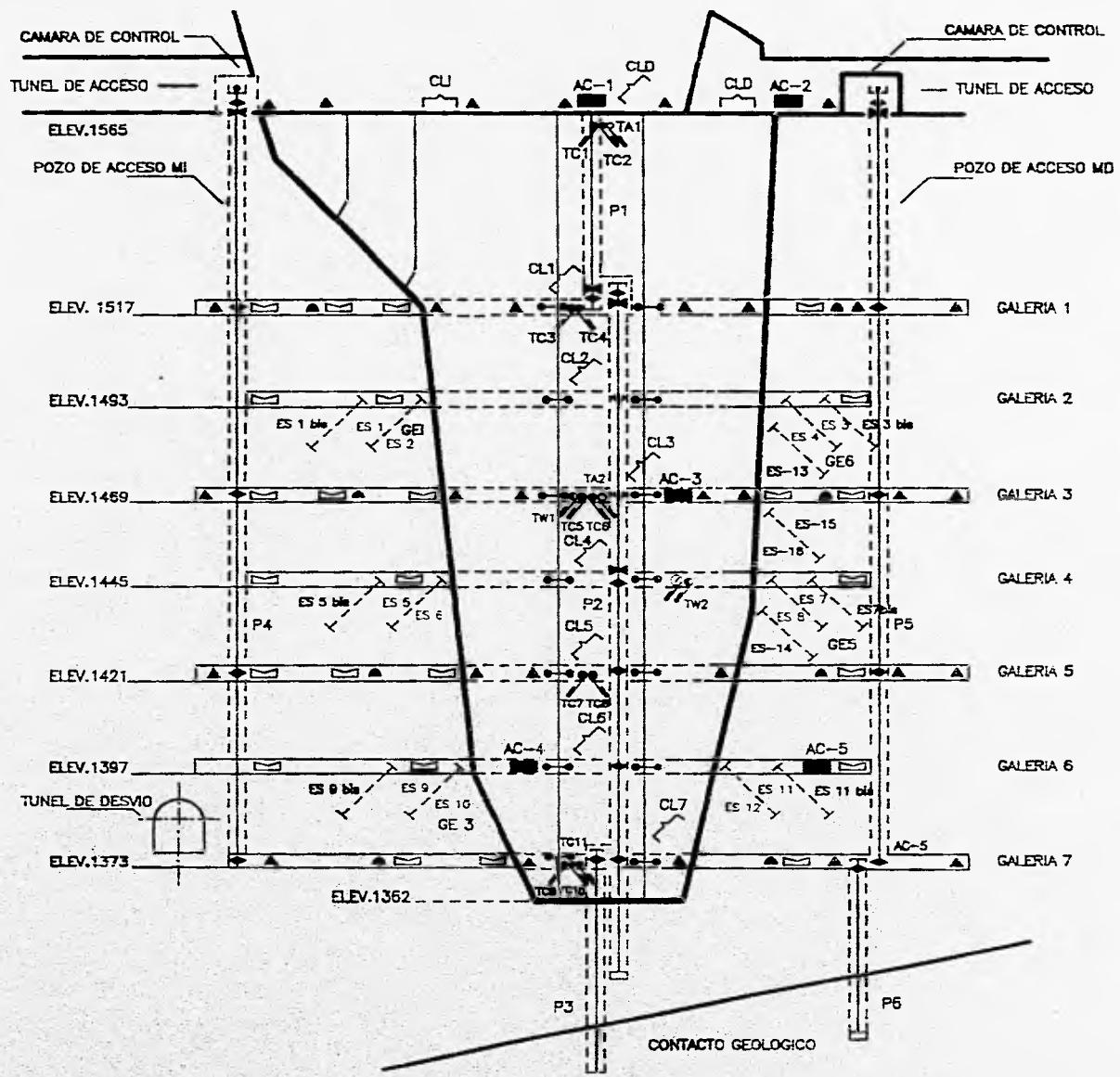


Fig 3.2 Diagrama de bloques del sistema automatizado de medicion



SIMBOLOGIA	
<b>INSTRUMENTACION PARA MEDICIONES DE DEFORMACIONES</b>	
[Symbol]	PUNTO DE FIJACION
[Symbol]	PUNTO DE LECTURA OPTICA
[Symbol]	TANQUE CON FLUTADOR
[Symbol]	PUNTO DE LECT. ALT.
[Symbol]	PUNTO DE LECTURA OPTICA
[Symbol]	PUNTO DE FIJACION
[Symbol]	PUNTO DE LECTURA
[Symbol]	BARRA
[Symbol]	PUNTO DE FIJACION
[Symbol]	PUNTOS DE REFERENCIA PARA MEDICIONES DE MOVIMIENTOS DE JUNTAS ( A COLOCARSE HACIA AGUAS ARRIBA )
[Symbol]	CLINOMETRO
[Symbol]	REFERENCIA TOPOGRAFICA
<b>INSTRUMENTACION PARA MEDICIONES REFERENTES AL AGUA</b>	
[Symbol]	MEDIDOR DE NIVEL DE EMBALSE
[Symbol]	MEDIDORES DE CAUDALES DE INFILTRACION (VERTEDORES)
<b>INSTRUMENTACION PARA MEDICIONES DE TEMPERATURA</b>	
[Symbol]	PUNTO DE LECTURA TERMOMETRO
[Symbol]	PUNTO DE LECTURA TERMOMETRO
[Symbol]	PUNTO DE LECTURA TERMOMETRO
<b>INSTRUMENTACION PARA MEDICIONES DE ONDAS SISMICAS</b>	
[Symbol]	ACELEROGRAFOS

NOTA: NO SE INDICAN LOS GRUPOS PIEZOMETRICOS

Fig 3.3 Distribucion de instrumentos sensores en la cortina

## Teletermómetros

- Objetivo: Cuantificación de cargas térmicas sobre la estructura.
- Principio de operación: eléctrico de medición de termorresistencia para concreto, agua y ambiente.
- intervalo de medición: de  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Exactitud:  $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

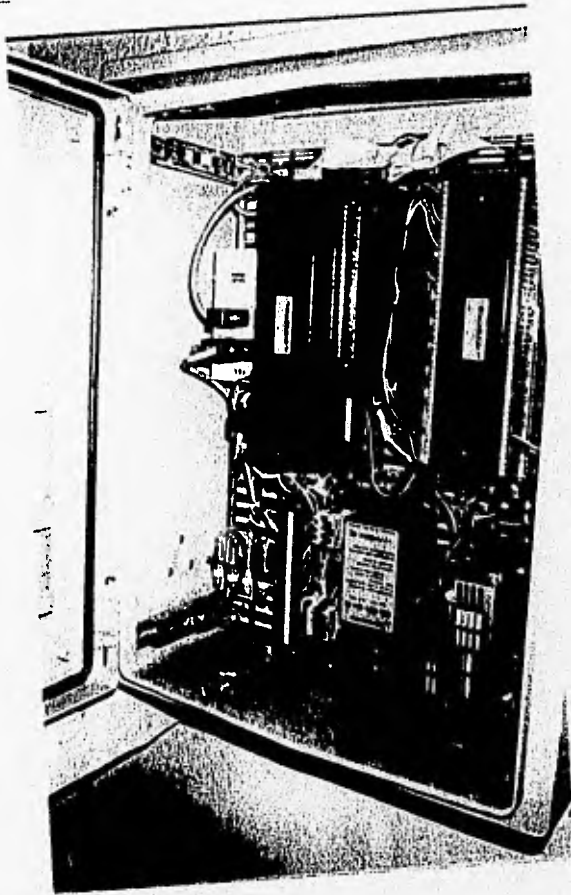


Fig 3.4 Estación inteligente de medición



## Clinómetros

- Objetivo: Medición de giros de la estructura.
- Tipos: radiales y tangenciales.
- Principio de operación: capacitivo
- Campo de medición:  $\pm 1^\circ$
- Resolución: 0.1 arc sec
- Salida: -5 VDC a +5 VDC
- Alimentación: +12 VDC a +18 VDC
- Intervalo de temperatura de operación: - 18 °C a 71 °C
- Placa de montaje y ajuste de precisión
- Protección contra transitorios en la alimentación y señales

## Plomadas

- Objetivo: medición de desplazamientos horizontales (X,Y).
- Principio de operación: óptico
- Plomada de 50 Kg con soporte para alambre
- Alambre de acero inoxidable de 1mm, 50 m
- Peso total: 72 Kg
- Campo de medición: 100 mm x 100 mm
- Con dispositivos auxiliares mecánicos para anclaje, suspensión y soporte
- Recipiente amortiguador de 20 a 230 litros
- Requiere adquisidor externo para tener salida analógica, debido a su principio de operación y poder ser interconectada a las estaciones inteligentes.

## Equipo para lectura automática de plomada

- Sistema automático de medición a distancia del alambre de una plomada (Telelot).
- Campo de medición: X=150 mm, Y=60 mm
- Exactitud:  $\pm 0.05$  mm en la zona central
- Peso 20 Kg
- Programación local por teclado y mediante computadora a través de interfase RS-232C.
- Memoria RAM con batería de respaldo interna para almacenamiento local de datos.
- Sistema de calentamiento para evitar condensación en su interior.
- Sistema de auto evaluación y auto prueba
- Salida de datos: analógica con lazo de corriente de 0-20 mA, 4-20 mA e impedancia de 500 ohms.
- Con sistema de alarmas: para valores límite, para detección de fallas de alimentación, para verificación de rango de plomadas y para auto prueba.

- Alimentación: 110 VAC / 48 VDC
- Con protecciones contra sobrevoltaje

#### **Medidor de nivel de embalse**

- Objetivo: Medición del nivel del agua en el embalse.
- Medidor automático de nivel de embalse tipo hidrostático
- Campo de medición: 0 - 340 m
- Exactitud: 0.01%
- Resolución: 1 mm de columna de agua
- Sistema de electrónica inteligente basado en microprocesador totalmente programable por teclado.
- Display de cristal líquido (LCD) con 2 filas de 16 caracteres, con despliegue en Español, Inglés, Alemán, Francés e Italiano.
- Salida de datos: BCD absoluto de 26 bits, binario absoluto de 24 bits y gray absoluto de 24 bits, posibilidad para un display digital adicional a ubicarse en algún lugar remoto. Analógicas: 0 - 20 mA o 4 - 20 mA,  $0 \pm 10$  V o  $2 \pm 10$  V.
- Con posibilidad de fijar 4 valores límite, señal de estado operativo y tendencia subiendo/bajando para sensarlas como alarmas.
- Salida de señal para manejo de contactos de hasta 140 VDC o 125 VAC, 1 A.
- Temperatura de operación: -5°C a 50°C.
- Humedad relativa: 90%
- Alimentación: Fuente interna de 110 VAC  $\pm 20\%$ , 60 Hz y 24 VDC - 48 VDC  $\pm 20\%$ .
- Con protecciones contra transitorios y sobrevoltaje.

#### **Piezómetros**

- Objetivo: Medición de presión hidrostática en la roca de apoyo y en las cimentaciones de la estructura, debido a filtraciones.
- Principio de operación: eléctrico, mediante celda piezométrica o strain- gage ligado a una membrana metálica delgada en combinación con una base de bronce y filtro de cerámica.
- Exactitud: 1%
- Intervalo de medición de 2 a 50 bar
- Salida: Analógica diferencial

#### **Acelerógrafos**

- Objetivo: Medición de aceleraciones en puntos de interés de la estructura, ocasionadas principalmente por temblores fuertes.
- Principio de operación: Servoacelerómetro
- Resolución: 16 bits

- Muestreo programable a 100, 200 y 300 muestras/segundo/canal
- Memoria de pre evento y post evento: 0 a 99 segundos, programable
- Reloj interno de tiempo real de alta precisión
- Indicador visual de eventos
- Sensores triaxiales internos o externos de tipo servoacelerómetro balanceado por fuerza
- Arrancador para grabación de eventos, omnidireccional programable por umbral o por relación STA/LTA.
- Conector I/O para comunicación serie RS-232C para su programación y recuperación de eventos sísmicos mediante computadora portátil.
- Opción para instalarlos en red, maestro/esclavo y con salida para la activación del sistema de medición automatizado en el mismo instante en que se active en su modo de grabación ante la ocurrencia de un temblor fuerte.
- Alimentación: 12 VDC con cargador de 120 VAC.

La selección del cableado para la interconexión de los sensores y sus adquirentes hacia las estaciones inteligentes de medición así como la interconexión entre estaciones y hacia el cuarto de control, fue minuciosa y se eligió el que presentó las características más óptimas para minimizar pérdidas por efecto de distancia e inducciones de ruido ambiental.

Se cuenta con equipo portátil para medición para cuando se presenten problemas de comunicación con las estaciones de medición automatizadas. Este consiste en un sistema manual de captura (Indipoc) que puede programarse para efectuar lecturas de hasta 500 transductores diferentes, directamente en el sitio donde se encuentren instalados, cuenta con memoria interna para almacenar 20,000 lecturas, sistemas de alarma e interfase RS-232C para conexión a una computadora.

En el caso de las plomadas se cuenta con un equipo para lectura manual (Coordiscopio) de tipo electrónico-óptico, el cual es utilizado para verificar las lecturas tomadas mediante el sistema automático.

Existen algunos instrumentos que se complementan en la instrumentación de la cortina y que no están interconectados a las estaciones de medición automatizadas, por lo que se tienen que tomar sus lecturas en el sitio donde se encuentran instalados. A continuación se presenta una lista de estos instrumentos manuales:

- Medidores de apertura de juntas
- Extensómetros, para medición de deformaciones de la roca de apoyo de la cortina.
- Equipo de topografía, para la determinación de movimientos absolutos de puntos de interés sobre la cortina y sus apoyos.
- Medidores de aforo, para medir caudales aportados por filtraciones dentro de la estructura.

- Estaciones sismotelemétricas ubicadas en los alrededores de la cortina, para la medición de sismicidad local natural e inducida por la acción del llenado del embalse, concentradas en un Puesto Central De Registro (PCR).

En la figura 3.5 se presenta la distribución geográfica de las estaciones de campo y PCR de la red sismotelemétrica de Zimapán.

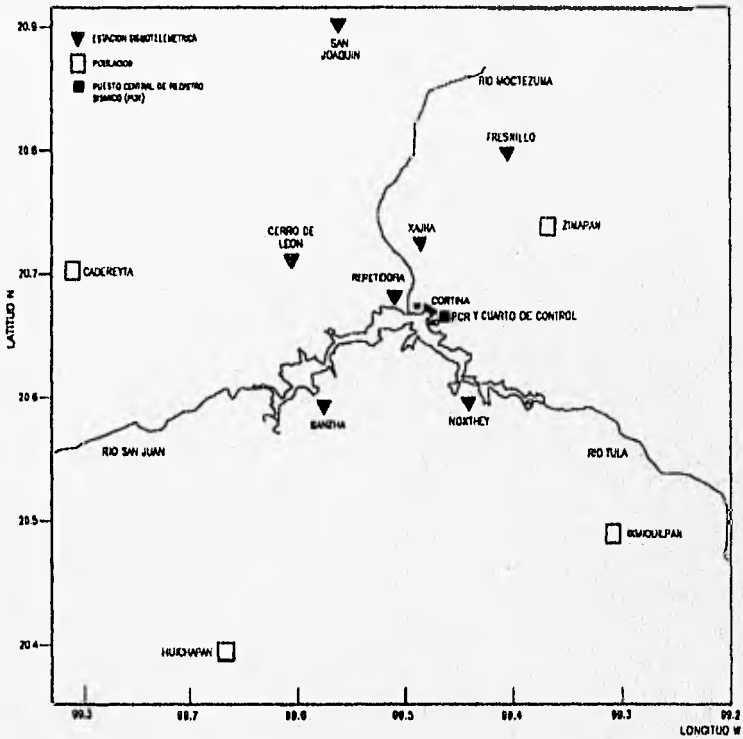


Fig 3.5 Localización geográfica de las estaciones de campo y puesto central de registro de la red sismotelemétrica de Zimapán.

### 3.5 Distribución del sistema de instrumentación

Como se observa en las figuras 3.2 y 3.3 los equipos adquisidores y los sensores que conforman el sistema automatizado, así como los que son independientes se distribuyeron en diversos puntos de la cortina y sus apoyos.

Para la instalación se aprovecharon las 7 galerías o túneles que atraviesan la estructura de la cortina longitudinalmente y que están ubicadas a diversos niveles, además de pozos de acceso y barrenos hechos especialmente para la colocación de sensores y cables de conexión y que están distribuidas en la cortina y apoyos.

La cantidad de instrumentos instalados fue:

- 3 estaciones de medición automatizadas o inteligentes.
- 7 plomadas con cinco puntos para medición automática y 19 para lectura manual.
- 9 clinómetros para medición automática.
- 18 bases para un medidor de juntas.
- 2 teletermómetros de lectura automática, al aire.
- 11 teletermómetros de lectura automática, en el concreto.
- 2 teletermómetros de lectura automática, en el agua.
- 1 medidor de nivel de embalse, lectura automática
- 33 vertedores de aforo, lectura manual
- 12 extensómetros de barra, instalados en roca y de lectura manual
- 65 piezómetros
- 147 referencias topográficas
- 6 acelerógrafos
- 7 estaciones sismotelemétricas

Las mediciones en todos los instrumentos se realizan conforme a un programa diseñado que permite la verificación oportuna de parámetros a controlar, tanto en situaciones particularmente importantes como en las surgidas en la etapa de construcción y primeros llenados del embalse y durante la ocurrencia de temblores importantes.

Los instrumentos con lectura automática se miden continuamente con períodos programados y sus lecturas se almacenan en las estaciones automatizadas de medición.

Para facilitar el monitoreo de lecturas de cualquiera de los instrumentos automatizados y para llevar a cabo procesos preliminares rápidos y oportunos, se construyó un cuarto de control, donde se realiza la interconexión para comunicación con las estaciones inteligentes por medio de una computadora. También se llevan los cables de las alarmas de las estaciones, de los

adquisidores automáticos de plomadas (Teletots) y del medidor de nivel de embalse junto con las señales para su despliegue en forma numérica.

Entre las características importantes del sistema automatizado de instrumentación instalado se encuentran su confiabilidad y flexibilidad, ya que se ha desarrollado bajo el criterio de sistemas tolerantes a fallas por lo que tiene la capacidad de autoverificarse e inhibir las señales provenientes de equipos que se dañen, además de que el sistema puede adaptarse a eventuales modificaciones, implementaciones, cambios o reconfiguraciones.

### 3.6 Sistema de alarmas

El sistema automatizado de medición tiene la capacidad de efectuar comparaciones de los datos de algunos instrumentos, con valores prefijados para activar alarmas cuando se superen algunos de sus límites. Estas alarmas pueden ser de tipo acústico o visual y pueden concentrarse en un tablero de control y monitoreo ubicado en el cuarto de control.

El sistema de alarmas se activa bajo las siguientes circunstancias: cuando se presentan variaciones rápidas y abruptas de los valores de un instrumento en particular, cuando todo un grupo de sensores superan los niveles de alerta prefijados o cuando algún equipo presente una falla de operación.

Se ha incluido dentro del bus de alarmas la señal de un acelerógrafo digital, el cual ante la ocurrencia de algún temblor importante activa al sistema automatizado de medición para que inicie la toma de lecturas. De esta manera se puede conocer el comportamiento de la estructura ante choques de origen sísmico.

Después de la ocurrencia de un sismo es posible efectuar una verificación de los instrumentos en estado estable, para corregir posibles valores fuera de rango o bien para cuantificar si se presentaron deformaciones efectivas de la estructura mediante la comparación de las lecturas obtenidas contra los valores prefijados como correctos.

Dada la necesidad de concentrar las señalizaciones de las alarmas en el cuarto de control, se planteó la posibilidad de diseñar y construir un tablero de señalización con tecnología propia y de bajo costo.

Por lo anterior se propuso el desarrollo de la presente tesis, que considera un sistema de señalización utilizando un dispositivo central inteligente que permita la comunicación con el usuario y el almacenamiento del número de alarmas con la fecha, hora de ocurrencia y origen de las mismas.

#### IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN PARA LA INSTRUMENTACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA ZIMAPÁN, HIDALGO.

Como se describió en el capítulo 3, el sistema de auscultación de la presa de Zimapán contempla la generación de diferentes señales indicadoras del estado de operación de cada uno de los instrumentos, y de los valores de los parámetros más importantes que pueden considerarse como un estado de alerta y requieran de la verificación inmediata del personal especializado.

Para este sistema de instrumentación se desarrolló un tablero de señalización que permite concentrar en el cuarto de control y mostrar de forma acústica y visual todas las alarmas generadas por los diferentes equipos de medición.

El sistema desarrollado utiliza una unidad central inteligente basado en un microcontrolador MC68HC11, el cual por programa detecta e identifica las alarmas que se generan del sistema de instrumentación, registrando la fecha y hora en que estas ocurren y genera señales indicadoras visuales y acústicas. Además permite la comunicación con el usuario mediante un panel de control siendo el despliegue de información a través de un display LCD de tipo alfanumérico de 32 caracteres. En la figura 4.1 se presenta un diagrama de bloques del sistema y la descripción detallada del sistema se hará a continuación.

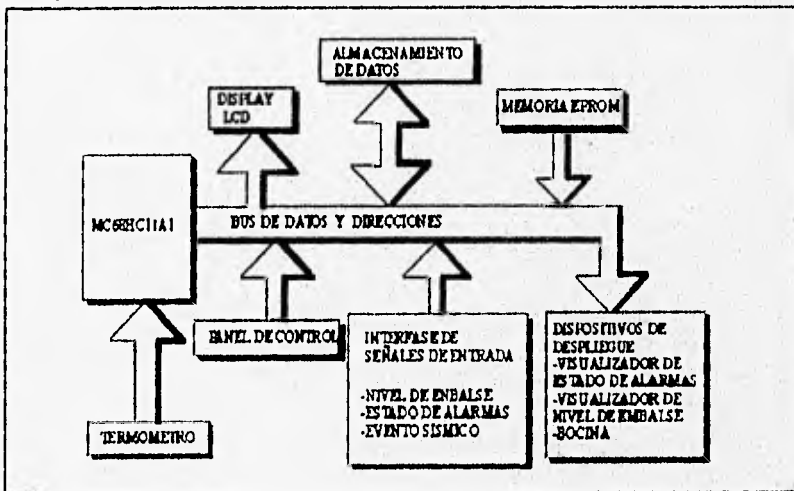


Fig 4.1 Diagrama de bloques del sistema desarrollado

#### 4.1.1 El microcontrolador MC68HC11A1

La parte más importante de este sistema es el microcontrolador MC68HC11A1 ya que a través de este se realiza el control y medición de las variables de interés de cada elemento que interviene en el sistema. Con el uso del microcontrolador es posible realizar la evaluación de eventos en tiempo real y procesar automáticamente los datos. Además es posible elaborar y modificar los programas y los datos de acuerdo a una necesidad específica. Entre los diferentes tipos de microcontroladores, se seleccionó el MC68HC11A1 de Motorola para la implementación del sistema dado que este tiene características ideales para el uso que requeríamos como son su alta inmunidad al ruido, alta velocidad de operación y bajo consumo de potencia.

##### a) Arquitectura

En la figura 4.2 se presenta la arquitectura del microcontrolador MC68HC11A1. A continuación se describen las principales señales y características de este microcontrolador:

- Una interfase de comunicación serial asíncrona (SCI)
- Una interfase de comunicación síncrona (SPI)
- 512 bytes de EEPROM
- 256 bytes de RAM
- Un convertidor A/D de ocho bits con ocho canales (para versiones de 48 pines sólo cuenta con cuatro canales)
- Un acumulador de pulsos de ocho bits
- Cuenta con un sistema temporizador de 16 bits formado por tres líneas de entrada de captura y cinco líneas de salida de comparación
- Cuenta con un sistema que vigila la operación adecuada y protege contra errores de software (COP)

El microcontrolador cuenta con 38 líneas (34 para la versión de 48 pines) de entradas y salidas para cuatro puertos de ocho bits (A, B, C y E), y un puerto D de seis bits. Todos los puertos pueden ser utilizados para más de un propósito, dependiendo del modo de operación programado del microcontrolador.

El puerto A en todos los modos de operación tiene tres pines de entrada, cuatro de salida y uno es bidireccional. El puerto A comparte funciones con el sistema temporizador.

El puerto B puede utilizarse de dos formas dependiendo del modo de operación del microcontrolador: modo simple o modo expandido, en el primer modo todos los pines del puerto funcionan como un puerto de salida de propósito general. En el segundo todos los pines



del puerto B son utilizados para las direcciones altas del mapa de memoria.

El puerto C también puede trabajar de dos formas: un modo simple que trabaja como un puerto bidireccional de ocho bits de propósito general y un modo expandido en el cual está configurado como bus multiplexado de datos y direcciones controlado por la señal AS (adress strobe).

Durante el ciclo de datos, los ocho bits PC0-PC7 de direccionamiento del bus expandido son datos bidireccionales controlados por la señal R/W. En la figura 4.3 se presenta el diagrama de tiempos los buses de datos, direcciones y control.

El puerto D es un puerto bidireccional de seis bits PDO-PD5 que comparte funciones con los sistemas de comunicación serial.

El puerto E es un puerto de entrada de ocho bits (cuatro para la versión de 48 pines) que comparte funciones con el convertidor A/D.

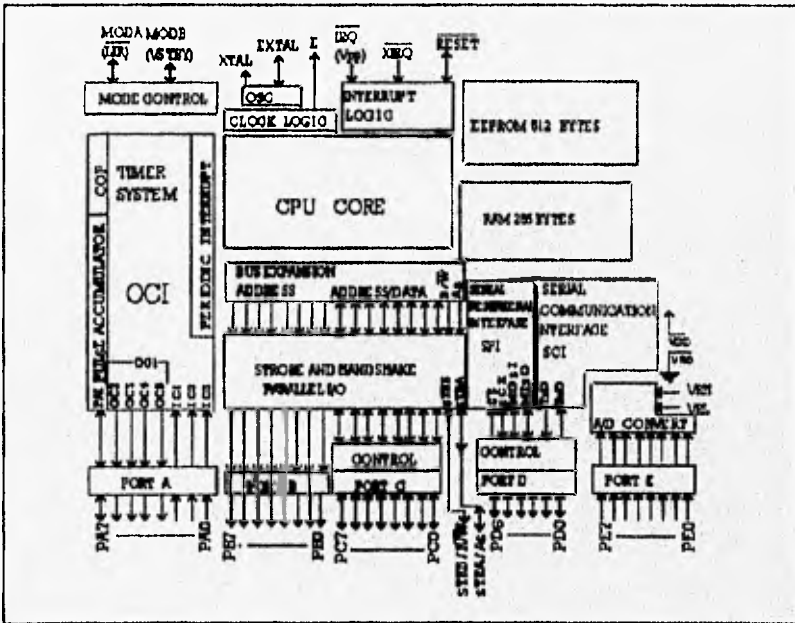


Fig 4.2 Arquitectura MC68HC11A1

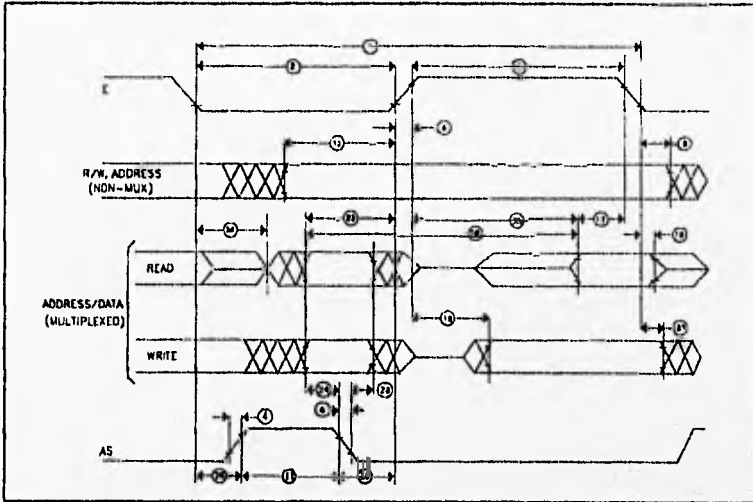


Fig 4.3 Diagramas de tiempo del bus expandido

## b) Modos de Operación

El MCU MC68HC11 tiene cuatro modos de operación: dos básicos y dos especiales. Dentro de los modos básicos se tiene:

**Modo Simple.**- en este modo el microcontrolador trabaja como un circuito monolítico sin direccionamiento externo, por lo que todo el direccionamiento del MCU está orientado a trabajar con sus propios recursos.

**Modo Expandido/Multiplexado.**- en este modo el MCU utiliza un bus expandido de 16 líneas de dirección, para direcciones de 64 Kbytes, que incluye la dirección que utiliza en modo simple. Además mediante este modo se puede emplear para direccionar dispositivos externos a través de un bus expandido mediante los puertos B y C. El puerto B se utiliza para el direccionamiento de mayor orden del bus de direcciones (A8-A15) y el puerto C trabaja multiplexadamente, para el direccionamiento de menor orden (A0-A7), y bus de datos (D0-D7). Para multiplexar datos y direcciones el MCU utiliza las señales de control AS (Address strobe) y la señal R/W.

Los Modos especiales comprenden:

**Modo Boot-Strap.**- es similar al modo simple, con la ventaja de que en este modo se pueden realizar varias pruebas del microcontrolador como son la programación de la memoria EEPROM interna, programación en memoria RAM interna, programación de puertos, etc. En este modo el MCU cuenta con una área de memoria llamada BOOT (LOADER)ROOM en el cual se puede almacenar y ejecutar programas sencillos para probar su funcionalidad.

**Modo de Prueba.**- es similar al modo expandido/multiplexado excepto que los vectores de interrupción están localizados en memoria externa y se utiliza por el fabricante para hacer pruebas de operación.

### c) Mapa de Memoria

El mapa de memoria utilizado para cada modo de operación: modo simple, modo expandido, modo boot-strap y modo de prueba; se muestra en la figura 4.4. La distribución de los espacios de la memoria interna se muestra en áreas sombreadas y su contenido de estas se muestra en el lado derecho del diagrama.

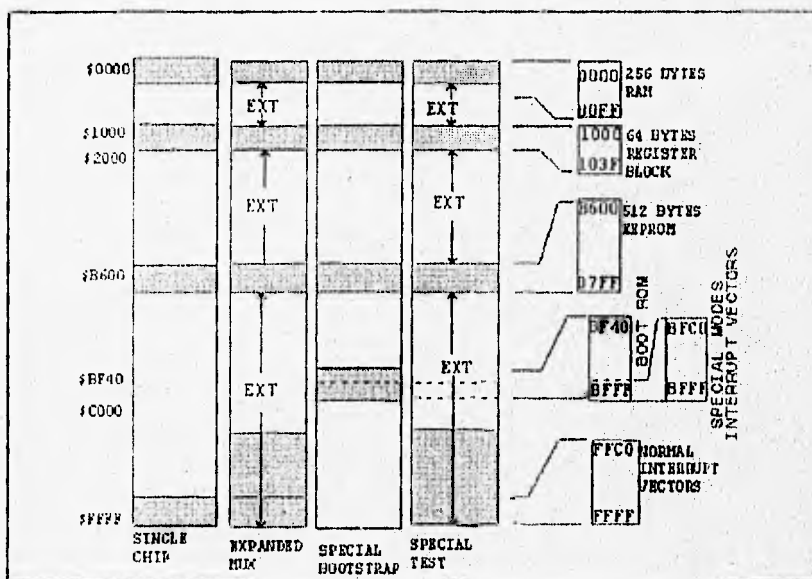


Fig 4.4 Mapa de memoria del MC68HC11A1

En el diseño del sistema se considero trabajar al MCU en modo expandido debido a su mayor capacidad de direccionamiento. El MCU para trabajar en este modo de operación requiere de una memoria externa tipo EPROM, en la que se almacena el programa principal que controla la operación del sistema. Teniendo en cuenta el número de señales de entrada/salida que se requieren controlar, así como el panel de control, se distribuyó el mapa de memoria mostrado en la figura 4.5.

El MCU en modo expandido controla dispositivos externos a través del bus de direcciones que utiliza los puertos B y C para las salidas de las líneas de direcciones. Para habilitar cada uno de los dispositivos externos se adicionó un decodificador 3x8 (74HC138), que utiliza las tres líneas de dirección más significativas A13, A14 y A15, para realizar la decodificación, este a su vez es habilitado mediante la señal de control E del MCU.

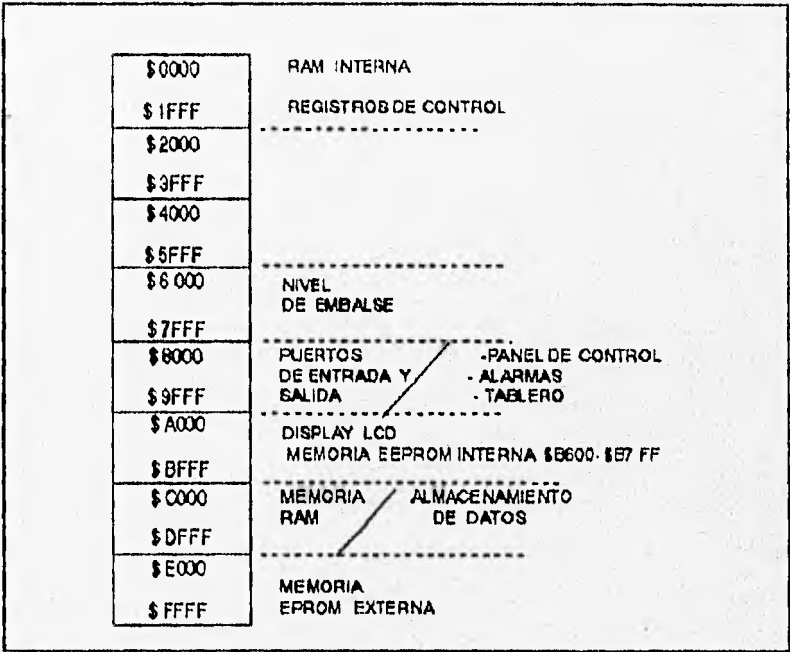


Fig 4.5 Mapa de memoria de sistema desarrollado

Dada la problemática presentada para manejar un bus conmutado direcciones/dato, fue necesario diseñar la interfase mostrada en la figura 4.6, mediante la cual se logra mantener estable las direcciones más bajas para el direccionamiento de la memoria EPROM.

La interfase la constituye un circuito Latch 74HC373 (U16) el cual es habilitado con el nivel de la señal de control AS para capturar y mantener en su salida la dirección A0-A7, mientras que para habilitar la memoria EPROM se utiliza una señal de control generada por un circuito NAND 74HC00 (U15) entre las señales E y R/W y la señal Y7 del decodificador.

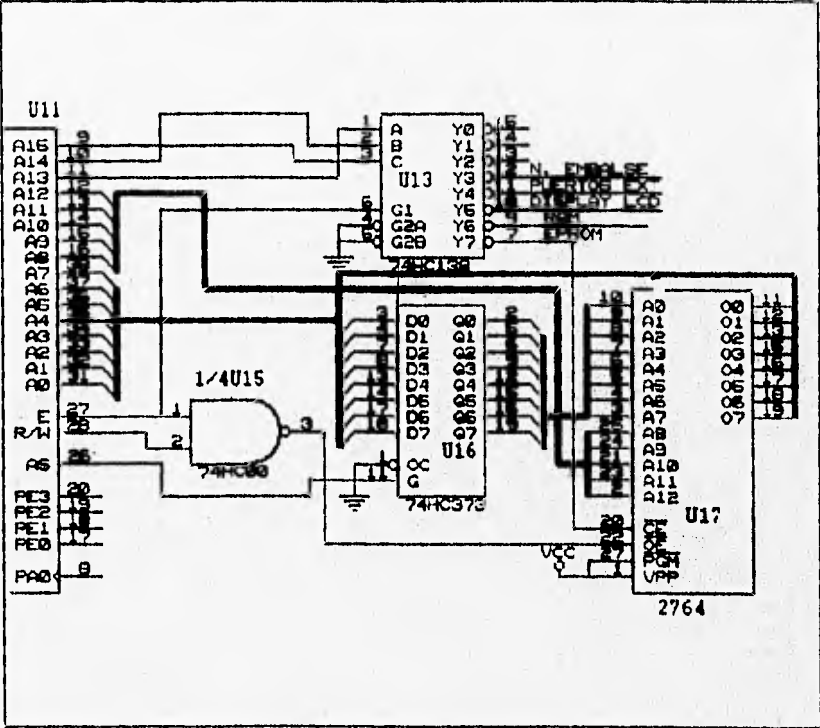


fig 4.6 Circuito diseñado para el manejo del bus multiplexado de datos/direcciones

#### d) Convertidor Analógico/digital

El MCU cuenta con un convertidor analógico-digital que tiene sus propios voltajes de referencia (VRL y VRH), cuatro canales independientes con base a una entrada multiplexada, su resolución es de 8 bits con un error de  $\pm 1$  bit y realiza la conversión basado en el proceso de aproximaciones sucesivas.

Se tiene cuatro registros de almacenamiento de resultado (uno por cada canal) y un registro adicional que es el registro de control (ADCTL), el cual contiene un bit que indica la finalización de la conversión, dos bits que controlan cuatro modos de operación y cuatro bits para el direccionamiento de los canales.

Los cuatro modos de operación del convertidor son los siguientes:

- 1.-Convertir un solo canal solo una vez.
- 2.-Convertir los cuatro canales una sola vez.
- 3.-Convertir un solo canal pero continuamente.
- 4.-Convertir los cuatro canales continuamente.

En la figura 4.7 se muestra el proceso de conversión y en la figura 4.8 el diagrama a bloques con que cuenta el microcontrolador.

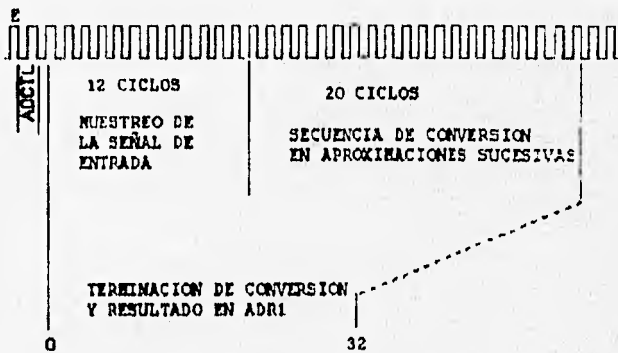


Fig 4.7 Secuencia de conversión.

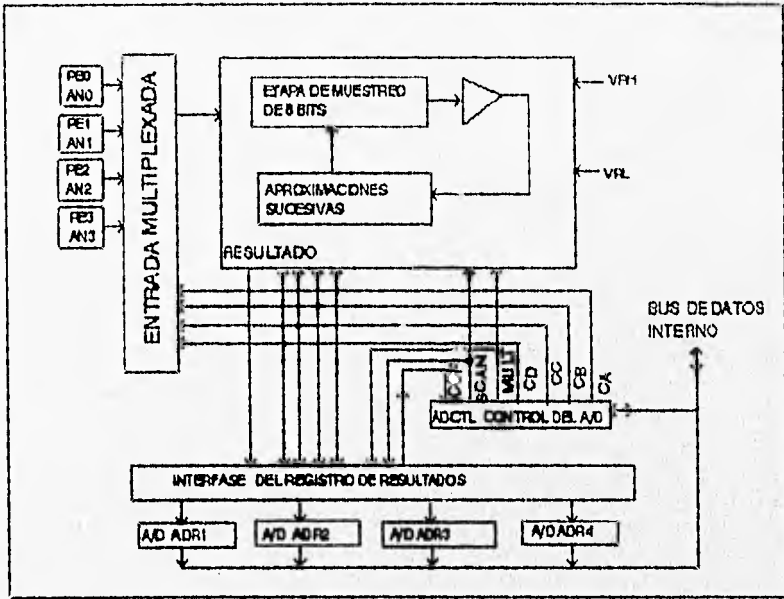


Fig 4.8 Diagrama del Convertidor A/D interno.

#### 4.1.2 Señales de Entrada (Alarma)

El sistema recibe señales de alarmas generadas por varios instrumentos que se encuentran distanciados del cuarto de control entre 80m y 280m. Todos los instrumentos cuentan con relevadores de salidas que se cierran cuando generan su señal de alarma por fallas o debido a una acción determinada, las cuales a su vez son registradas por el sistema. En la tabla 4.1 se dan los tipos de instrumentos y el número de señales de alarma generadas por cada uno.

**TABLA 4.1** Tipo de instrumentos y número de alarmas generadas.

CANTIDAD DE EQUIPOS	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	TIPO DE ALARMA GENERADA	ESTADO NORMAL DE RELEVADORES
3	Estaciones Inteligentes	-Falla de operación de la estación	Abierto funciona adecuadamente
		-Clinómetro excedido -Piezómetro excedido	Abierto niveles adecuados
5	Telelot	-Falla general del instrumento	Abierto funciona adecuadamente
		-Límites de X y Y excedidos	Abierto niveles adecuados
1	Medidor de Nivel de Embalse	-Falla general del instrumento -Indicación NAMINO -Indicación NAMO -Indicación NAME -Indicación de tendencia nivel subiendo -Indicación de tendencia nivel bajando -24 salidas digitales en código BCD del nivel del embalse	Abierto
1	Acelerógrafo	Ocurrencia de sismo	Abierto

De acuerdo con la información proporcionada en la tabla 4.1 se observa que al activarse un relevador en cualquier equipo, el sistema debe identificar si se trata de una alarma o de la indicación del estado del instrumento. La detección se lleva a cabo a través de tres puertos externos de entrada con los que cuenta el sistema, por lo que al detectar un estado lógico "1" en cualquier puerto por programa se realiza la identificación.

El cable utilizado para el manejo de señales tiene manufactura especial teniendo en cuenta las distancias que tiene que recorrer desde los instrumentos hasta el cuarto de control, para soportar los esfuerzos mecánicos en los ductos y tener un calibre adecuado para evitar pérdidas por caída de tensión, así como un buen blindaje para evitar interferencias que ocasionen ruido a la señal.



Las señales son conectadas al sistema mediante una interfase para acoplar el sensado por el MCU. En la figura 4.9 se muestra el circuito que se utiliza para acoplar las entradas de cada relevador al adquisidor, y en la figura 4.10 se presenta el diagrama electrónico para la adquisición para todas las alarmas.

Como se puede observar en la figura 4.9 todas las señales de alarmas son introducidas al sistema mediante inversores y todos los relevadores se encuentran normalmente abiertos. Por lo anterior siempre la señal en la entrada del inversor es 5V ó "1" lógico, por lo que el MCU normalmente recibe 0V ó "0" lógico. Cuando el relevador se cierra el circuito realiza un cortocircuito en el capacitor y a la entrada del inversor se tiene un "0" lógico, por lo que el MCU recibe una señal de un "1" lógico y considera que se ha activado una alarma.

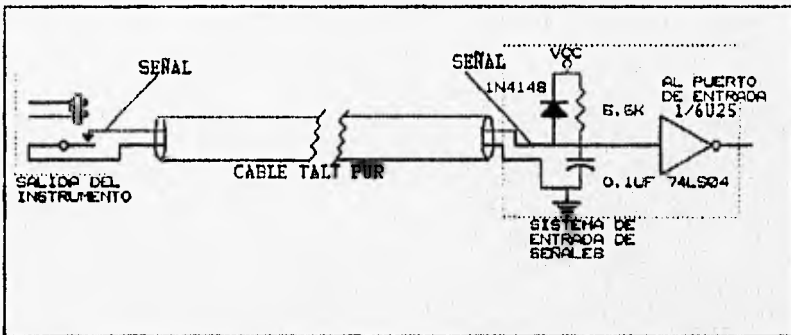


Fig 4.9 Acoplamiento de las señales de alarmas al adquisidor

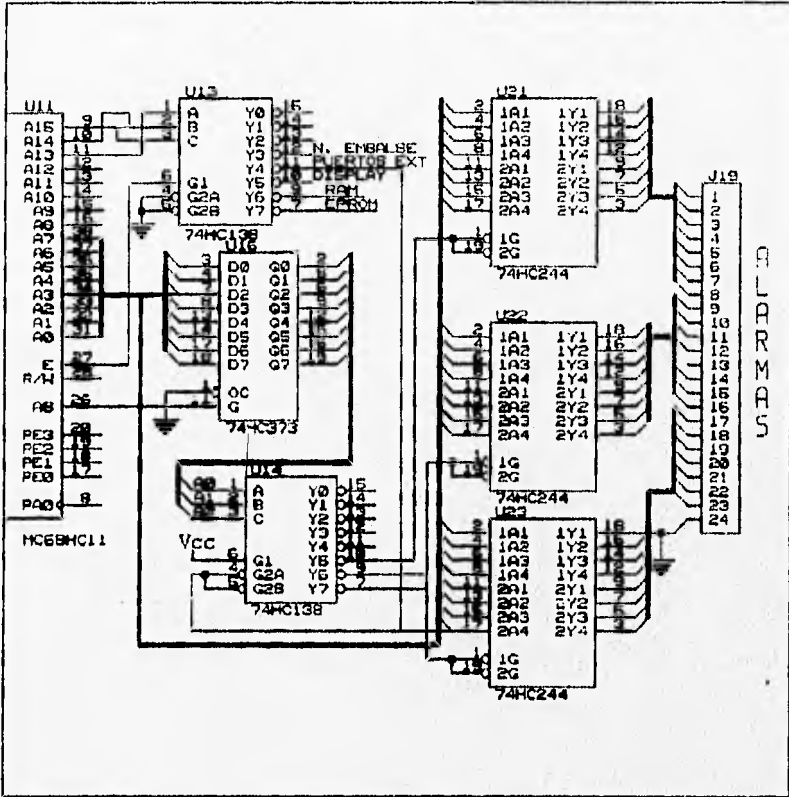


Fig 4.10 Sensado de alarmas

El microcontrolador detecta y almacena datos de 23 señales de alarmas que se enumeran en la tabla 4.2, otras señales como nivel subiendo, nivel bajando y NAMO, sólo son muestreados para su visualización en el tablero pero no se detectan como alarmas.

TABLA 4.2 Señales de alarmas registradas por MCU

NÚMERO DE ALARMA	DESCRIPCIÓN DE LA ALARMA
1	Estado de operación de la Estación inteligente EI1
2	Límites de Clinómetro EI1 excedido
3	Límite de Piezómetro EI1 excedido
4	Estado de operación de la Estación inteligente EI2
5	Límites de Clinómetro EI2 excedido
6	Límite de Piezómetro EI2 excedido
7	Estado de operación de la Estación inteligente EI3
8	Límites de Clinómetro EI3 excedido
9	Límite de Piezómetro EI3 excedido
10	Estado de operación de Telelot 1
11	Límites X, Y Excedidos del Telelot 1
12	Estado de operación del Telelot 2
13	Límites X, Y Excedidos del Telelot 2
14	Estado de operación del Telelot 3
15	Límites X, Y Excedidos del Telelot 3
16	Estado de operación del Telelot 4
17	Límites X,Y Excedidos del Telelot 4
18	Estado de operación del Telelot 5
19	Límites X,Y Excedidos del Telelot 5
20	Alimentación del medidor de nivel de embalse
21	Límite de nivel NAME excedido
22	Límite de nivel NAMINO insuficiente
23	Presencia de una Señal Sísmica

### 4.1.3.- Dispositivos de Almacenamiento de Datos

El sistema almacena la información del estado del sistema y ocurrencia de alarmas para generar un informe sobre la operación del sistema de instrumentación. El banco de memoria esta integrado por una memoria RAM de 2 Kbytes. La habilitación de este dispositivo se realiza de forma similar a la que se tiene para la memoria EPROM, sólo que en este caso direccionan únicamente 2 Kbytes de memoria (\$C000-\$C7FF). El circuito utilizado para direccionar la memoria se muestra en la figura 4.11.

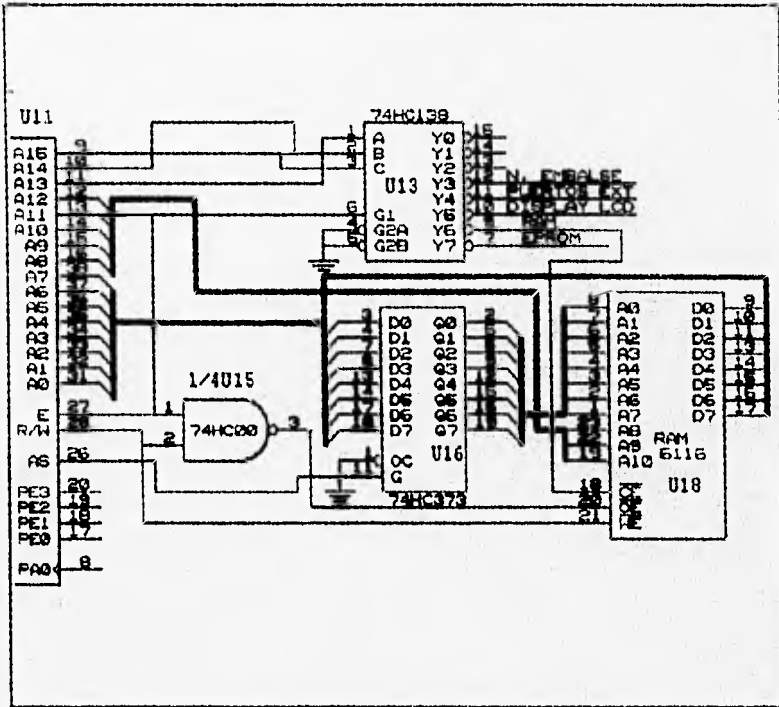


Fig 4.11 Circuito utilizado para el direccionamiento de la memoria RAM.

#### 4.1.3.- Dispositivos de Almacenamiento de Datos

El sistema almacena la información del estado del sistema y ocurrencia de alarmas para generar un informe sobre la operación del sistema de instrumentación. El banco de memoria esta integrado por una memoria RAM de 2 Kbytes. La habilitación de este dispositivo se realiza de forma similar a la que se tiene para la memoria EPROM, sólo que en este caso direccionan únicamente 2 Kbytes de memoria (\$C000-\$C7FF). El circuito utilizado para direccionar la memoria se muestra en la figura 4.11.

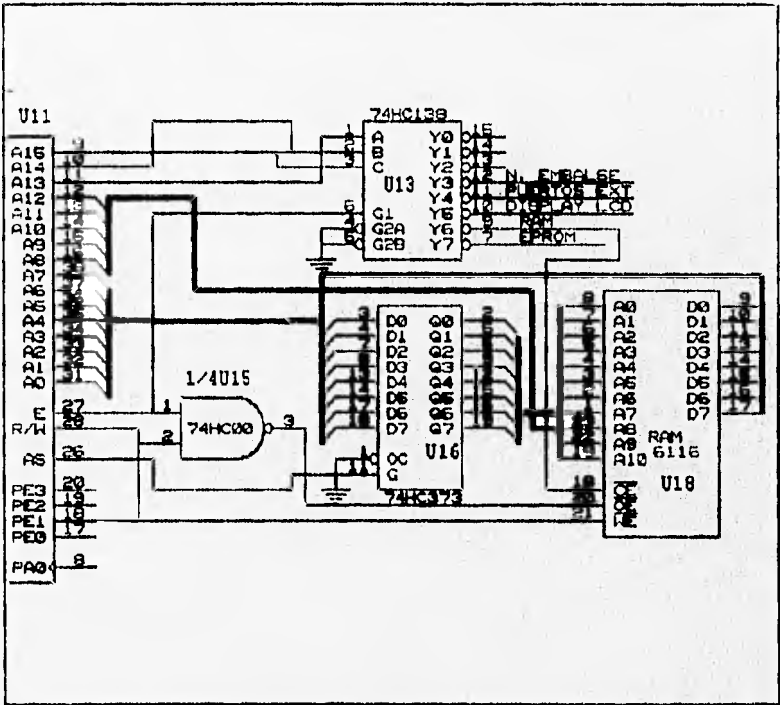


Fig 4.11 Circuito utilizado para el direccionamiento de la memoria RAM.

En la memoria RAM se almacena cada evento junto la fecha y hora de su ocurrencia, para la cual la memoria fue dividida en tres secciones. En la primera sección de memoria se almacenan los datos de hasta 180 eventos con información del tipo de alarma, la fecha y la hora de la activación y la desactivación. Para almacenar estos datos se utilizan 11 localidades de memoria distribuidas con el siguiente formato:

	<u>XX</u>	<u>XXXX</u>	<u>XX</u>	<u>XX</u>	<u>XX</u>	<u>XXXX</u>	<u>XX</u>	<u>XX</u>		<u>XX</u>	<u>XX</u>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
No alarma											
dia juliano											
hora											
minutos											
segundos											
dia juliano											
hora											
minutos											
segundos											

La segunda sección de memoria se utiliza para almacenar temporalmente la hora de inicio y de la desactivación de cada alarma. La información posteriormente es copiada a la primera sección. La forma de almacenar la información en esta sección es similar a la de la primera, con la diferencia que primero se graban las seis localidades iniciales de cada grupo y mientras la alarma continua activada se reescribe la hora y la fecha en las cinco localidades siguientes hasta que se desactiva la alarma, posteriormente se copia toda la información a la primera sección. En esta sección a cada alarma se le asigna un espacio de memoria como se indica en la tabla 4.3.

**TABLA 4.3** Distribución del espacio en la segunda sección de la memoria RAM

TIPO DE ALARMA	DESCRIPCIÓN DE LA ALARMA	LOCALIDADES DE MEMORIA ASIGNADA
1.- FALLA EI1	Falla de la estación inteligente EI1	5C6F4-5C6FE
2.- CLIN. EXC. EI1	Cinómetro excedido de EI1	5C6FF-5C709
3.- PZ. EXC. EI1	Piezómetro excedido de EI1	5C70A-5C714
4.- FALLA EI2	Falla de la estación inteligente EI2	5C715-5C71F
5.- CLIN. EXC. EI2	Cinómetro excedido de EI2	5C720 - 5C72A
6.- PZ. EXC. EI2	Piezómetro excedido de EI2	5C72B - 5C735
7.- FALLA EI3	Falla de la estación inteligente EI3	5C736 - 5C740
8.- CLIN. EXC. EI3	Cinómetro excedido de EI3	5C741 - 5C74B
9.- PZ. EXC. EI3	Piezómetro excedido de EI3	5C74C - 5C756
10.-FALLA GRAL. TL1	Falla general del Teletel 1	5C757 - 5C761
11.-X,Y EXC TL1	Parámetros X,Y excedidos del Teletel 1	5C762 - 5C76C
12.-FALLA GRAL. TL2	Falla general del Teletel 2	5C76D - 5C777
13.-X,Y EXC. TL2	Parámetros X,Y excedidos del Teletel 2	5C778 - 5C782
14.-FALLA GRAL. TL3	Falla general del Teletel 3	5C783 - 5C78D
15.-X,Y EXC. TL3	Parámetros X,Y excedidos del Teletel 3	5C78E - 5C798
16.-FALLA GRAL. TL4	Falla general del Teletel 4	5C799 - 5C7A3
17.-X,Y EXC. TL4	Parámetros X,Y excedidos del Teletel 4	5C7A4 - 5C7AE
18.-FALLA GRAL. TL5	Falla general del Teletel 5	5C7AF - 5C7B9
19.- X,Y EXC. TL5	Parámetros X,Y excedidos del Teletel 5	5C7BA - 5C7C4
20.-FALLA PWR NE	Falla de alimentación del medidor de nivel de embalse	5C7C5 - 5C7CF
21.-NIV. EXC. NAME	Nivel máximo extraordinario	5C7D0 - 5C7DA
22.-NIV. NAMINO	Nivel mínimo de operación	5C7DB - 5C7E5
23.-ALARMA SÍSMICA	Indicador de la ocurrencia de un sismo	5C7E6 - 5C7F0

Finalmente en la tercera sección de la memoria RAM se respaldan los datos importantes para el sistema y que pudieran perderse si llegara a ocurrir una falla de energía, por lo cual se le adaptó una batería de respaldo; en la figura 4.12 se muestra el circuito de respaldo para la polarización de la memoria RAM, mediante una batería de litio. Constantemente se graban los datos de fecha y hora, el número de eventos ocurridos, el contador utilizado para la distribución de la memoria misma y una bandera que indica la ocurrencia de las fallas de la energía. Cuando se enciende el sistema el microcontrolador verifica el estado de una bandera para determinar si se encontraba apagado por la ocurrencia de una falla de energía o por que se inicia la operación del sistema. Si se determina que se regresa de un fallo de energía, el MCU toma del área de respaldo la información necesaria para auto iniciarse y continuar operando, por lo cual el MCU tomará la ultima hora que tenía almacenado en la memoria de respaldo antes de la ocurrencia de la falla de energía. En la figura 4.13 se muestra la distribución utilizada de la memoria RAM del sistema.

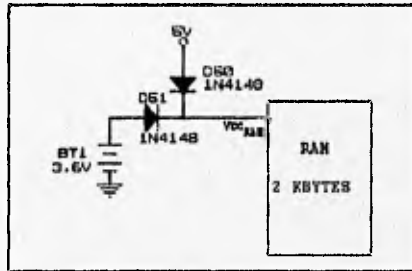


Fig 4.12 Batería de respaldo

**CAPACIDAD DE LA RAM 2 Kbytes**

\$C000	ALMACENAMIENTO DE LOS EVENTOS OCURRIDOS
\$C6F3	
\$C6F4	ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE LOS EVENTOS OCURRIDOS
\$C7F0	
\$C7F1	AREA DE RESPALDO DEL RELOJ FECHADOR
\$C7FF	

Fig 4.13 Mapa de la memoria RAM del sistema.



#### 4.1.4 Dispositivos de Despliegue

El sistema desarrollado tiene un tablero visualizador sobre el cual se tienen instalados tres tipos de dispositivos de despliegues de información que permiten al usuario verificar la operación del sistema de instrumentación. Se tiene una pantalla de cristal líquido (LCD) para desplegar la fecha, hora y el estado de alarmas, una barra de LEDs para indicar gráficamente el nivel del embalse y un display de 7-segmentos para desplegarlo numéricamente.

El tercer tipo de visualizador lo integran un conjunto de lámparas indicadoras del estado de cada alarma. Es importante mencionar que además se cuenta con una bocina para indicar acústicamente la ocurrencia de los eventos.

A continuación se describe con detalle las funciones y características de los dispositivos de despliegue utilizados .

##### a) Visualizador de la Fecha, Hora y Estado de Alarmas

Se utiliza una pantalla de cristal líquido AND-491 para visualizar la fecha y la hora, el estado de alarmas, la temperatura ambiente en el cuarto de control y los parámetros de programación del sistema introducidos a través del panel de control.

La pantalla de LCD AND-491 es un dispositivo versátil y compacto totalmente compatible con el MCU del sistema. Esta tiene un bus multiplexado de datos/direcciones, un bus de control y simultáneamente puede desplegar dos líneas de 16 caracteres alfanuméricos controladas por programa.

Para el control de este dispositivo de despliegue utilizado por el MCU se implementó el circuito que se muestra en la figura 4.14, donde se observa que el bus multiplexado de datos/direcciones se utiliza para proporcionar el código binario de control de la pantalla y de la información a desplegar. La pantalla cuenta con una bandera (BF-bussy flag) que se verifica a través del bus de datos si ésta bandera se encuentra activada no es posible realizar ninguna operación en la pantalla, la señal de habilitación (E) de la pantalla es sincronizada por medio del mismo decodificador utilizado para la memoria RAM y la memoria EPROM.

Se elaboró un programa de inicialización y comunicación con este dispositivo de despliegue que será descrito con detalle en el capítulo VI.

En la figura 4.15 se presentan los diferentes modos de despliegue que se realizan mediante la pantalla LCD.

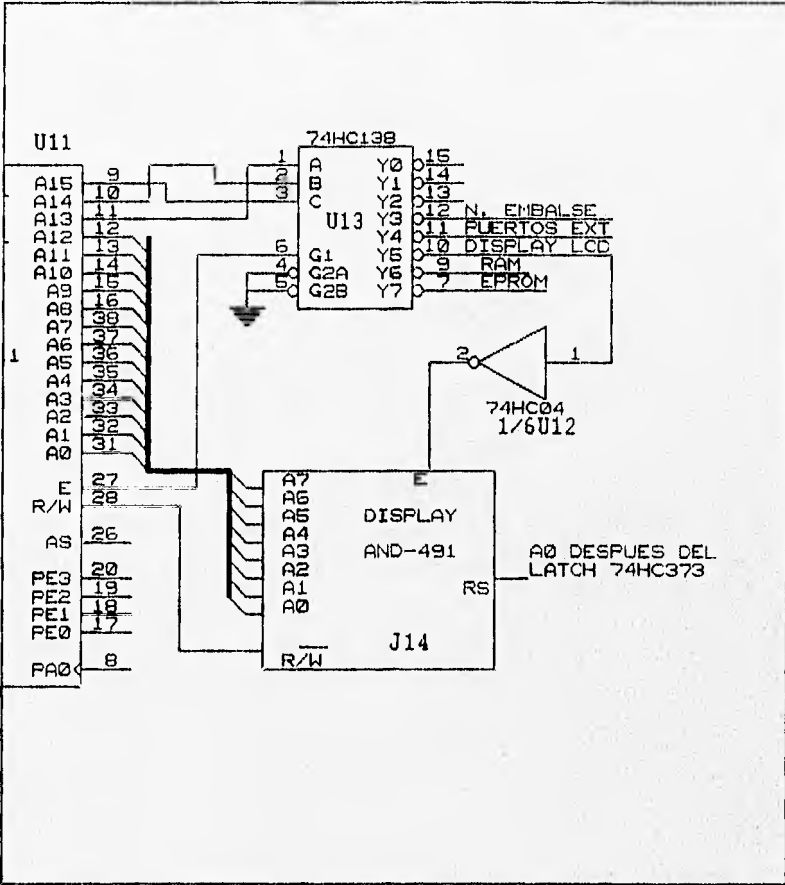
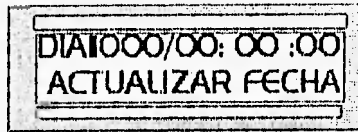
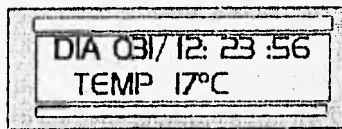


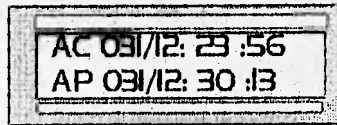
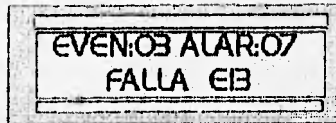
Fig 4.14 Circuito de control del display AND-491



a) Inicio del Sistema



b) Despliegue del Reloj Fechador



c) Estado de alarmas

Fig 4.15 Dispositivo de despliegue LCD

## **b) Visualización del Nivel de Embalse**

La visualización del nivel de embalse como ya se mencionó tiene dos indicadores los cuales son una barra de LEDS que proporciona una aproximación gráfica del nivel existente en la presa, y el otro indicador es un display de siete segmentos el cual proporciona el valor numérico del nivel de embalse.

Para los dos indicadores su señal de origen es proporcionada por el medidor automático de nivel de embalse tipo hidrostático, cuyas características ya fueron descritas en el capítulo III. El equipo proporciona el valor numérico del embalse a través de 26 bits codificados en BCD, con relevadores que para un "0" lógico permanecen abiertos y para un "1" lógico se cierran.

El acoplamiento de las señales para la adquisición del dato proporcionado en cada bit fue realizada de la misma forma como para las señales de entradas de alarmas. El despliegue se realiza con seis dígitos, cuatro de ellos corresponden a la cifra que muestra el valor de los enteros y los dos restantes corresponden a los decimales.

### **1.- Indicador de Nivel de Embalse en Display de 7-Segmentos.**

El indicador esta basado en el circuito integrado 74LS247 que es un decodificador BCD a 7-segmentos, como se muestra en la figura 4.16.

Se utilizaron únicamente 24 bits ya que el dígito más significativo siempre tendrá un valor de uno dado que el nivel del embalse siempre se encuentra dentro del intervalo de 1445 a 1563 m. Esta reducción de bits representa ahorro de líneas de transmisión, lo que permitió utilizar un cable de 28 hilos; se emplean 20 hilos para transmitir información numérica del nivel del embalse, uno para la falla de alimentación del equipo, uno para la tendencia de nivel de aguas bajando, uno para la tendencia de nivel de aguas subiendo, uno para el nivel de aguas mínimo de operación (NAMINO), uno para el nivel de aguas máximo de operación (NAMO), uno para el nivel de aguas máximo extraordinario (NAME) y dos comunes a cero volts. La decodificación para el despliegue del nivel del embalse en display de siete segmentos se realiza de modo directo, pues su habilitación no requiere la intervención del microcontrolador. La figura 4.17 se muestra el display completo utilizado.

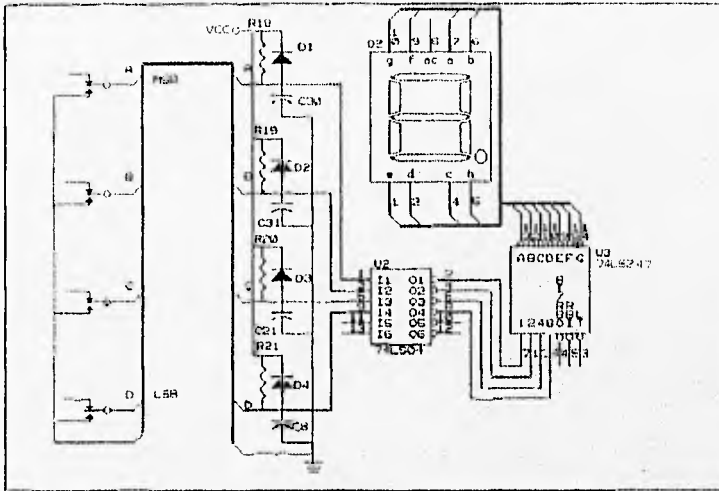


Fig 4.16 Circuito adquirente de nível de enchimento

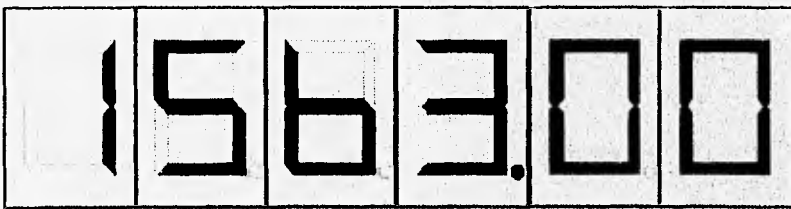


Fig 4.17 Display de 7-segmentos

## 2.-Indicador Gráfico del Nivel del Embalse en Barra de Leds

Para el indicador del nivel del embalse en barra de Leds fue necesaria la adquisición del valor del nivel mediante el MCU, ya que para la habilitación y control del indicador gráfico se tiene que realizar a través del programa principal del microcontrolador. Se registra el valor del nivel del embalse y se procesa la información para ser inmediatamente transmitida a un puerto de salida que proporcionará una salida digital que se introduce a un convertidor D/A para obtener una señal que controlara el encendido de los Leds que indican gráficamente el nivel del embalse. La figura 4.18 muestra el diagrama de bloques de este proceso.

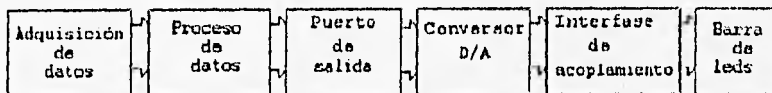


Fig 4.18 Diagrama a bloques del indicador de Nivel de Embalse

La exactitud requerida para la barra de Leds es baja, ya que sólo se da una aproximación gráfica del nivel, para lo cual se utilizó una barra de 26 cm con 50 Leds de colores verde, ámbar y rojo para indicar los niveles normales y extraordinarios del nivel del embalse. En la figura 4.19 se presenta el diagrama electrónico del circuito utilizado para la adquisición y despliegue del nivel del embalse

Una vez registrado por el sistema el valor del nivel del embalse, por programa se codifica este valor en hexadecimal para proporcionalrlo en un puerto de salida, donde a continuación se realiza la conversión D/A a través de un convertidor R-2R en escalera de ocho bits, el cual básicamente consta de un arreglo de resistencias con valores específicos, en las cuales son aplicados los niveles lógicos proporcionados en código binario. En la figura 4.20 se muestra el circuito utilizado y además se muestra su modelo matemático, la resolución es aproximadamente de 20 mV. Debido a la baja resolución, al principio de operación con componentes pasivos y a los posibles picos de voltaje altos en las transiciones de valores, se optó por colocar un

amplificador de acoplamiento a la salida del convertidor con una ganancia de dos para proporcionar un voltaje de resolución más alto, evitar picos de voltaje y para no cargar el circuito pasivo con un exceso de corriente que demande la carga que en este caso es el circuito de despliegue de LEDs. El diseño y el circuito del amplificador utilizado también se muestra en la figura 4.20.

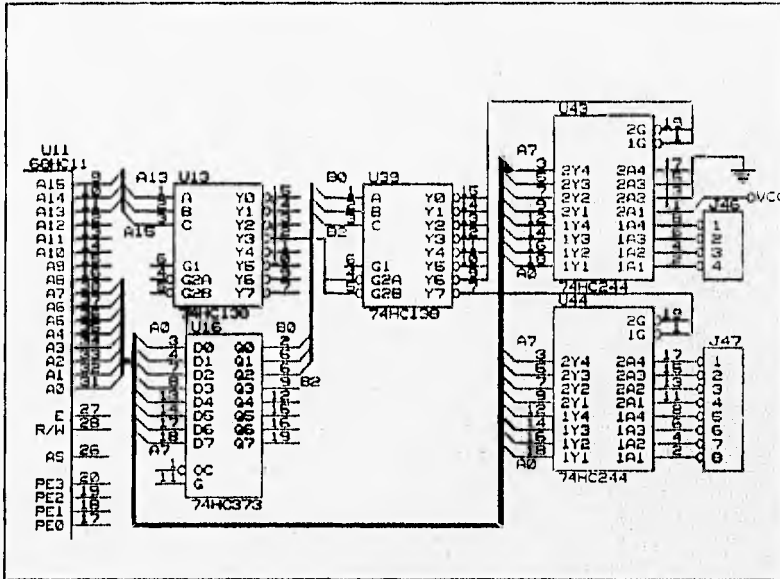


Fig 4.19 Sistema de adquisición para datos de nivel del embalse

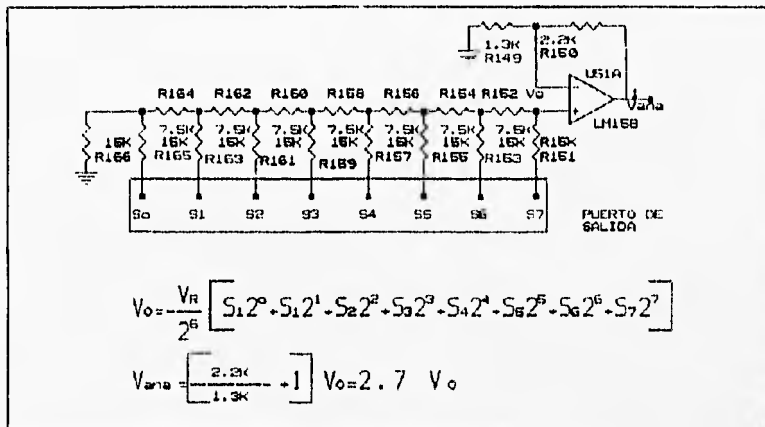


Fig 4.20 Diagrama de convertidor digital/análogo

Con el voltaje obtenido a la salida del amplificador que es directamente proporcional al valor del nivel del embalse, se utilizó el circuito LM3914 para el control de la barra de Leds. El circuito LM3914 internamente contiene 10 comparadores de voltaje, que proporcionan una salida de encendido a cada LED, cuando es rebasado el voltaje de referencia de cada uno. Los comparadores tienen un arreglo de cascada, tanto en la salida de Leds como en los voltajes de referencia de cada comparador, además internamente ya cuenta con un voltaje de referencia de 1.2 V que es distribuido a 10 resistencias de 1KΩ que son situadas en la entrada de referencia de cada comparador, en la figura 4.21 se muestra el circuito interno del LM3914.



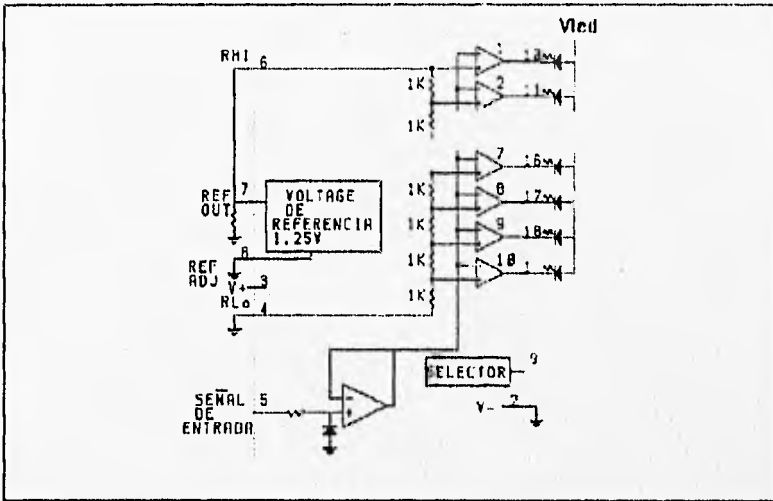


Fig 4.21 Circuito interno del C.I. LM3914

Para lograr un correcto despliegue gráfico del nivel del embalse se utilizó un arreglo en serie de cinco circuitos LM3914. El objetivo de este arreglo es tener una señal común para los cinco circuitos, que en este caso es la señal de voltaje proporcionado por el amplificador de acoplamiento. Este voltaje es comparado con los voltajes de referencia de los 50 comparadores internos existentes en todo el arreglo de los circuitos integrados, entonces al ir rebasando la señal de entrada el voltaje de referencia de cada comparador, se activa al circuito para que se encienda el LED de salida asociado a ese comparador, con lo que finalmente se consigue habilitar la barra de LEDS al nivel prefijado mediante el voltaje de entrada.

En la tabla 4.4 se presenta la distribución de los LEDS por colores teniendo en cuenta los diferentes valores del nivel del embalse, y en la figura 4.22 se presenta el circuito electrónico para el despliegue gráfico.

**TABLA 4.4 Distribución por Colores y Encendido de la Barra de LEDs**

DISTANCIA (cm)	NIVEL DEL EMBALSE (m)	NIVEL	Nº DE LED Y COLOR	VALOR (ON) HEXADECIMAL	
26.0	1563	NAME	50 ROJO	CC	
			49 ROJO	CA	
			48 ROJO	C5	
	1562		47 ROJO	C1	
			1561	46 ROJO	BD
				45 ROJO	B9
22.88	1560	NAMO	44 AMBAR	B3	
	1554		43 AMBAR	B1	
	1548		42 AMBAR	AD	
	1542		41 AMBAR	A8	
	1536		40 VERDE	A5	
	1530		39 VERDE	A0	
	1525		38 VERDE	9D	
19.24	1519	NAMINO	37 VERDE	99	
	1517		36 VERDE	95	
18.20	1515	GALERIA 1	35 VERDE	91	
	1513		34 VERDE	8D	
	1511		33 VERDE	89	
	1509		32 VERDE	84	
	1507		31 VERDE	81	
	1505		30 VERDE	7E	
	1503		29 VERDE	7A	
	1501		28 VERDE	76	
	1499		27 VERDE	72	
	1497		26 VERDE	6D	
	1495		25 VERDE	69	

**TABLA 4.4** Continuación

DISTANCIA (cm)	NIVEL DE EMBLASE (m)	NIVEL	Nº DE LED Y COLOR	VALOR (ON) HEXADECIMAL	
12.53	1493	GALERIA 2	24 VERDE	65	
	1491		23 VERDE	61	
	1489		22 VERDE	5D	
	1487		21 VERDE	59	
	1485		20 VERDE	55	
	1483		19 VERDE	51	
	1481		18 VERDE	4D	
	1479		17 VERDE	49	
	1477		16 VERDE	45	
	1475		15 VERDE	41	
	1473		14 VERDE	3C	
	1471		13 VERDE	38	
	0.24		1469	GALERIA 3	12 VERDE
1467		11 VERDE	30		
1465		10 VERDE	2C		
1463		9 VERDE	27		
1461		8 VERDE	23		
1459		7 VERDE	1F		
1457		6 VERDE	1B		
1455		5 VERDE	17		
1453		4 VERDE	13		
1451		3 VERDE	F		
0.52		1449	2 VERDE		B
0		1447	1 VERDE		7

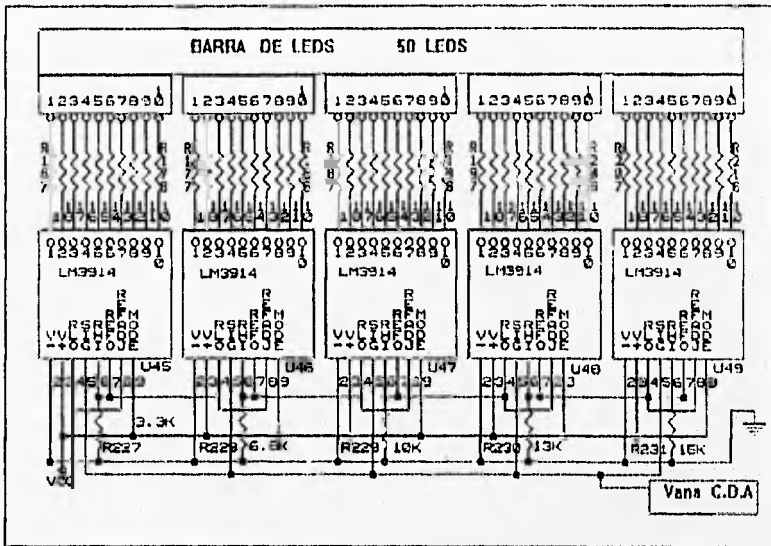


Fig 4.22 Circuito de despliegue analógico

### c) Indicadores de Estado de Alarmas

Para que el tablero proporcionara una identificación rápida de activación de las alarmas, se colocaron lámparas de bajo consumo (40 mA), distribuidas de tal manera que se puede hacer una localización visual rápida de la falla. Para el sistema adquisidor son totalmente independientes estas señalizaciones, con que se aseguran dos formas de registro y de ocurrencia de fallas, ya que si alguna de las lámparas esta fundida no habrá efecto visual pero el sistema si registra la falla y activa un bocina que avisa que ocurrió una alarma.

El tablero cuenta con un total de 29 lámparas, de las cuales siete son encendidas por el microcontrolador y 22 son encendidas directamente por los equipos que generan la señal. El MCU activa las que provienen de las estaciones inteligentes y del evento sísmico. Para activar las alarmas de la Estación Inteligente se requirió implementar un algoritmo para determinar si

se presenta una falla, ya que estas estaciones proporcionan un pulso con duración de seis segundos cada hora, para indicar que la estación inteligente opera correctamente, por lo que si el pulso no se presenta a la hora, se debe considerar que se ha presentado una falla. La señal sísmica también es registrada por el microcontrolador para que su proceso sea detectado y activado desde el sistema, para después tener oportunidad de controlar aparatos externos desde el sistema. En la figura 4.23 se muestran el circuito electrónico utilizado para el manejo de las lámparas indicadores de alarmas.

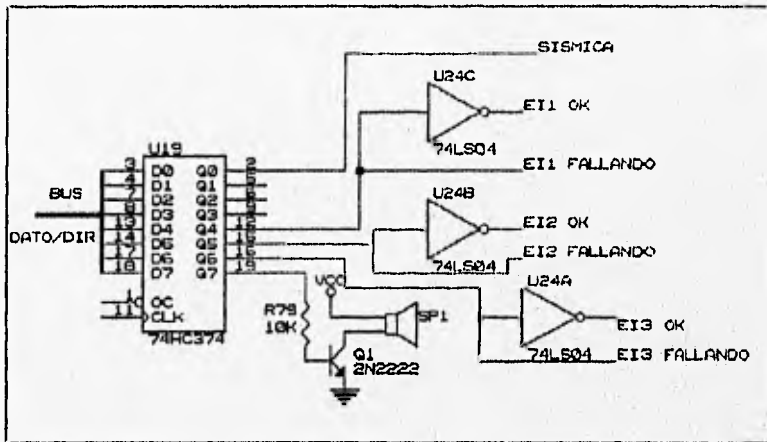


Fig 4.23 Puerto de salida (Operador de señales de indicación)

La tabla 4.5 muestra todas las lámparas con las que cuenta el sistema, y sus funciones.

TABLA 4.5 Número y funciones de las lámparas indicadoras de alarma

NUMERO DE LÁMPARAS	INSTRUMENTO AL QUE ESTAN CONECTADAS	COLOR Y ESTADO	INDICACIÓN
3	Estaciones Inteligentes E11, E12, E13	verde normalmente encendida	operación correcta de la estación
3	Estaciones inteligentes E11, E12, E13	rojo normalmente apagada	falla de la estación
5	Teletel TL1, TL2, TL3, TL4, TL5	rojo normalmente apagada	falla general del equipo
5	X, Y excedidos en Teletel TL1, TL2 TL3, TL4, TL5	ámbar normalmente apagada	límites excedidos
3	Clinómetros E11, E12, E13	ámbar normalmente apagada	falla general del equipo
3	Piezómetros E11, E12, E13	ámbar normalmente apagada	falla general del equipo
1	Nivel subiendo	verde	tendencia de nivel subiendo
1	Nivel bajando	verde	tendencia de nivel bajando
1	Evento sísmico	ámbar normalmente apagada	existencia de sismo
1	Nivel de aguas máximas extraordinarias NAME	rojo normalmente apagada	nivel NAME excedido
1	nivel de aguas mínimas de operación NAMINO	rojo normalmente apagada	nivel NAMINO insuficiente
1	nivel de aguas máximas de operación NAMO	ámbar normalmente apagada	nivel NAMO excedido
1	Alimentación del nivel del embalse	rojo normalmente apagada	falla de alimentación del equipo

Todas las lámparas utilizadas tienen el circuito de habilitación que se muestra en la figura 4.24.

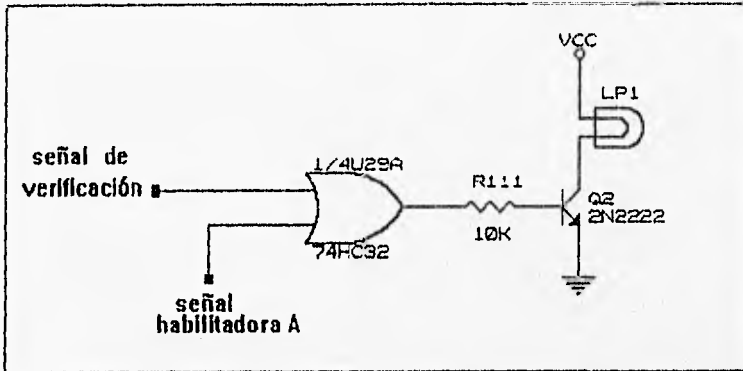


Fig 4.24 Circuito para habilitación de lámparas

Como se observa en la figura 4.24 también se tiene una señal de verificación, que se utiliza para verificar el estado de las lámparas y poder constatar si todas funcionan adecuadamente. normalmente esta señal se encuentra en un estado lógico cero, y al activarse con un "1" lógico se encenderán simultáneamente todas la lámparas. El circuito para generar la señal de verificación se muestra en la figura 4.25, en el cual se observa que se generan dos señales de verificación para encender en dos tiempos todas las lámparas, lo cual se hizo para obtener una mejor distribución de la carga, y no causar daños a la fuente de alimentación del sistema. Priero son verificadas la mitad de las lámparas y luego la otra mitad restante, la duración del tiempo de encendido es de aproximadamente tres segundos. El circuito generador de señales de verificación se basa en dos circuitos monoestables encadenados, de tal manera que el primero es activado por el interruptor en un flanco de bajada mientras que el segundo se activa con el flanco de bajada del primer circuito como lo muestra la figura. Se utilizó el circuito integrado LM556 que tiene dos LM555 en un sólo encapsulado que son los circuitos utilizados para diseñar los monoestables requeridos.

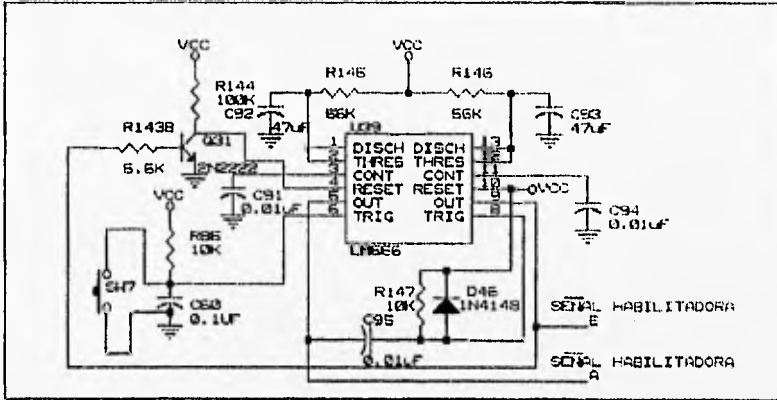


Fig 4.25 Circuito de verificación de sistema

#### 4.1.5 Sensor de Temperatura

El sistema cuenta con un sensor de temperatura para medir la temperatura ambiente del cuarto de control donde se encuentra instalado el tablero de visualización.

El transductor de temperatura utilizado es el circuito integrado LM35, que genera un voltaje proporcional a la temperatura sensada en grados Celsius. Este circuito presenta una excelente respuesta lineal, con un factor de escala de 10 mV/°C, tiene baja impedancia de salida, se polariza con una sota fuente de voltaje de 4 a 30 VDC y tiene una exactitud de  $\pm 1$  °C. Por sus características técnicas este circuito integrado presentó una de las mejores soluciones para medir la temperatura con la exactitud requerida.

La señal generada por el transductor de temperatura requirió ser amplificada para conectarla al convertidor A/D del microcontrolador, pues la resolución del convertidor es de 20 mV/bit y el factor de escala del transductor es de 10 mV/°C, por lo que se tendrían dos grados Celsius/bit, lo cual estaba fuera de las especificaciones para medir la temperatura ambiente, ya que se requería por lo menos de un bit por grado Celsius. Por lo anterior se utilizó un amplificador operacional no inversor con ganancia de dos para que así se tuviera una relación de 20 mV/°C la cual ya es detectada por el convertidor A/D del microcontrolador para así tener la resolución





La señal del oscilador de 60 Hz es muestreada por el MCU mediante el puerto A, el cual comparte funciones con el timer. El puerto A cuando trabaja como puerto de propósito general tiene tres pines de entrada, cuatro de salida y uno bidireccional; sin embargo, también tiene otra función alternativa, los cuales son tres entradas de captura, cuatro de comparación y uno de acumulador de pulsos. En este caso se utilizó una de las entradas de captura del microcontrolador (PA0), la cual puede ser programada mediante el registro TCTL2 para detectar un flanco de subida, de bajada, ambos o deshabilitarse, como se muestra en la tabla 4.6.

**TABLA 4.6** Programación de las entradas de captura

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	EDG1B	EDG1A	EDG2B	EDG2A	EDG3B	EDG3A

**TCTL2 (\$1021)**

EDGXB	EDGXA	FUNCION
0	0	CAPTURA DESHABILITADA
0	1	CAPTURA DEL FLANCO DE SUBIDA
1	0	CAPTURA DEL FLANCO DE BAJADA
1	1	CAPTURA DEL FLANCO DE SUBIDA O DE BAJA

X = 1, 2, 3 entradas de captura

También se programan los registros TMSK1 (\$1022) y TFLG1 (\$1023), el primero se programa para habilitar la interrupción por entrada de captura y el segundo contiene la bandera indicadora de que ha ocurrido tal interrupción.

7	6	5	4	3	2	1	0
OC1I	OC2I	OC3I	OC4I	OC5I	IC1I	IC2I	IC3I

**TMSK1 (\$1022)**

7	6	5	4	3	2	1	0
OC1F	OC2F	OC3F	OC4F	OC5F	IC1F	IC2F	IC3F

**TFLG1 (\$1023)**

Para la contabilización de los ciclos de 60 Hz se detectan los flancos de subida y por programa se actualizan los contadores para tener la información exacta del reloj; todo este proceso el microcontrolador lo realiza en pocos microsegundos y dada la exactitud del oscilador de 60 Hz, se tiene que el reloj generado es de gran confiabilidad.

En la figura 4.27 se muestra la forma de conexión del oscilador al microcontrolador.

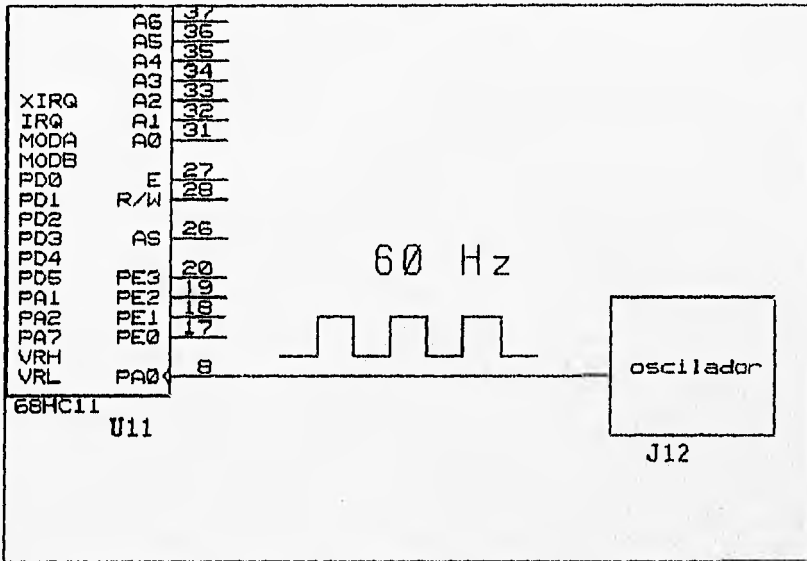


Fig 4.27 Reloj de tiempo real.

### 4.1.7 Características del circuito oscilador de 60 Hz

La señal de 60 Hz es generada mediante un circuito constituido por un cristal de alta precisión TCXO (oscilador de cristal compensado contra temperatura) con salida de 2.4576 MHz la cual es acoplada a una etapa divisora de frecuencia para obtener 60 Hz.

La figura 4.28 muestra la configuración del circuito empleado para el oscilador de 60 Hz.

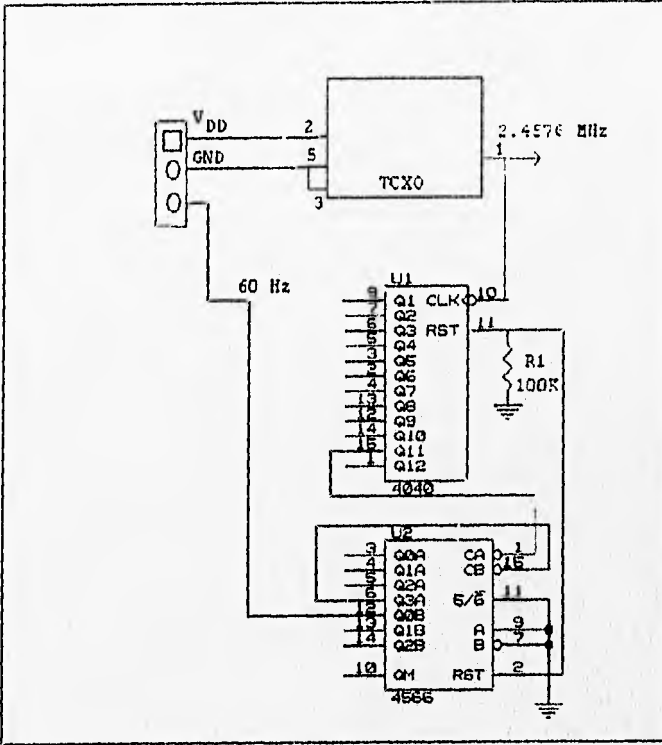


Fig 4.28 Oscilador de precisión

#### 4.1.8 Panel de Control.

Mediante el panel de control se hace posible la comunicación del usuario con el sistema, ya que se puede realizar la programación de los parámetros necesarios para el funcionamiento del sistema; se puede actualizar el reloj fechador, solicitar el informe de eventos de alarmas, borrar los datos almacenados en la memoria RAM, realizar la verificación de lámparas indicadoras, y apagar señal acústica.

Para la operación del panel de control se trabaja mediante la habilitación y lectura de un puerto externo (figura 4.29). El direccionamiento de este puerto se realiza mediante el decodificador del sistema 74HC138 que direcciona también a los circuitos que están sensando los estados de las alarmas.

El microcontrolador realiza la lectura de 8 bits del puerto externo (74HC244), se tiene en la entrada de este puerto un conjunto de interruptores que ayudan a cambiar el estado de cada bit que lee el puerto. Para la lectura de cada interruptor se generan por programa retardos de 15 ms para evitar rebotes durante la presión de alguno de estos botones.

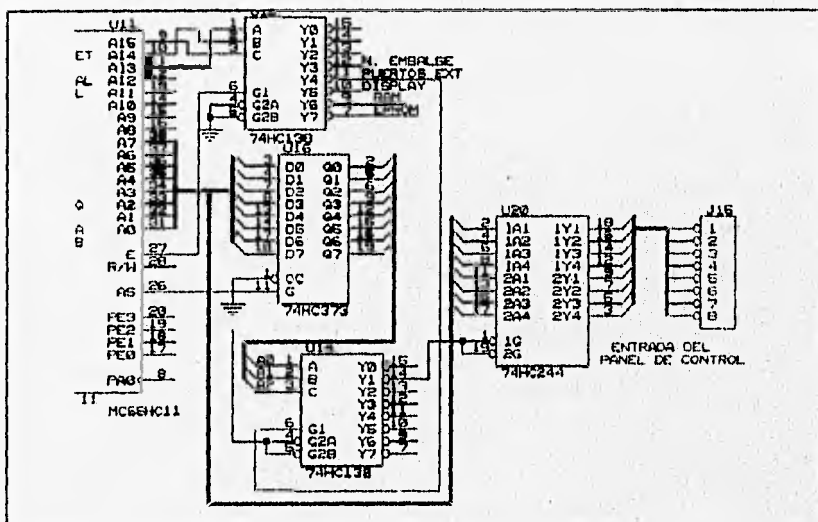


Fig 4.29 Acceso al panel de control

La distribución del panel de control se muestra en la figura 4.30, se puede observar la pantalla de cristal líquido, junto a la cual se colocaron los botones para introducir información, además se instaló una lámpara indicadora de sismo ya que constituye una alarma más importante. También se cuenta con el botón apagador de buzzer, que se utiliza para apagar la alarma acústica, el botón rotulado como verificación se utiliza para verificar que las lámparas indicadoras estén en buen estado y finalmente se tiene el botón de estado de alarmas, que se emplea para solicitar al sistema el informe en pantalla de todos los eventos ocurridos.

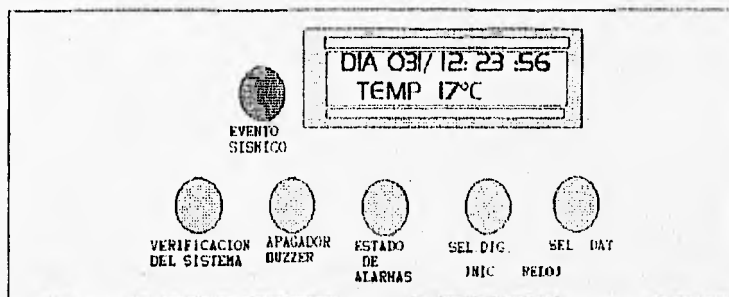


Fig 4.30 Panel de control

En la figura 4.31 se muestra la pantalla de inicialización del reloj-fechador, el cual se realiza mediante los botones indicados como SEL. DIG. y SEL. DAT., con el primero se selecciona la posición del cursor y con el segundo los datos para la actualización o corrección del reloj fechador.



Fig 4.31 Inicialización del reloj-fechador

Cuando se oprime el botón indicado como estado de alarmas o se le indica al microcontrolador que se requiere un reporte de los eventos ocurridos, los cuales han sido grabados en la memoria RAM. El microcontrolador despliega en la pantalla los datos necesarios para realizar dicho reporte, tales como: número de evento, alarma activada y número de ésta, hora y día de activación y desactivación, como se muestra en la figura 4.32.

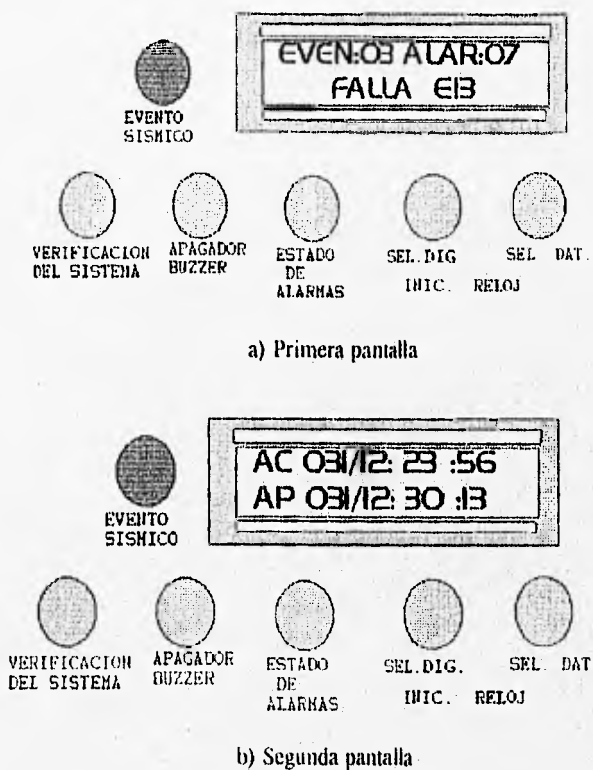


Fig 4.32 Estado de alarmas

## V. CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE SEÑALIZACION DE ALARMAS

La construcción del tablero se llevó a cabo siguiendo las siguientes etapas:

- a) Diseño del esquema del tablero.
- b) Diseño electrónico del sistema.
- c) Pruebas preliminares de funcionamiento.
- d) Elaboración de los diagramas y diseño de las tarjetas en circuito impreso mediante software especializado (Orcad y Tango Plus).
- e) Construcción del tablero.
- f) Pruebas finales de funcionamiento.
- g) Diseño y construcción del sistema de soporte del tablero.

A continuación se describen los aspectos más importantes de cada etapa.

### 5.1 Diseño del esquema del tablero.

La función del sistema de señalización es mostrar de manera clara y confiable los avisos de alarma generados por los diferentes instrumentos del sistema automatizado de medición. En el diseño se consideró que el sistema presentara las señales de alarma en forma acústica y visual, por lo que se diseñó un tablero para concentrar e identificar rápidamente el tipo de alarma, el instrumento que la generó y su ubicación en la estructura. Para cumplir con lo anterior se fabricó un tablero que presenta en la parte frontal un croquis de la cortina de la presa, indicando todas las galerías y pozos principales de acceso, así como la ubicación en la estructura de las estaciones de medición del sistema automatizado.

Los instrumentos de medición del sistema automatizado que generan señales de alarmas y que se presentan en el tablero de señalización indicando su ubicación son:

- Tres estaciones inteligentes
- Cinco lectores automáticos de plomada (Telelots)
- Un medidor de nivel de embalse

Se consideró mostrar para cada uno de los siguientes instrumentos mediante lámparas de varios colores y un buzzer sus alarmas y estados de operación:



#### Estaciones inteligentes:

Operación correcta, únicamente en forma visual con lámpara en color verde.

Alarma 1 (falla de instrumento), visualmente con lámpara en color rojo y buzzer.

Alarma 2 (límite de clinómetro excedido), visualmente con lámpara en color ámbar y buzzer.

Alarma 3 (límite de piezómetro excedido), visualmente con lámpara en color ámbar y buzzer.

#### Lectores automáticos de plomada ( telelots):

Alarmas 1 - 4 (límites X,Y excedidos), con lámpara en color ámbar y buzzer.

Alarma 5 (falla de instrumento), con lámpara en color rojo y buzzer.

#### Medidor automático de nivel de embalse:

Falla de instrumento, con lámpara en color rojo y buzzer.

Dado que el nivel de agua en el embalse es uno de los factores más importantes para determinar el comportamiento de la presa se consideró presentarlo en forma numérica y gráfica por medio de un display de 7 segmentos y una barra de leds, respectivamente, indicando también los siguientes estados y alarmas:

Tendencia del nivel (subiendo-bajando), con lámparas tipo flechas en color verde.

Nivel de aguas máximo excedido (NAME ), con lámpara y leds en color rojo y buzzer.

Nivel de aguas máximo de operación (NAMO), con lámpara y leds en color ámbar.

Nivel de aguas mínimo de operación (NAMINO), con lámpara y leds en color verde y buzzer.

Para monitorear adecuadamente las alarmas el tablero tiene la capacidad de almacenarlas y registrar la fecha y hora de activación y desactivación, identificar su procedencia y visualizarla mediante un dispositivo de despliegue externo. Además continuamente presenta información de la fecha, hora y de la temperatura ambiente.

Para la comunicación con el usuario y programación de los parámetros, el tablero cuenta con un panel de control con un arreglo de cinco botones del tipo push-button con los que el usuario puede realizar las siguientes funciones:

- Actualización del reloj fechador con los botones correspondientes a la función de inicialización del reloj (Inic. Reloj): botón SELDIG y SELDAT
- Auto prueba de lámparas, mediante el botón "Verificación del sistema".
- Cancelación de la alarma sonora, mediante el botón "Apagador Buzzer".

- Visualización del estado de alarmas, mediante el botón "Estado de Alarmas".
- Borrado de información de alarmas, que requiere de una secuencia de opresión de botones en clave.
- Inicialización del sistema (reset).

El tablero también cuenta con una indicación de ocurrencia de eventos sísmicos mediante una lámpara en color ámbar, además de encender la alarma acústica (buzzer).

La figura 5.1 muestra el diseño definitivo del esquema completo del tablero.

## 5.2 Circuitos electrónicos del sistema.

El sistema utiliza un dispositivo central inteligente (microcontrolador MC68HC11) para coordinar todas las funciones requeridas.

El sistema de señalización de alarmas tiene un diseño electrónico que cumple con las siguientes especificaciones requeridas por el sistema de instrumentación automatizado:

- Disposición continua y confiable para la vigilancia del bus de alarmas, para activarse oportunamente ante la ocurrencia de alguna de ellas.
- Claridad en la indicación visual y acústica de las alarmas y de los estados de operación de las estaciones de medición.
- Almacenamiento de las alarmas ocurridas, registradas con el origen y la fecha, hora, minuto y segundo de activación y desactivación.
- Capacidad para generar un reporte completo de estados de las alarmas.
- Despliegue continuo de la fecha, hora y temperatura ambiente con alta exactitud.
- Despliegue continuo del nivel de embalse en forma gráfica y numérica.
- Autoprueba de dispositivos indicadores de alarmas.
- Seguridad en los datos almacenados.
- Alta capacidad de almacenamiento.
- Inmunidad a efectos de ruidos e inducciones externas para evitar disparos en falso.
- Alta velocidad de operación en la detección y registro de eventos.
- Facilidad de operación.
- Protegido contra descargas y sobrevoltajes.
- Bajo consumo.
- Con componentes electrónicos comerciales de fácil adquisición para un mantenimiento correctivo oportuno.
- Con flexibilidad para adaptarse a posibles modificaciones, reprogramaciones o implementaciones adicionales.

# C.H.ING.FERNANDO HIRIART BALDERRAMA

## SISTEMA DE AUSCULTACION PRESA ZIMAPAN

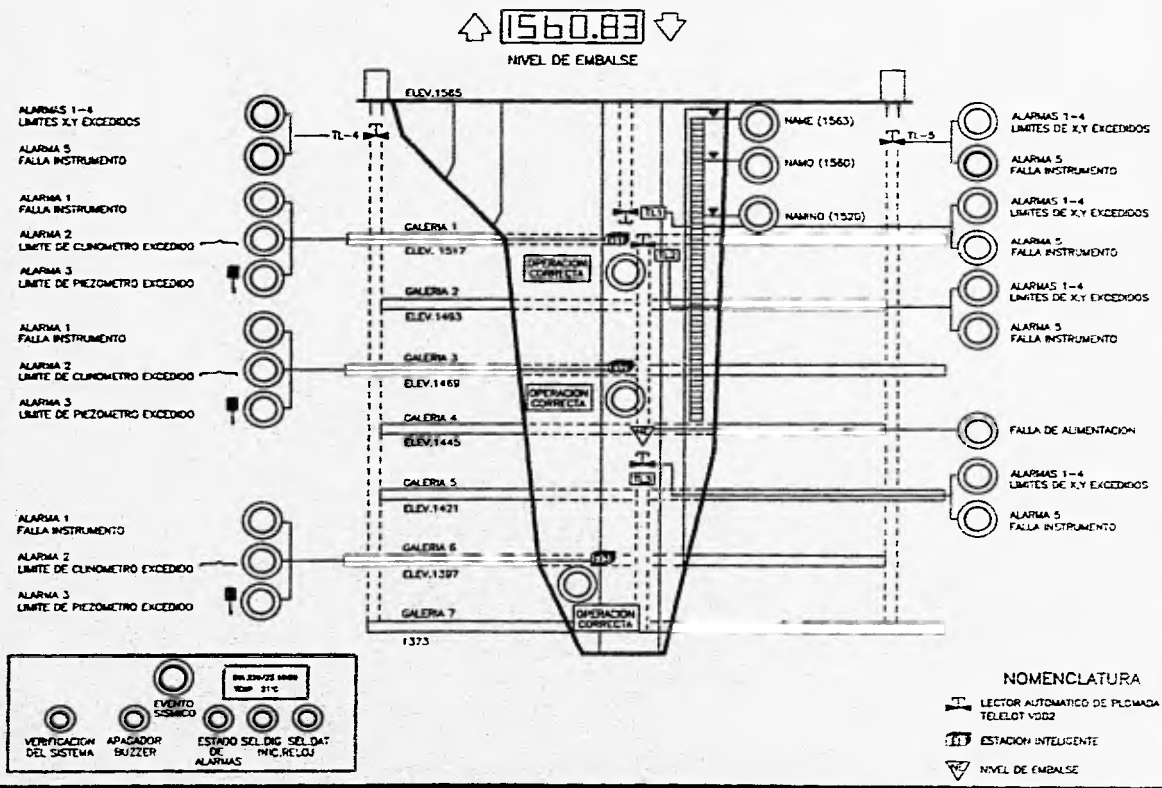


Fig 5.1 Esquema del tablero de señalización de alarmas

### 5.3 Pruebas preliminares de funcionamiento.

Las pruebas de funcionamiento preliminares se fueron efectuando sobre el avance en el diseño y construcción del sistema, por lo que se utilizaron tableros del tipo "protoboard" para probar cada etapa en forma independiente, para de esta manera efectuar las correcciones correspondientes y obtener un funcionamiento satisfactorio de todo el sistema.

La figura 5.2 muestra el prototipo para realizar las pruebas preliminares del sistema.

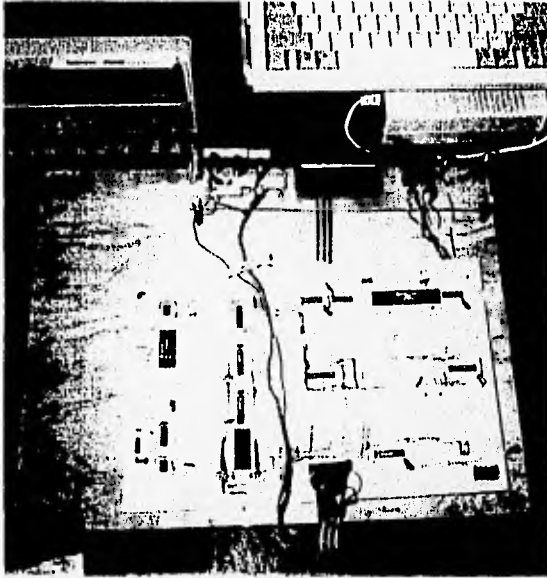


Fig 5.2 Prototipo del sistema alambrado en tabletas "protoboard"

#### **5.4 Elaboración de los diagramas electrónicos y diseño de las tarjetas para circuito impreso, utilizando software especializado.**

Una vez concluido el diseño y las pruebas preliminares de funcionamiento de todo el sistema, se procedió a elaborar las plantillas para la construcción de las tarjetas finales en circuito impreso. Para ello se utilizó como herramienta una computadora personal y los programas OrCAD y Tango-Plus.

Para el diseño de las tarjetas se dividieron los circuitos electrónicos en ocho módulos, correspondiendo una tarjeta para cada módulo:

- Tarjeta controladora del sistema (microcontrolador, memorias, sensado de alarmas y manejo del panel de control).
- Tarjeta de manejo de alarmas (acoplamiento del bus de alarmas con la tarjeta controladora)
- Tarjeta de manejo de lámparas.
- Tarjeta de conversión del bus BCD a display de 7-segmentos.
- Tarjeta para montaje de display de 7-segmentos ( despliegue del nivel de embalse).
- Tarjeta para el manejo de la barra de leds ( para la indicación gráfica del nivel de embalse).
- Tarjeta para el montaje de la barra de leds.
- Tarjeta de la base de tiempo de alta exactitud (para la generación del reloj fechador).

La figuras 5.3 muestra la disposición de elementos y conectores de cada una de las tarjetas.

#### **5.5 Construcción del tablero**

Una vez concluida la etapa de diseño y prueba de todo el sistema electrónico, se procedió con la construcción del tablero, para ello se recurrió a una compañía especializada para que con el esquema mostrado en la figura 5.1 elaborara sobre una lámina de vinil de color negro de 1m x 1.3m la rotulación de las figuras, líneas y letreros del tablero.

De la misma manera las plantillas de las tarjetas para circuito impreso que se diseñaron fueron enviadas a una compañía especializada para su fabricación. Una vez que se fabricaron tanto las tarjetas como el tablero se procedió al montaje y ensamble de sus elementos, posteriormente se efectuaron las pruebas de funcionamiento de cada tarjeta, simulando el bus de alarmas y el código BCD.

La figura 5.4 muestra las pruebas de funcionamiento del sistema con las tarjetas en circuito impreso.

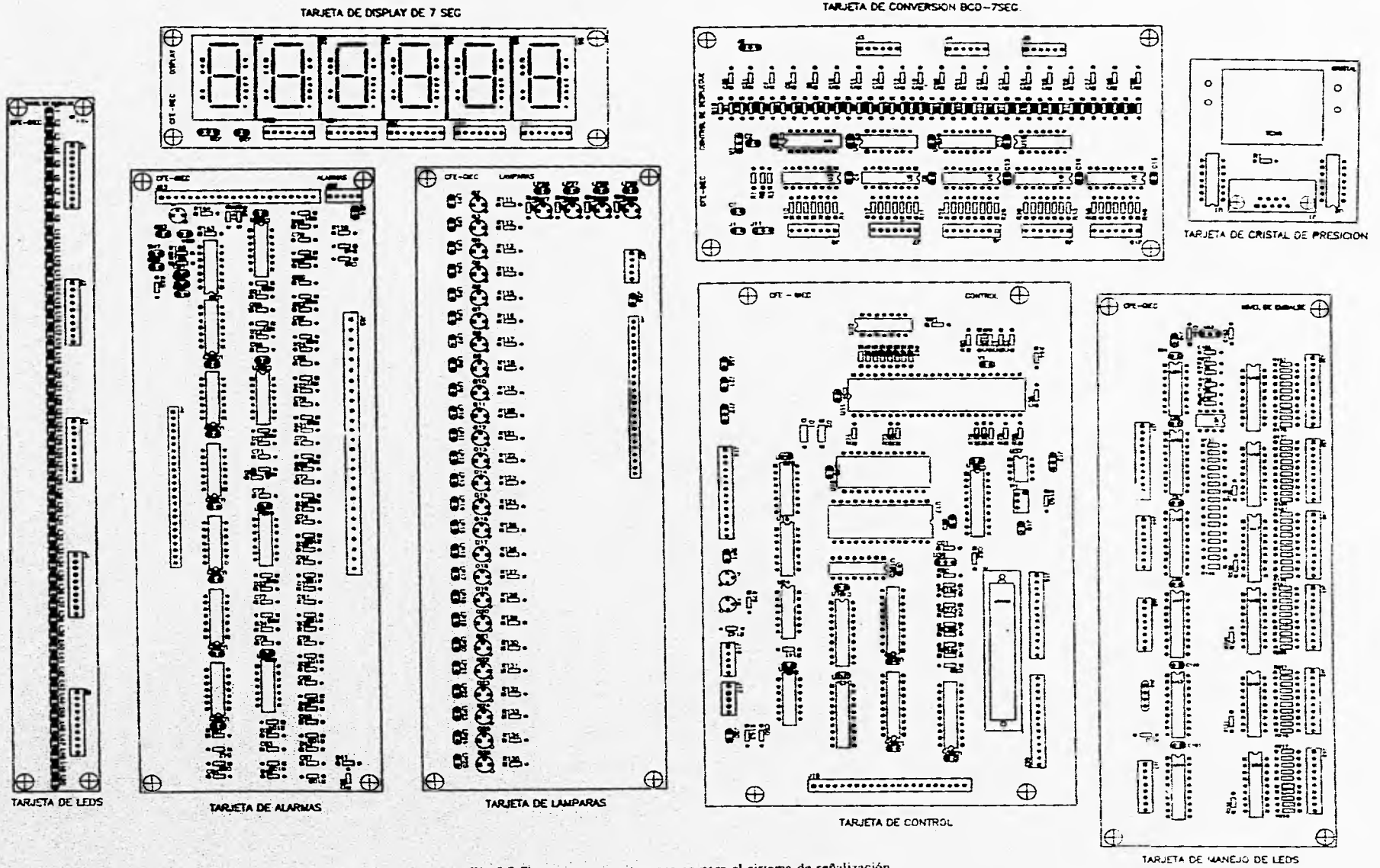
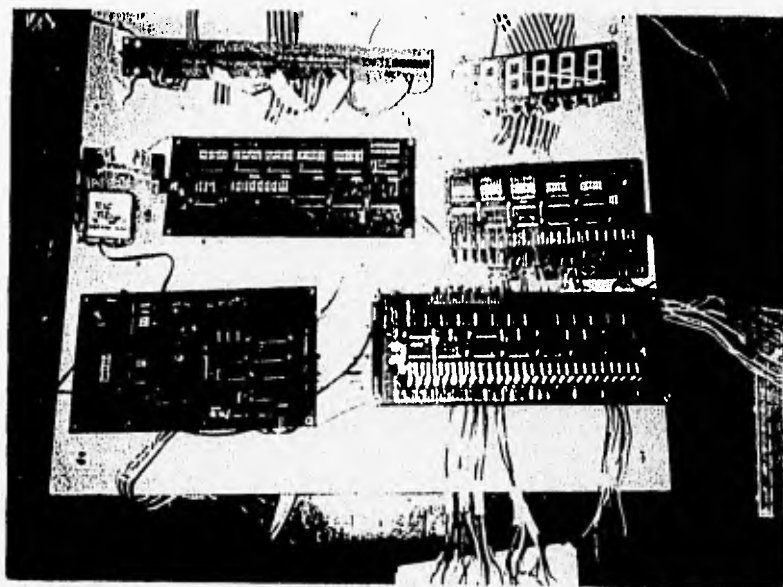


Fig. 5.3 Tarjetas en circuito impreso para el sistema de señalización

Finalmente se realizó el montaje e interconexión de los elementos de la parte frontal: 29 lámparas, tarjeta del display de 7 segmentos, tarjeta indicadora de LED, display de cristal líquido y cinco botones del tipo "pushbutton".

La figura 5.5 muestra el tablero de señalización de alarmas con todos sus elementos.



**Fig 5.4 Pruebas de funcionamiento con las tarjetas en circuito impreso.**

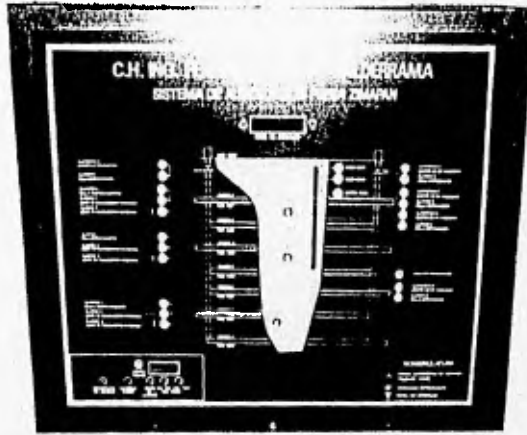


Fig 5.5 Vista frontal del tablero de señalización

#### **5.6 Pruebas finales de funcionamiento en laboratorio.**

La prueba final del tablero con todos sus elementos se realizó en laboratorio antes de su instalación en el cuarto de control de la Central Hidroeléctrica de Zimapán, resultando satisfactoria ya que el sistema funcionó de acuerdo a lo esperado (el bus de alarmas y el código BCD fueron simulados).

#### **5.7 Diseño y construcción del sistema de soporte del tablero.**

La parte rotulada del tablero fue colocada en un marco de aluminio, cuyo mecanismo permite instalarlo en forma vertical para poder anclarlo sobre alguna superficie y el sistema electrónico constituido por las tarjetas en circuito impreso se colocó sobre una placa de acero para su instalación.



El mecanismo del marco del tablero permite, levantar sólo la parte rotulada ya que cuenta con bisagras y un sistemas de suspensión a base de amortiguadores que evitan que se cierre violentamente, además de que también cuenta con cerradura para que sólo personal autorizado pueda tener acceso al sistema electrónico. El sistema de soporte ideado permitirá efectuar cómodamente las labores de revisión de todo el sistema en lo futuro.

La figura 5.6 muestra el marco de soporte del tablero y la figura 5.7 muestra la colocación de las tarjetas en su placa.

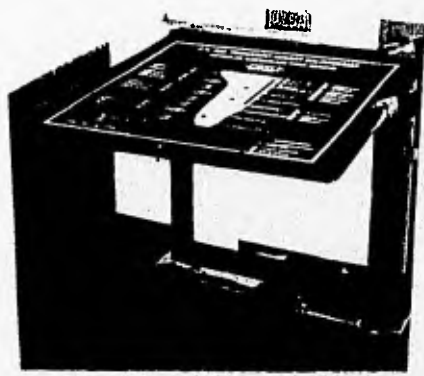


Fig 5.6 Tablero con marco de soporte

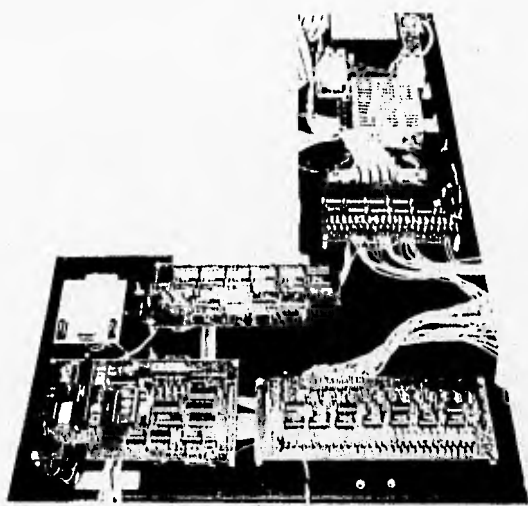


Fig 5.7 Disposición de las tarjetas

## VI. DESARROLLO DE LA PROGRAMACIÓN ASOCIADA AL SISTEMA

El programa principal del sistema controla todas las funciones que permiten la programación de parámetros, así como la detección, almacenamiento y despliegue de datos. El programa se elaboró modularmente para hacer más fácil su mantenimiento y corrección, de esta manera el sistema consta de siete subrutinas: subrutina de inicialización del display, subrutina de conversión de hexadecimal a BCD, subrutina para manejo del reloj-fechador, subrutina para medición de temperatura, subrutina para manejo de alarmas, subrutina para despliegue gráfico del nivel del embalse, y finalmente una subrutina para el manejo del panel de control del sistema. En la figura 6.1 se presenta el diagrama de flujo del sistema.

Cuando se enciende el sistema el programa principal realiza la declaración e inicialización de todas las variables utilizadas en el proceso, también inicializa al display mediante la subrutina del display AND, posteriormente se despliega un anuncio de bienvenida que contiene el número de serie del sistema y el nombre del proyecto. Seguidamente el programa verifica el estado de un interruptor que indica si el sistema se inicializa por primera vez o proviene de una falla de energía eléctrica. Cuando el sistema se reinicializa debido a una falla eléctrica el interruptor se encuentra en la posición de ejecución por lo que el sistema realiza un autoajuste mediante la adquisición de los datos de la fecha y hora respaldados en la memoria RAM externa con batería de back-up. Si el sistema detecta el interruptor en la posición de inicialización entonces se hará el ajuste mediante el panel de control.

Inmediatamente después de entrar en cualquiera de los modos de operación de inicialización o ejecución y antes de entrar en la parte cíclica del programa, se activan las interrupciones utilizadas para la actualización del reloj-fechador y para verificar los puertos de alarmas. Posteriormente se ejecutan cuatro subrutinas que son: subrutina de alarmas, subrutina de reloj-fechador, subrutina del sensor de temperatura y la subrutina del nivel del embalse. Las subrutinas de alarmas y de reloj-fechador son ejecutadas mediante interrupciones mientras que las restantes se ejecutan por programa. Una vez ejecutadas las subrutinas el microcontrolador verifica el panel de control, si recibe alguna entrada ejecuta el proceso correspondiente, de lo contrario continúa en un loop de actualización del reloj interno y verificación de las señales del nivel del embalse y de alarmas.

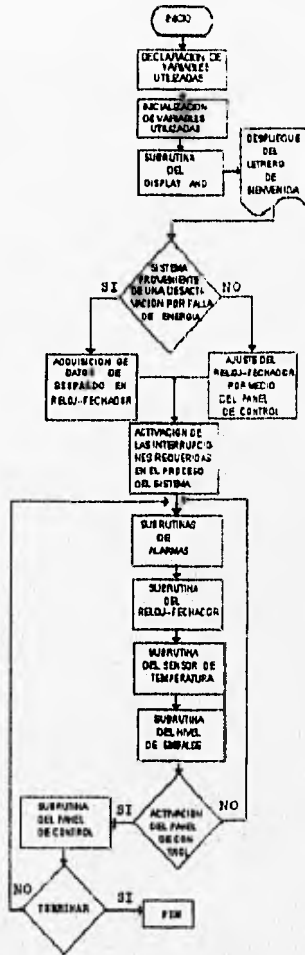


Fig 6.1 Diagrama de flujo del programa principal del sistema

## 6.1 Diagramas de Flujo y Descripción de cada Subrutina Utilizada

### a) Subrutina de inicialización del display

Para la elaboración de la rutina de inicialización del display de cristal líquido se utilizan las hojas de especificaciones de este dispositivo, en estas se indican la secuencias que se tienen que seguir para su inicialización. La subrutina se inicia con la generación de un retardo de 15 ms después de encendido del sistema, posteriormente se define la longitud de palabra con que se va a trabajar que en este caso es de ocho bits, repitiéndose este procedimiento con retardos de 4 ms y 100  $\mu$ s; y finalmente se le envían instrucciones que le indican el uso de dos líneas de 5 X 7 puntos, activación de la pantalla y su borrado para comenzar a escribir, así como el movimiento del cursor a la derecha cada vez que se escriba un caracter. El diagrama de flujo de esta subrutina se muestra en la figura 6.2.

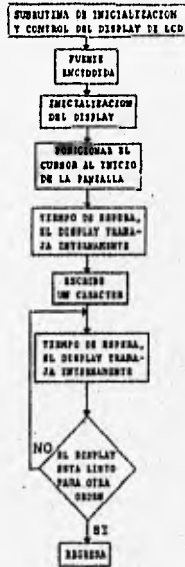


Fig 6.2 Diagrama de flujo de inicialización y control del display LCD

**b) Subrutina de Conversión Hexadecimal a BCD**

Esta conversión se utiliza para desplegar los datos en la pantalla de cristal líquido que requieren formato BCD, y el sistema los maneja en forma decimal. Se realiza la conversión de la información de la temperatura, número de alarma, el reloj-fecha, etc.

Para el proceso de conversión se considera que el número de 16 bits (FFFF) es la mayor cantidad a ser convertida,  $FFFF_{hex} = 65,535_{dec}$  que es posible representarlo en un valor de cinco dígitos en BCD. Teniendo en cuenta que un número decimal puede ser dividido en múltiplos de 10 de la siguiente manera:

	Multiplicador		Peso		Número entero
65,535-----	6	X	10,000	=	60 000
	5	X	1 000	=	5 000
	5	X	100	=	500
	3	X	10	=	30
	5	X	1	=	5
					<u>5</u>
					65,535

La conversión esta basado en un proceso reversible por que se conoce la cantidad a ser convertida y el lugar decimal que ocupa cada número, por lo que se debe determinar el factor. Se divide el número a ser convertido por 10000 (2710hex) y el residuo por 1000 (3E8), y así sucesivamente por 100 (64hex), 10 (Ahex) y 1. A continuación de muestra la operación que se realiza para llevar a cabo la conversión.

$$\frac{FFFF}{2710} = 6 + 159F$$

$$\frac{159F}{3E8} = 5 + 217$$

$$\frac{217}{64} = 5 + 23$$

$$\frac{23}{A} = 3 + 5$$

$$\frac{5}{1} = 5 + 0$$

Todos lo valores son  
en hexadecimal

ESTA TESIS NO DEBE  
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

Se crean las localidades de memoria en donde se almacenan los resultados de la conversión D1, D2, D3, D4 y D5; el dividendo y el divisor se almacenan dentro de los acumuladores D y X respectivamente. Después de cada división el cociente está en el registro X y el residuo está en el acumulador D. El Diagrama de flujo de esto se muestra en la figura 6.3.

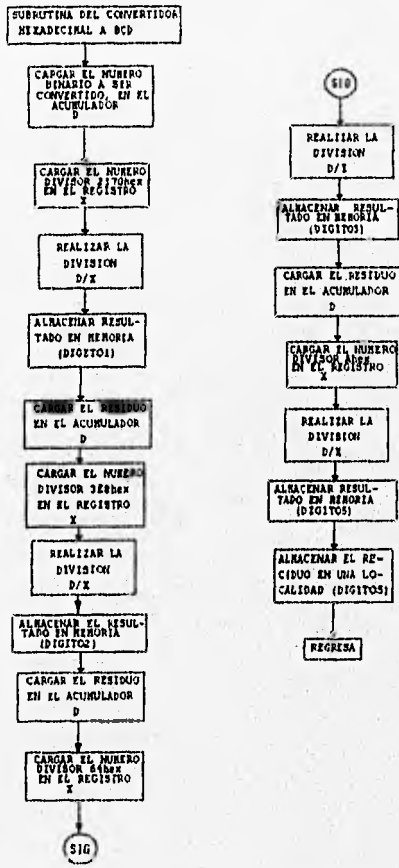


Fig 6.3 Diagrama de flujo del convertidor hexadecimal-BCD

### c) Subrutina del Reloj-Fechador

Esta subrutina se realiza a través de interrupciones, el reloj fechador se actualiza cada vez que el microcontrolador detecta un pulso a través del pin asignado como entrada de captura. Primeramente se programan las interrupciones, posteriormente el propio microcontrolador revisa si ha detectado un pulso o no. Cuando detecta un pulso entonces se deshabilita el permiso de interrupción de la entrada de captura, se borra las banderas de ocurrencia de interrupción, se actualiza el reloj fechador. Antes de salir de la subrutina se habilitan las interrupciones. La actualización del reloj se lleva a cabo mediante contadores de segundos, minutos, horas y días. El diagrama de flujo de la subrutina que se utilizó se muestra en la figura 6.4.

### d) Subrutina del Medidor de Temperatura

Para realizar la medición de temperatura el sensor es conectado al convertidor analógico digital del microcontrolador, esta subrutina se enfoca principalmente en hacer la habilitación del mismo, realizar la lectura en el registro correspondiente, hacer las conversiones necesarias y desplegar el resultado en la pantalla LCD.

Para activar el convertidor, se activa el bit más significativo (ADPU) del registro OPTION (\$1039), si se escribe un "1" el convertidor esta activado, si se escribe un "0" se desactiva. Posteriormente se inicializa el registro ADCTL en el cual se tiene el control y estado del convertidor, puesto que aquí es donde se encuentran los bits que controlan los modos de operación del convertidor (SCAN y MULT) como son:

- 1.- Convertir un sólo canal una vez.
- 2.- Convertir los cuatro canales una sólo vez.
- 3.- Convertir un sólo canal pero continuamente.
- 4.- Convertir los cuatro canales continuamente.

Además se tiene una bandera (CCF) que indica si la conversión ha finalizado o no. Después de inicializar este registro se genera un retardo (tiempo necesario para la conversión) y se verifica esta bandera para comprobar si la conversión ha finalizado. Cuando se termina la conversión, se lee el resultado en el registro ADRI (\$1031); el cual será convertido de hexadecimal a BCD para su despliegue en la pantalla de cristal líquido. El diagrama de flujo utilizada se muestra en la figura 6.5.



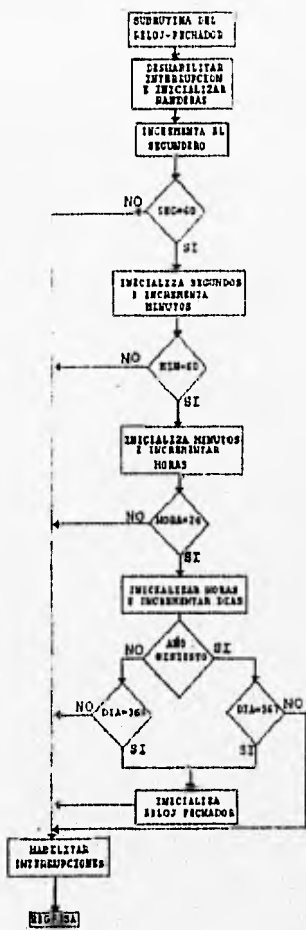


Fig 6.4 Diagrama de flujo del reloj-fechador



Fig 6.5 Diagrama de flujo del medidor de temperatura

#### e) Subrutina para Manejo y Control de Alarmas

Se tienen tres puertos dedicados para la adquisición de las alarmas , los cuales son verificados en la subrutina de alarmas. La subrutina se inicia cuando existe una interrupción que esta programada para que ocurra cada 8.19 ms, primero se verifican los minutos del reloj-fechador, si tiene 59 minutos o un minuto, y son activadas o desactivadas las banderas que indican el estado de operación de las estaciones inteligentes, que se le llaman banderas de sincronización. Se espera que cada estación genere un pulso cada hora para indicar su correcta operación, si el pulso no se produce o se genera fuera de este intervalo de tiempo prefijado se considerará como una alarma que indica que en dicha estación hay problemas de operación.

El proceso continua con la detección de los eventos registrados en los puertos de entrada que es similar para todas la alarmas. Cuando se detecta la ocurrencia de una falla inmediatamente se activa por software la alarma acústica (buzzer), se identifica la procedencia de la falla y se realiza un prealmacenamiento del tipo de alarma, la fecha y la hora de activación y desactivación, se incrementa el contador de eventos, se enciende una lámpara asociada a la alarma activada y por último enciende una bandera que indica al sistema cuando vuelva a realizar la detección si consiste en la misma alarma o se trata de un nuevo evento. En la figura 6.6 se presenta el diagrama de flujo de la subrutina para el manejo de alarmas.

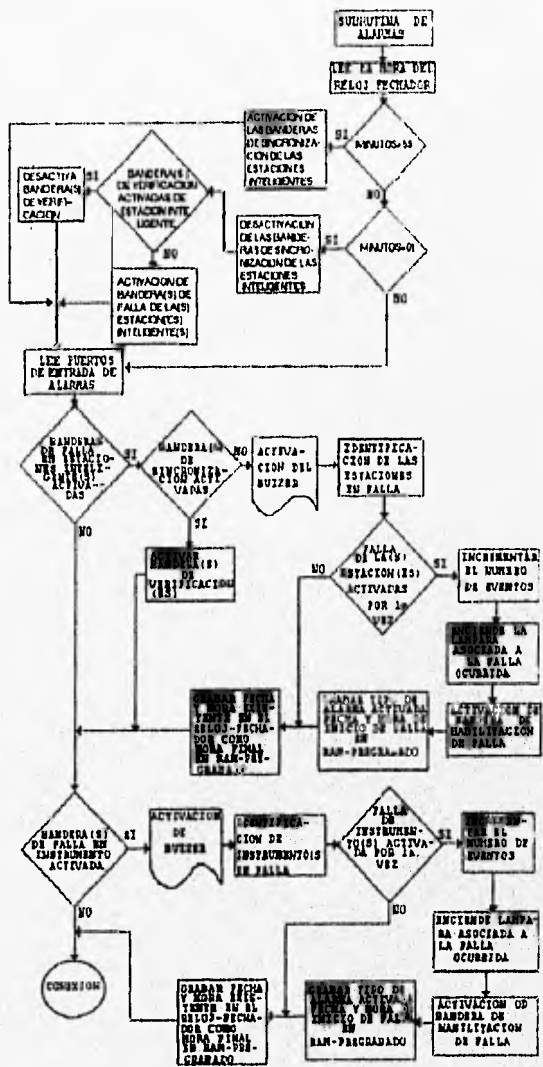


Fig 6.6 Diagrama de flujo de la subrutina de alarmas

**SUBROUTINA DE ALARMAS  
(CONEXION)**

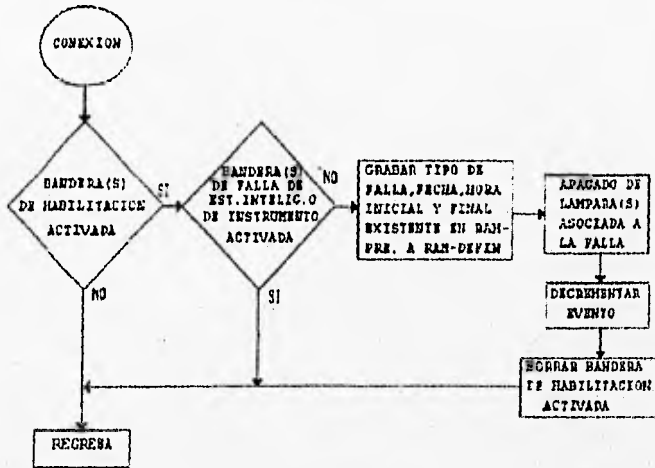


Fig 6.6 Continuación

**f) Subrutina de Registro y Despliegue del Nivel del Embalse**

Esta subrutina consiste en una codificación del valor decimal de adquisición (lectura en puerto asociado al nivel del embalse) y ponerlo en formato hexadecimal (escritura en puerto asociado al nivel del embalse) para controlar un despliegue gráfico del nivel del embalse. La figura 6.7 muestra el proceso en diagrama de flujo, primero se adquiere el valor del nivel del embalse en números decimales luego se codifica en hexadecimal, lo cual se realiza mediante comparaciones interactivas que realizan la función requerida, estas comparaciones se realizan por cada nivel visible en la barra de despliegue, así que al obtener el código asociado lo que se realiza a continuación es escribir el código hexadecimal en el puerto del nivel del embalse.



Fig 6.7 Diagrama de flujo de medidor del embalse

### g) Subrutina del Panel de Control

La subrutina para el manejo del panel de control es utilizada para programar los parámetros necesarios para el funcionamiento del sistema. Constantemente se verifican en un puerto externo, el estado de los diferentes interruptores utilizados para la comunicación con el sistema. Las funciones que se realizan mediante el panel de control son: actualizar el reloj-fechador en caso de que este fuera de tiempo; apagar buzzer; verificación del sistema, que comprueba que las lámparas indicadoras no estén fundidas; y por último se tiene la solicitud de estado de alarmas, con el cual se solicita un reporte de los eventos ocurridos, que se despliegan secuencialmente en orden de ocurrencia y al final del reporte se pregunta si se desea borrar los datos almacenados en memoria, lo cual sólo puede realizarse si se introduce una clave correcta.

Cuando se detecta que en el panel de control un interruptor ha sido seleccionado, primero se identifica al interruptor y la función que realiza, y se continua con la función mostrada en el diagrama de flujo de la figura 6.8.

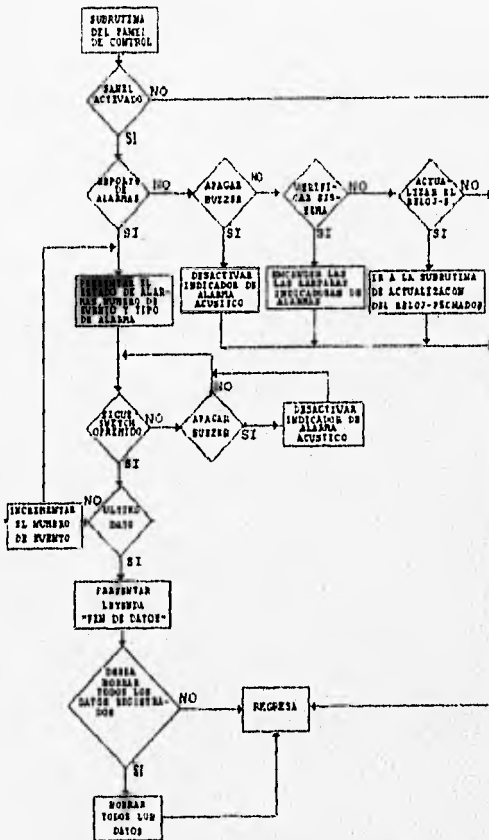


Fig 6.8 Diagrama de Flujo del Panel de Control

## VII ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL SISTEMA

**Entradas:** Analógicas: 29 señales para alarmas, máximo.  
 Datos: bus BCD

**Salidas:** Mensajes: En display de cristal líquido del estado de alarmas con el siguiente formato:  
 No de evento/tipo de alarma/fecha y hora de activación/fecha y hora de desactivación. Reloj fechador y temperatura ambiente mostrados conjuntamente.  
 En display de 7 segmentos:  
 Nivel de embalse  
 Señalizaciones: visuales (lámparas y leds) y auditivas (tono de buzzer).

**Capacidad de almacenamiento:** 200 registros de alarmas

### Módulo de control

**Unidad central:** Microcontrolador MC68HC11, tipo DIP de 48 pines.  
 4 canales para conversión A/D, de 8bits/canal  
 512 bytes EEPROM  
 256 bytes RAM

### Módulo de almacenamiento

**Memoria RAM:** 2Kb (etiquetas)  
**Memoria EEPROM:** 8Kb (programa)

### Módulos de despliegue

**Pantalla:** Display inteligente de cristal líquido (AND 491), alfanumérico de 16 caracteres x 2 líneas, controlado por comandos.

**Display 7 segmentos:** Anodo común, RT-DC10121R

### Transductor de temperatura

**Semiconductor:** LM35  
 10mV/°C  
 error de ± 1°C

### Reloj fechador

**Reloj interno:** Cristal de alta exactitud TCXO  
 corrimiento de ± 26 ms/día

### Programación de Parámetros

**Manual:** Por medio de 5 pushbutton normalmente abiertos.

### Indicadores visuales

**Lámparas:** 12 V, 40 mA, para montaje en zócalo con tapa de acrílico de varios colores:  
 11 en rojo, para indicación de falla en instrumento y niveles de alerta.  
 13 en ámbar, para indicación de límites excedidos y alerta sistémica.  
 3 en verde, para indicación de funcionamiento correcto.  
 2 flechas en verde para indicar tendencia del nivel de embalse

**Leds:** En barra de 30 elementos de los siguientes colores:  
 Verde, nivel de embalse en NAMINO  
 Ámbar, nivel de embalse en NAMIO  
 Rojo, nivel de embalse en NAME

### Indicadores auditivos

**Buzzer:** Doble tono, 5V, 20 mA

### Fuente de poder

**Principal:** 115 - 230 VAC, 0.68A, 50/60 Hz a +12 VDC, 1.3 A, acepta batería externa de 12 VDC con panel solar.

**Protecciones:** USS 120 V - 10 A - 2R  
 max 150 VAC, 10 A, 70°C  
 2 x ZNR, 240 V (1 mA p)

**Backup, RAM:** 1 batería de litio, 3.6V, tamaño AA

**Consumo:** 450 mA máximo total

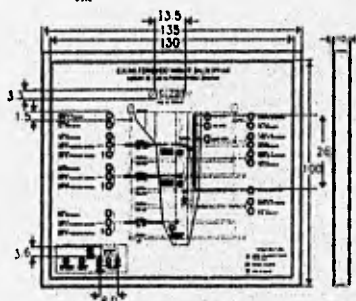
### Accesorios

**Soporte:** Marco de acero estructurado y aluminio anodizado, con 2 amortiguadores hidráulicos de 32 Lb y 3 bisagras de 4".

**Montaje:** Vertical, con pernos de 1/2"  
**Lamina:** Vinil negro  
**Símbolos y líneas:** rotulados

**Peso:** 30 Kg

**Dimensiones:** cm





## VIII INSTALACION DEL TABLERO

Para realizar la instalación del tablero de señalización de alarmas fue necesario el correcto acondicionamiento del lugar correspondiente al cuarto de control, así como la terminación del cableado de las líneas del bus de alarmas del sistema automatizado de medición.

La primera etapa para la instalación del tablero correspondió a la fijación de su marco y de la placa con las tarjetas sobre una de las paredes del cuarto de control, posteriormente se efectuó el tendido de cable desde las estaciones inteligentes, medidores automáticos de plomada y medidor automático de nivel de embalse para efectuar la conexión del tablero con dichas líneas.

Las distancias entre los instrumentos y el tablero de señalización varía entre 80 y 280 m y se usó cable del tipo Talt-Pur de  $3 \times 4 \times 0.8 \text{ mm}^2$  marca Hugenberg, que tiene características especiales para uso en conducción de señales de instrumentación.

La figura 8.1 muestra el proceso de instalación del tablero.

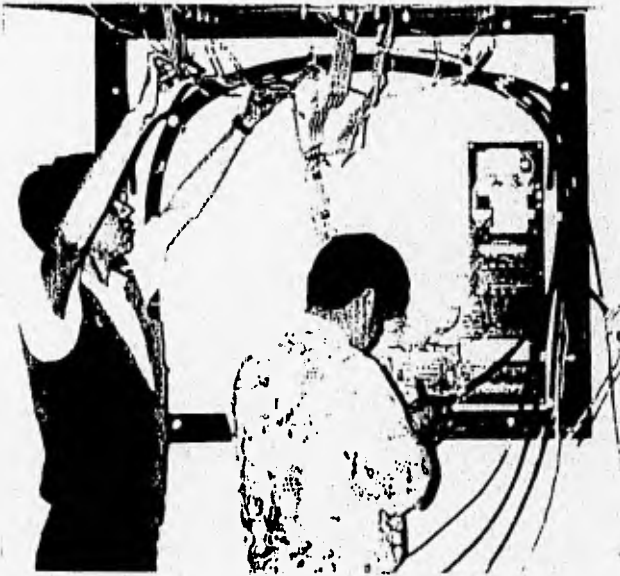


Fig 8.1 Instalación del tablero de señalización.

Una vez concluida la fijación y alambrado del tablero se procedió a efectuar las pruebas de funcionamiento que consistieron en lo siguiente:

- Que se observara de manera correcta el nivel de embalse tanto en display de 7 segmentos como en la barra de LED, indicando su tendencia, subiendo o bajando. Tenía que coincidir con el medidor automático de nivel de embalse ubicado en la galería 4 de la cortina.
- Que el panel de control funcionara correctamente tanto en sus controles como en su pantalla de cristal líquido, esto es, que mostrara correctamente la fecha, hora y temperatura ambiente, que no tuviera problemas para actualizarlo y que se pudiera observar el estado de alarmas correctamente.
- Que se activara el sensado de alarma visual y acústicamente al provocar alguna de ellas desde alguno de los instrumentos ubicados en las galerías y que coincidiera con lo mostrado en el estado de alarmas del panel de control y con la señalización visual mostrada por la lámpara correspondiente.
- Para el caso de las estaciones inteligentes que se indicara su operación correcta mediante el encendido de su lámpara correspondiente.
- Que al activarse una alarma fuera posible la cancelación auditiva mediante el botón de apagado de buzzer.
- Que se efectuara la verificación del estado correcto de todas las lámparas mediante el botón denominado como verificación del sistema.
- Que no se provocaran disparos en falso del sistema.
- Que funcionara la inicialización del sistema mediante el botón de reset.

En general todas las pruebas resultaron satisfactorias ya que los problemas que se llegaron a presentar se debieron a deficiencias en soldaduras de cables y otros ocasionados por algunas fallas en la programación del microcontrolador las cuales fueron corregidas oportunamente.

Los resultados que se obtuvieron de las pruebas realizadas al tablero de señalización permitieron verificar su correcto funcionamiento, por lo que su operación resultará confiable en el futuro.

Con la instalación del tablero de señalización de alarmas se completó el sistema de medición automatizada de la Central Hidroeléctrica de Zimapán, ya que todo quedó concentrado en el cuarto de control ubicado en la margen derecha de la cortina. La vigilancia de la instrumentación de la estructura será de manera permanente por lo que personal especializado perteneciente a la central tendrá a su cargo dicha actividad ya que desde el cuarto de control se podrá tener acceso a todo el sistema de instrumentación mediante una computadora central y además podrá percibirse oportunamente de las fallas o avisos que este pudiera presentar a través del tablero de señalización.

La figura 8.2 muestra el tablero de señalización ya instalado así como la computadora central del sistema de medición automatizado.



Fig 8.2 Tablero de señalización de alarmas y computadora central del sistema automatizado de medición.

## IX COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Es de vital importancia contar con sistemas de instrumentación confiables para tener una adecuada vigilancia de las grandes estructuras, tales como la cortina de una presa, por esta razón es necesario realizar la mejor selección del sistema y tener un debido control sobre la operación del mismo.

Durante la realización de la presente tesis se pudo conocer el sistema de instrumentación automatizado para la vigilancia de los parámetros estructurales y geotécnicos de la presa de Zimapán en el estado de Hidalgo el cual es el primero de este tipo que se instala en México, lo cual constituyó una experiencia valiosa que contribuyó con el logro de los objetivos propuestos para el desarrollo de este trabajo, como fue el de resolver una necesidad en una aplicación real.

Para el desarrollo del sistema propuesto se realizó la mejor selección del diseño electrónico y se consideró un dispositivo central inteligente para controlar todas las funciones, y de esta manera tener a futuro la opción de efectuar modificaciones o reconfiguraciones con mínimos cambios en el alambrado. Se seleccionó el microcontrolador MC68HC11 por ser en este momento uno de los de mayor difusión y de fácil adquisición, así también se seleccionaron los componentes electrónicos y los materiales de alta calidad para lograr mayor confiabilidad en el funcionamiento.

Otros factores que se consideraron para el diseño de este sistema fueron su flexibilidad y la fácil operación para hacerlo amigable al usuario, esto permitió que inclusive sobre el avance en el diseño y pruebas preliminares se adicionaran al sistema funciones que no se habían considerado en la propuesta inicial.

La construcción de este primer prototipo del sistema de señalización de estados de alarmas y de operación de instrumentos, involucró la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la preparación profesional, también se requirió investigación para la búsqueda de la documentación de los diferentes aspectos que abarca el área de la instrumentación Geotécnica, el estudio detallado del funcionamiento del microcontrolador y la utilización de programas especializados para la fabricación de las tarjetas de circuitos impresos, todo esto contribuyó a incrementar la capacidad para resolver los problemas que se fueron presentando durante el diseño, la construcción y la instalación del sistema.

Se considera que este primer prototipo puede ser competitivo con otros sistemas comerciales, además su flexibilidad permitirá que en el futuro pueda adaptarse a la modernización de los sistemas de instrumentación de todas las grandes presas de nuestro país.

Finalmente se tuvo la satisfacción de lograr la construcción de este sistema, y se evitó la adquisición de uno similar de mayor costo y con deficiencias en cuanto a las aplicaciones específicas requeridas, además se puso de manifiesto de que con recursos propios es posible diseñar e implementar sistemas de gran calidad que satisfagan necesidades específicas.

## **X BIBLIOGRAFIA**

- 1.- MOS Memory Products. Fujitsu, 1989
- 2.- Special Purpose Linear Divise. National Semiconductor, 1989
- 3.- Motorola Microprocessor, Microcontroller and Peripheral Data. Motorola.
- 4.- Liquid Cristal Display. AND 1996
- 5.- CMOS Logic Data. National Semiconductor, 1989
- 6.- F. C. Robert F. Driscoll Frederick. Circuitos Integrados Lineales y Amplificadores Operacionales. Editorial Printice Hall
- 7.- MC68HC11 Reference Manual. Motorola
- 8.- John B. Peatman, Design with Microcontrollers. ed. Mc Graw Hill. 1988
- 9.- Dunicliff John, Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance New York, USA, 1988
- 10.-Trans Tech Publications, Field Instrumentation in Geotechnical Engineering. Federal Republic of Germany. 1985
- 11.-Thechnical Publication, Water Power and Dam Construction USA. 1981
- 12.- González Valencia F. Instrumentación de Obras Hidroeléctricas. CFE México. 1993
- 13.- C.F.E. Sistemas de Auscultación del P.H. Zimapan, Especificaciones y Distribución de Instrumentos, México. 1993

## XI. ANEXOS

### 11.1 Diagramas Electrónicos y Lista de Material

#### Lista de material de la tarjeta de conversión BCD-7segmentos

CANTIDAD	VALOR	REFERENCIA
1	0.01 $\mu$ F	C2
29	0.1 $\mu$ F	C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16, C17, C18, C19, C20, C21, C22, C23, C24, C25, C26, C27, C28, C29, C30, C31
1	0.33 $\mu$ F	C1
20	1N914	D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D11, D12, D13, D14, D15, D16, D17, D18, D19, D20
1	20 K $\Omega$	R1
38	470 $\Omega$	R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R26, R27, R28, R29, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R59
20	5.6 K $\Omega$	R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58
4	74LS04	U2, U4, U7, U10
5	74LS247	U3, U5, U6, U8, U9
11	CONECTOR	J1, J2, J3, J4, J5, J6, J7, J8, J9, J10, J11, J50
1	LM7805	U1

#### Lista de material de la tarjeta del display de 7segmentos

CANTIDAD	VALOR	REFERENCIA
6	DISPLAY ANODO COMUN	D1, D2, D3, D4, D6, D6
7	CONECTOR	J28, J29, J30, J31, J32, J33, J34

Lista de material de la tarjeta de control

CANTIDAD	VALOR	REFERENCIA
1	0.01 $\mu$ F	C52
18	0.1 $\mu$ F	C34, C36, C37, C38, C39, C40, C41, C42, C43, C44, C45, C46, C47, C48, C49, C50, C59, C90
1	0.33 $\mu$ F	C51
1	1.2 K $\Omega$	R140
2	100 K $\Omega$	R141, R143
24	10 K $\Omega$	R60, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79, R80, R81, R82, R83, R84
1	10 M $\Omega$	R61
1	1 K $\Omega$	R142
2	1N4001	D1, D2
1	1 $\mu$ F	C35
2	22 pF	C31, C33
1	2764	U17
2	2N2222	Q1, Q30
1	3.6 V	B1
1	33 $\mu$ P	C30
1	5 K $\Omega$	P1
1	6116	U18
1	74CH00	U15
1	74HC04	U12
2	74HC138	U13, U14
1	74HC32	U35
1	74HC373	U16
5	741C374	U19, U20, U21, U22, U23
1	74LS04	U24
1	BOCINA	SP1
12	CONECTOR	J12, J13, J14, J15, J16, J17, J18, J19, J20, J21, J35, J36
1	CRISTAL 4MHZ	Y1
1	LM158	U37
1	LM7805	U36
1	MC68HC11A1	U11
1	PUSHBUTTON	SW1



### Lista de material de la tarjeta de alarmas

CANTIDAD	VALOR	REFERENCIA
2	0.01 $\mu$ F	C94, C95
37	0.1 $\mu$ F	C53, C54, C55, C56, C57, C58, C60, C61, C62, C63, C64, C65, C66, C67, C68, C69, C70, C71, C72, C73, C74, C75, C76, C77, C78, C79, C80, C81, C82, C83, C84, C85, C86, C87, C88, C89, C91
3	10 K $\Omega$	R85, R88, R147
26	1N4148	D21, D22, D23, D24, D25, D26, D27, D28, D29, D30, D31, D32, D33, D34, D35, D36, D37, D38, D39, D40, D41, D42, D43, D44, D45, D46
1	2N2222	Q31
2	47 $\mu$ F	C92, C93
26	5.6 K $\Omega$	R86, R87, R88, R89, R90, R91, R92, R93, R94, R95, R96, R97, R98, R99, R100, R101, R102, R103, R104, R15, R106, R107, R108, R109, R110, R143, R144
2	56 K $\Omega$	R145, R146
5	74HC32	U29, U30, U31, U32, U33
1	74HC34	U34
4	74LS04	U25, U26, U27, U28
5	CONECTOR	J22, J23, J24, J25, J48
1	LM556	U38
1	PUSHBUTTON	SW7

### Lista de material de la tarjeta de lámparas

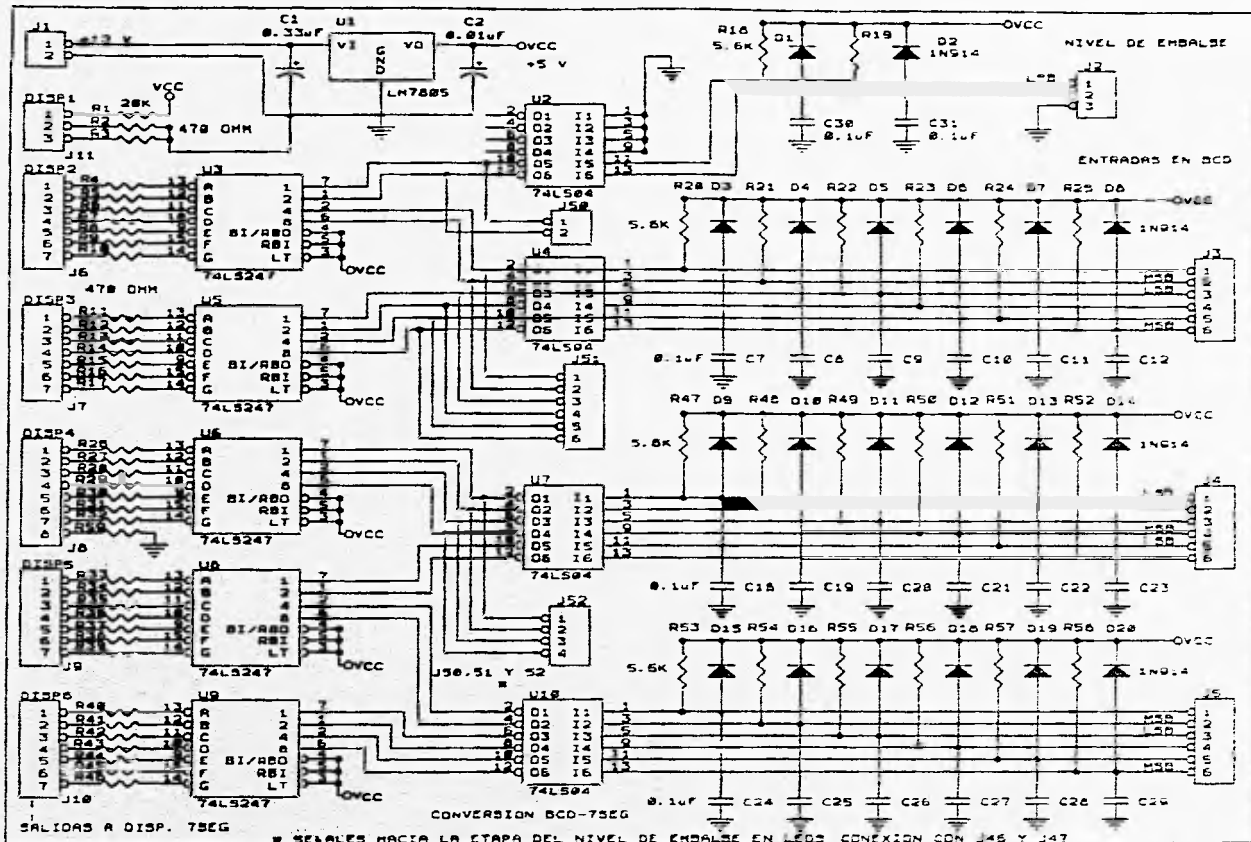
CANTIDAD	VALOR	REFERENCIA
29	10 K $\Omega$	R111, R112, R113, R114, R115, R116, R117, R118, R119, R120, R121, R122, R123, R124, R125, R126, R127, R128, R129, R130, R131, R132, R133, R134, R135, R136, R137, R138, R139
29	2N2222	Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q9, Q10, Q11, Q12, Q13, Q14, Q15, Q16, Q17, Q18, Q19, Q20, Q21, Q22, Q23, Q24, Q25, Q26, Q27, Q28, Q29, Q30
3	CONECTOR	J26, J27, J49
29	LAMPARA	LP1, LP2, LP3, LP4, LP5, LP6, LP7, LP8, LP9, LP10, LP11, LP12, LP13, LP14, LP15, LP16, LP17, LP18, LP19, LP20, LP21, LP22, LP23, LP24, LP25, LP26, LP27, LP28, LP29

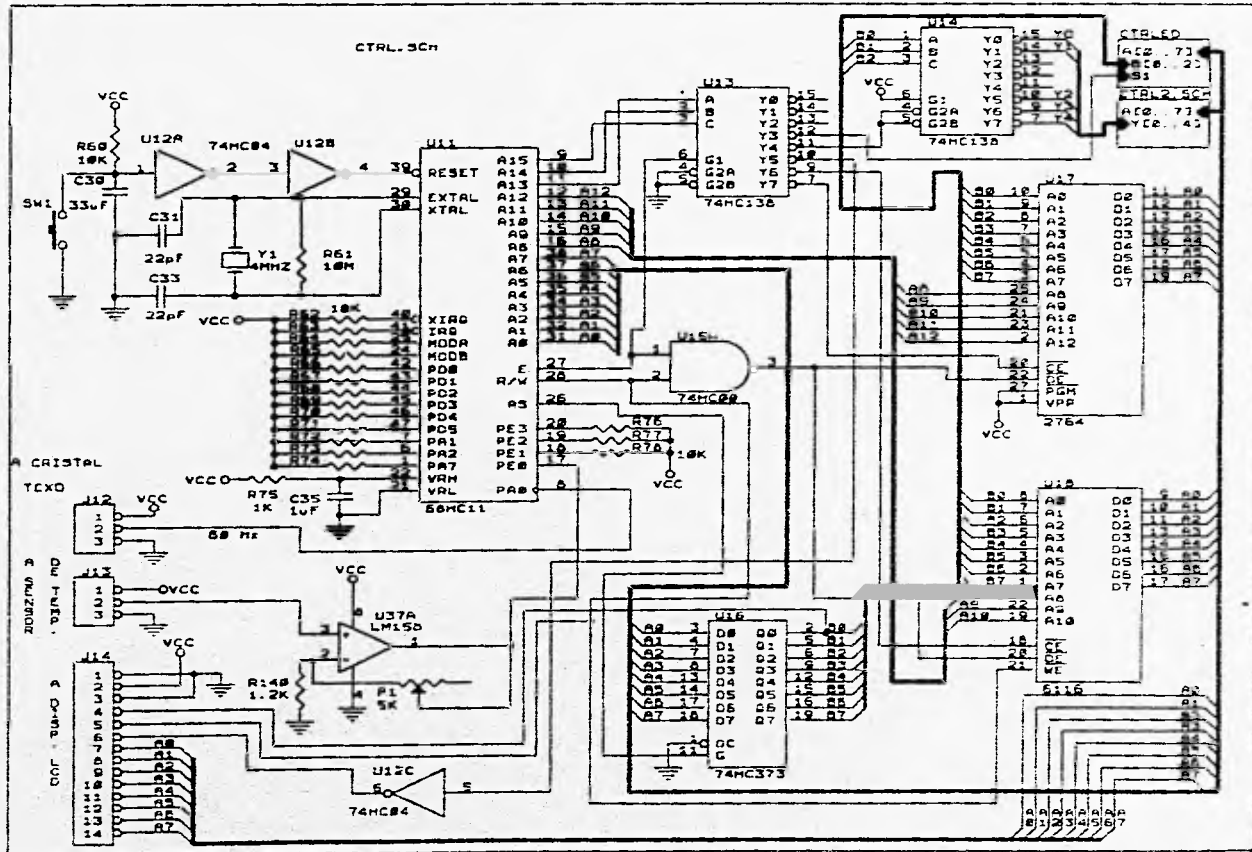
Lista de material de la tarjeta de manejo de LEDS

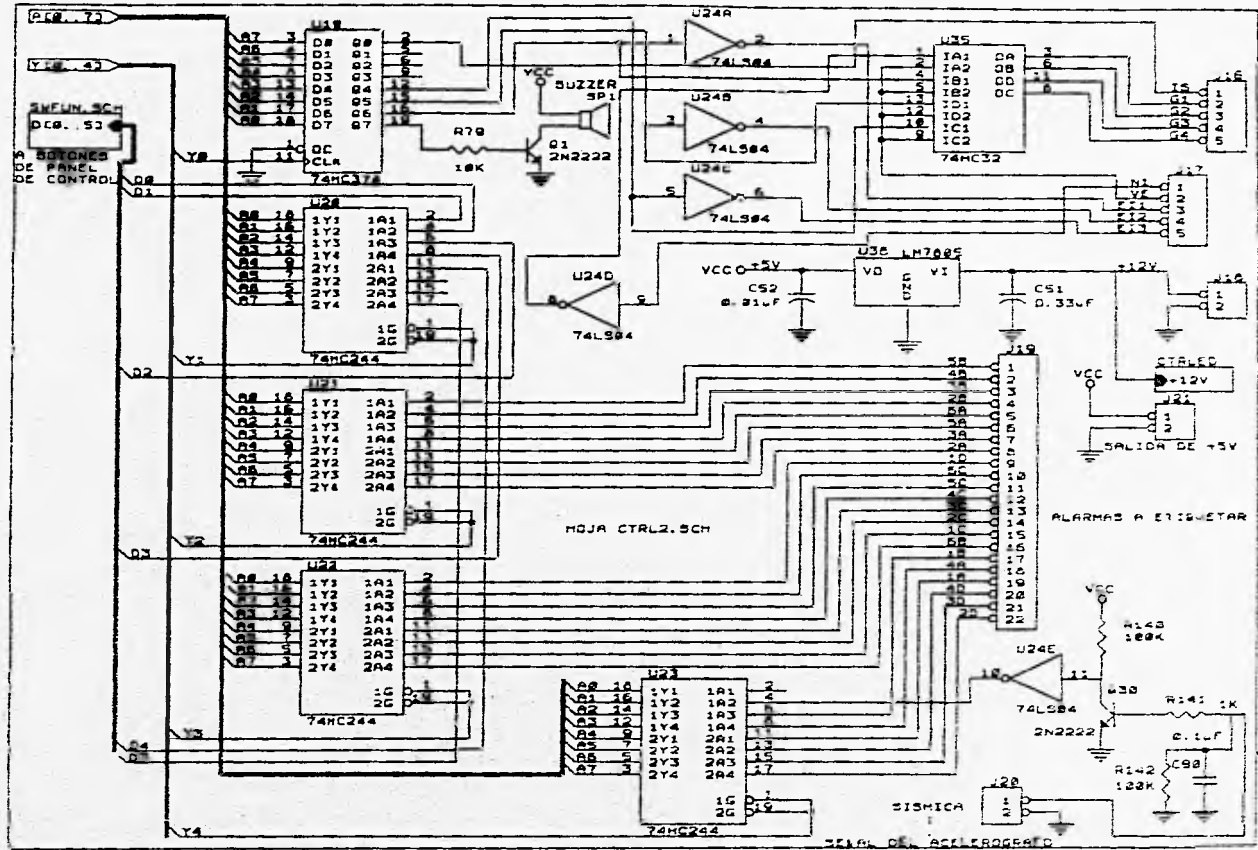
CANTIDAD	VALOR	REFERENCIA
1	0.01 $\mu$ F	C103
8	0.1 $\mu$ F	C96, C97, C98, C99, C100, C101, C102, C105
1	0.33 $\mu$ F	C104
60	820 $\Omega$	R167, R168, R169, R170, R171, R172, R173, R174, R175, R176, R177, R178, R179, R180, R181, R182, R183, R184, R185, R186, R187, R188, R189, R190, R191, R192, R193, R194, R195, R196, R197, R198, R199, R200, R201, R202, R203, R204, R205, R206, R207, R208, R209, R210, R211, R212, R213, R214, R215, R216, R217, R218, R219, R220, R221, R222, R223, R224, R225, R226
1	1.3 K $\Omega$	R150
3	10 K $\Omega$	R229, R233, R234
1	13 K $\Omega$	R230
10	15 K $\Omega$	R151, R153, R155, R157, R159, R161, R163, R165, R166, R231
1	18 K $\Omega$	R232
1	2.2 K $\Omega$	R149
1	3.3 K $\Omega$	R227
1	6.8 K $\Omega$	R228
7	7.5 K $\Omega$	R152, R154, R156, R158, R160, R162, R164
1	74HC138	U39
3	74HC244	U41, U43, U44
2	74HC374	U40, U42
12	CONECTOR	J37, J38, J39, J40, J41, J42, J43, J44, J45, J46, J47, J48
1	LM158	U51
6	LM3914	U45, U46, U47, U48, U49, U50
1	LM7805	U52

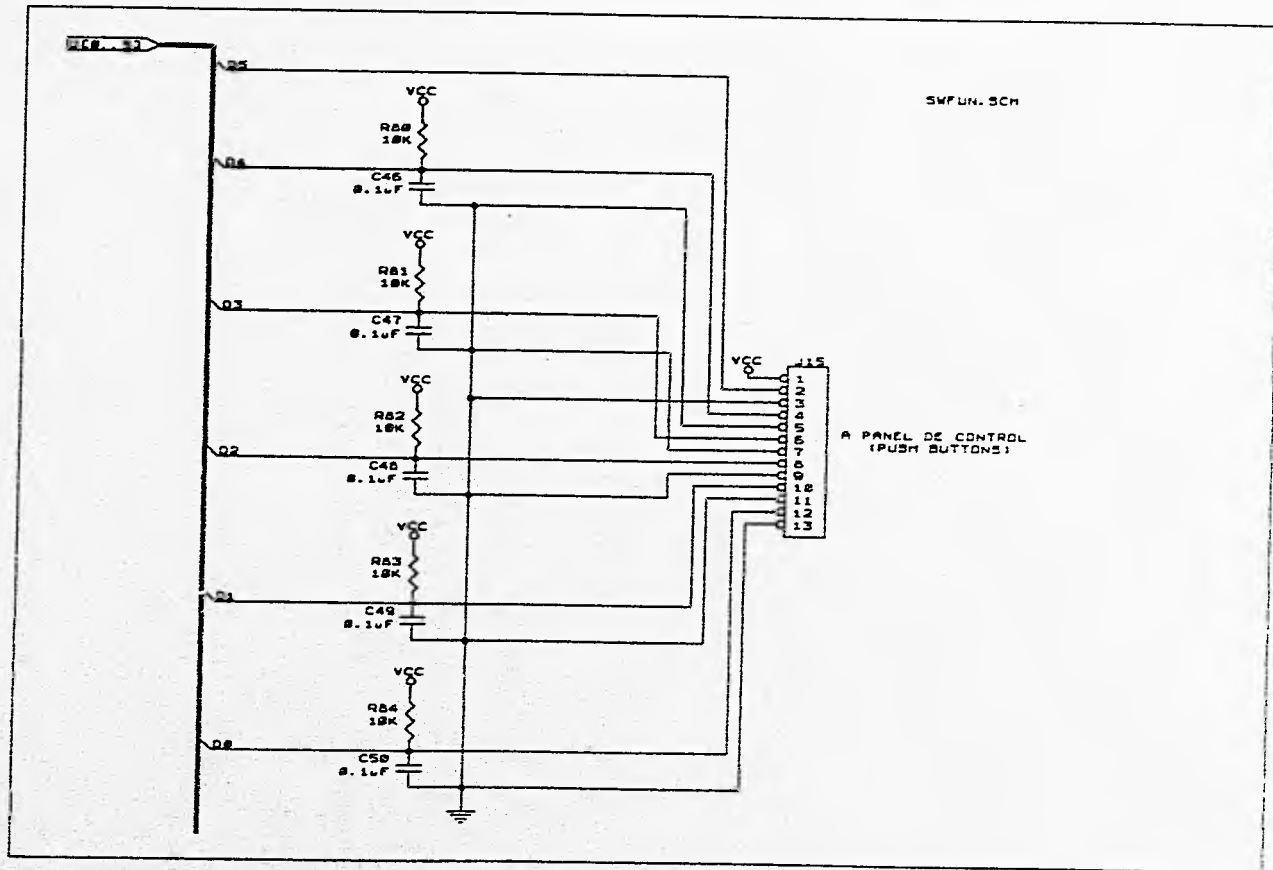
Lista de material de la tarjeta de LEDS

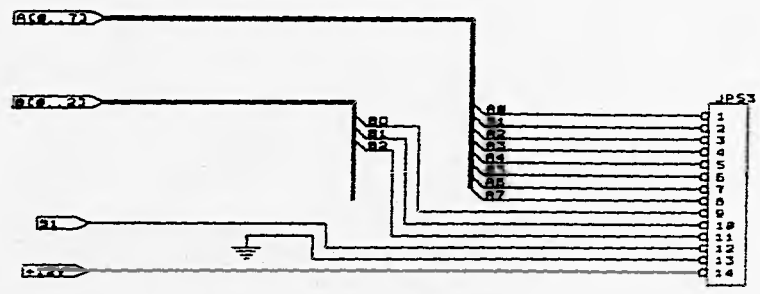
CANTIDAD	VALOR	REFERENCIA
50	LEDS	L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, L10, L11, L12, L13, L14, L15, L16, L17, L18, L19, L20, L21, L22, L23, L24, L25, L26, L27, L28, L29, L30, L31, L32, L33, L34, L35, L36, L37, L38, L39, L40, L41, L42, L43, L44, L45, L46, L47, L48, L49, L50
5	CONECTOR	J1, J2, J3, J4, J5



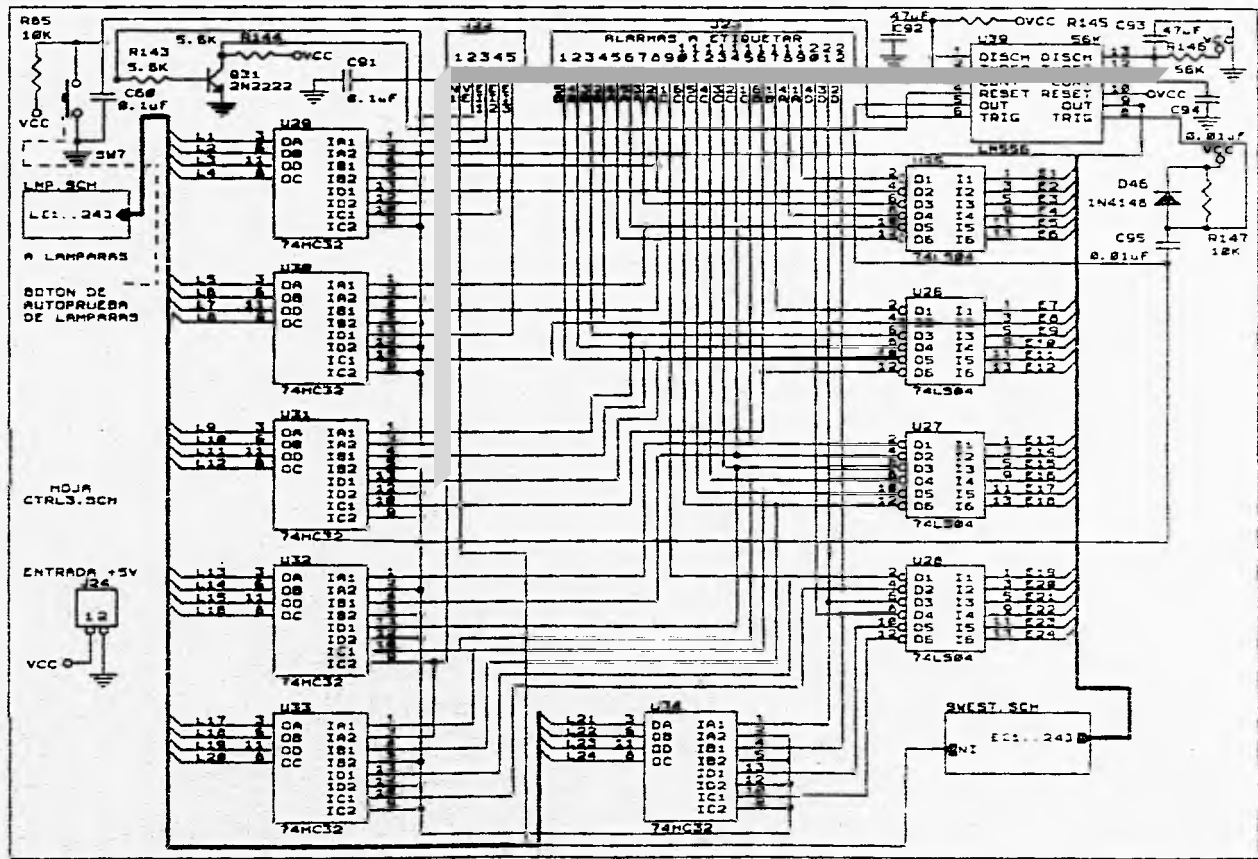




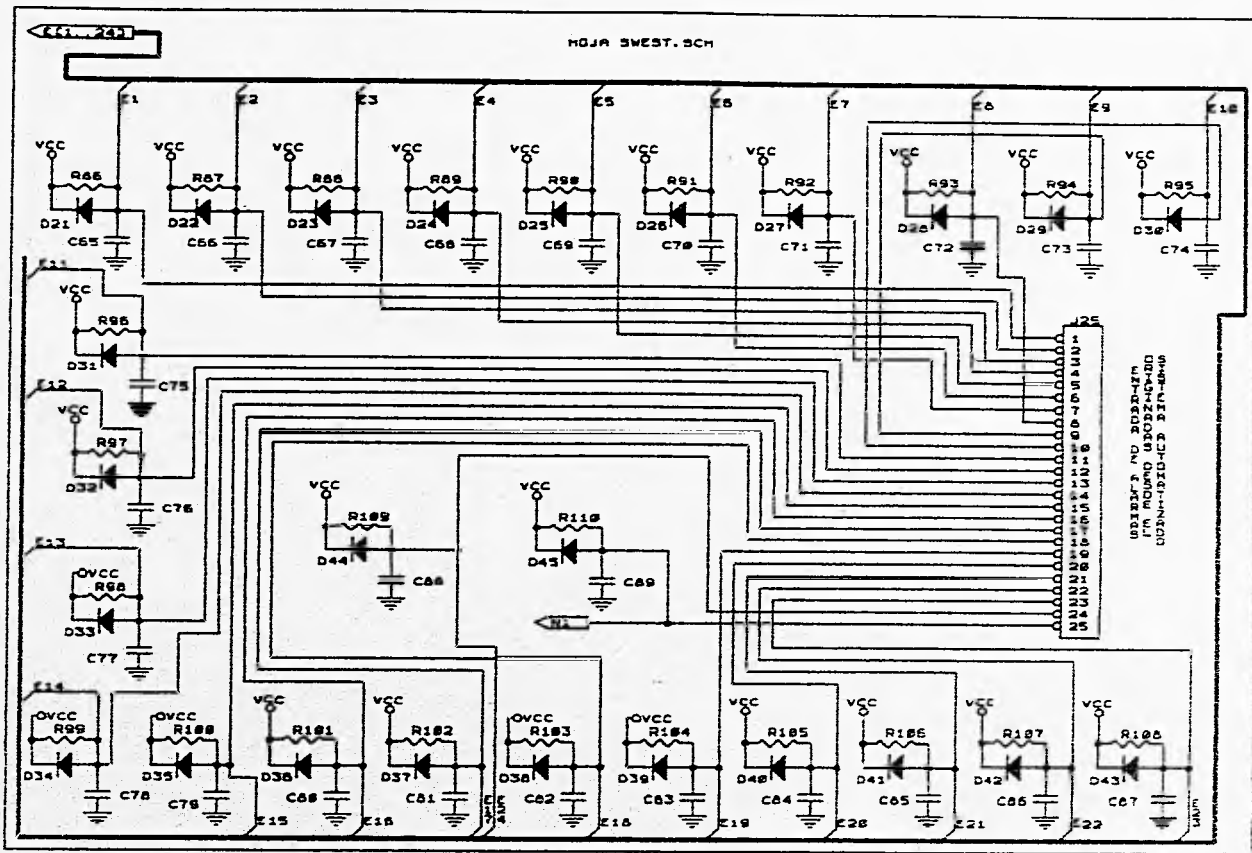




A LA ETAPA PARA EL DESPLIEGUE  
 DEL NIVEL DE EMBALSE EN  
 BARRA DE LEDS  
 CONEXION CON J37



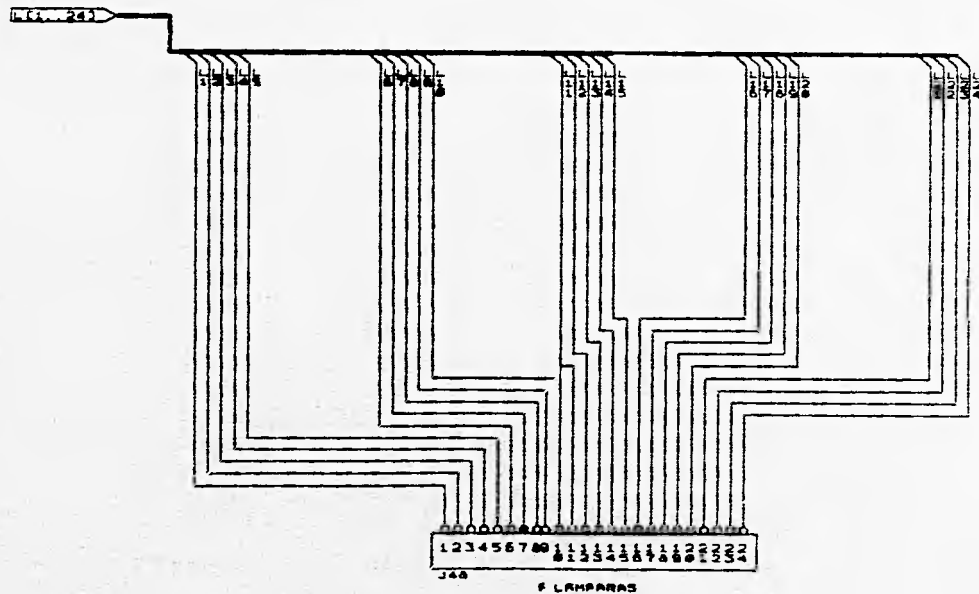


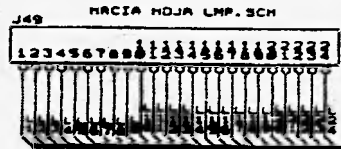


0323073 NO 20323-121  
 171 NO 0323073 NO 20323-121  
 0023073-0323073-121-0323073

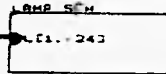
125  
 124  
 123  
 122  
 121  
 120  
 119  
 118  
 117  
 116  
 115  
 114  
 113  
 112  
 111  
 110  
 109  
 108  
 107  
 106  
 105  
 104  
 103  
 102  
 101  
 100  
 99  
 98  
 97  
 96  
 95  
 94  
 93  
 92  
 91  
 90  
 89  
 88  
 87  
 86  
 85  
 84  
 83  
 82  
 81  
 80  
 79  
 78  
 77  
 76  
 75  
 74  
 73  
 72  
 71  
 70  
 69  
 68  
 67  
 66  
 65  
 64  
 63  
 62  
 61  
 60  
 59  
 58  
 57  
 56  
 55  
 54  
 53  
 52  
 51  
 50  
 49  
 48  
 47  
 46  
 45  
 44  
 43  
 42  
 41  
 40  
 39  
 38  
 37  
 36  
 35  
 34  
 33  
 32  
 31  
 30  
 29  
 28  
 27  
 26  
 25

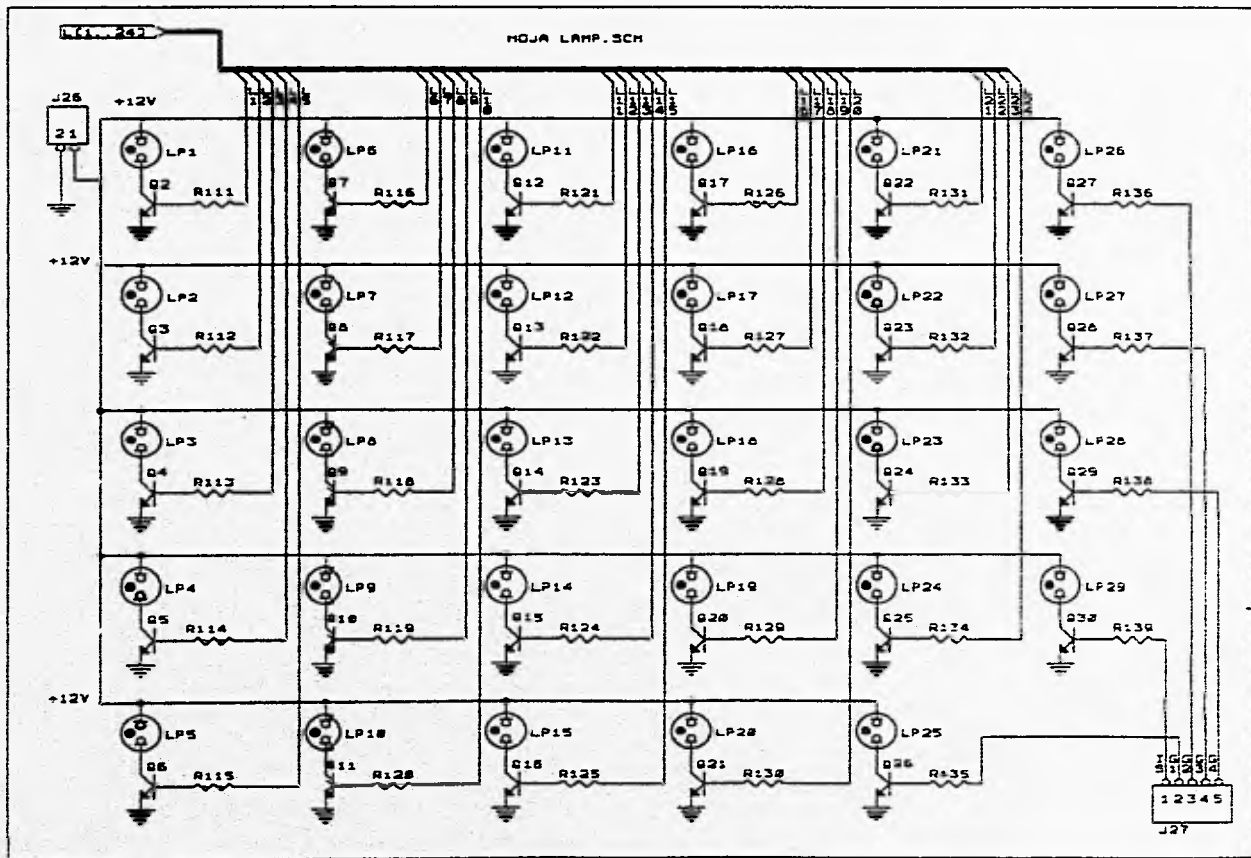
NOJA LIP. SCH



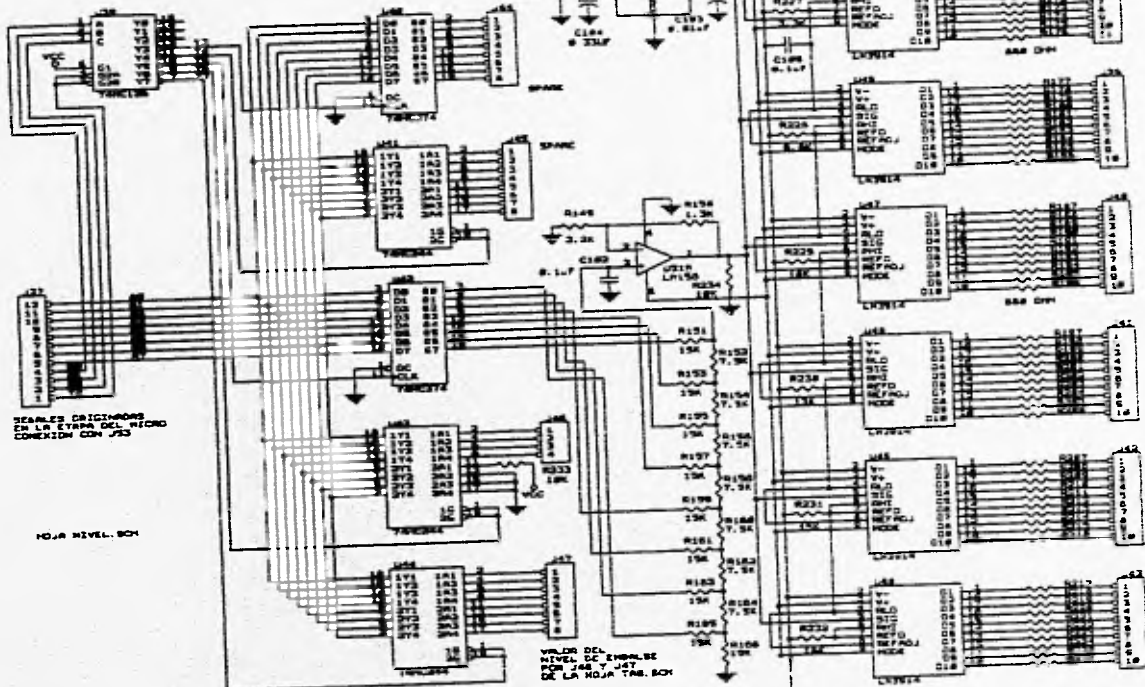


HOJA LAMP1. SCH





DISPLAY DEL NIVEL DE ENBALSE EN FORMA GRAFICA EN FORMA GRAFICA



SEALES DIFERENCIALES EN LA ETAPA DEL MICRO CONECTIV CON J50

HOJA NIVEL. BOH

VALOR DE NIVEL DE ENBALSE PARA J45 Y J47 DE LA HOJA TAB. BOH

DISEÑO: M. SANCHEZ

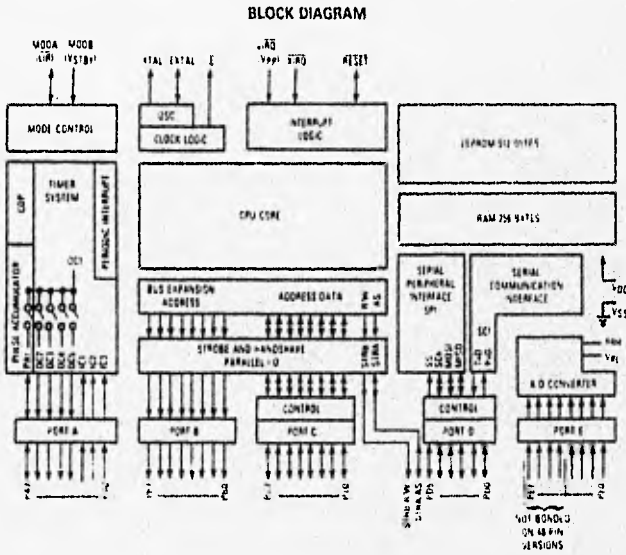
*Technical Summary*  
**8-Bit Microcontroller Unit**

The MC68HC11A1 high density CMOS (HCMOS) microcontroller unit (MCU) contains highly sophisticated on-chip peripheral capabilities. This high-speed and low-power MCU has a nominal bus speed of two megahertz, and the fully static design allows operations at frequencies down to dc. This publication contains condensed information on the MCU; for detailed information, refer to *Advance Information Manual, HCMOS Single-Chip Microcontroller (MC68H11A8 D)*, *MC68HC11 HCMOS Single-Chip Microcontroller Programmer's Reference Manual (M68HC11PM AD)* or contact your local Motorola sales office.

Refer to the block diagram for the hardware features and to the list below for additional features available on the MCU.

- Enhanced 16-Bit Timer System with Four-Stage Programmable Prescaler
- Power Saving STOP and WAIT Modes
- Serial Peripheral Interface (SPI)
- Enhanced NRZ Serial Communications Interface (SCI)
- 8-Bit Pulse Accumulator Circuit
- Bit Test and Branch Instructions
- Real-Time Interrupt Circuit
- 512 Bytes of EEPROM
- 256 Bytes of Static RAM
- Eight-Channel 8-Bit A/D Converter

3



This document contains information on a new product. Specifications and information herein are subject to change without notice.

## MC68HC11A1

### ELECTRICAL SPECIFICATIONS

#### MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	V <sub>DD</sub>	-0.3 to +7.0	V
Input Voltage	V <sub>in</sub>	-0.3 to +7.0	V
Operating Temperature Range MC68HC11A1 MC68HC11A1V MC68HC11A1M	T <sub>A</sub>	T <sub>L</sub> to T <sub>H</sub> -40 to 65 -40 to 105 -40 to 125	C
Storage Temperature Range	T <sub>stg</sub>	-55 to 150	C
Current Drain per Pin* Excluding V <sub>DD</sub> , V <sub>SS</sub> , V <sub>RH</sub> , and V <sub>RL</sub>	I <sub>D</sub>	25	mA

\*One pin at a time, observing maximum power dissipation limits.

This device contains circuitry to protect the inputs against damage due to high static voltages or electric fields; however, it is advised that normal precautions be taken to avoid application of any voltage higher than maximum-rated voltages to this high-impedance circuit. Reliability of operation is enhanced if unused inputs are tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either GND or V<sub>DD</sub>).

#### THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Value	Unit
Thermal Resistance Plastic 52-Pin Quad Pack (PLCC) Plastic 48-Pin Dual-In-Line	θ <sub>JA</sub>	50 40	C/W

#### POWER CONSIDERATIONS

The average chip-junction temperature, T<sub>J</sub>, in °C can be obtained from:

$$T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA}) \quad (1)$$

where:

- T<sub>A</sub> = Ambient Temperature, °C
- θ<sub>JA</sub> = Package Thermal Resistance, Junction-to-Ambient, C/W
- P<sub>D</sub> = P<sub>INT</sub> + P<sub>IO</sub>
- P<sub>INT</sub> = I<sub>DD</sub> · V<sub>DD</sub>, Watts — Chip Internal Power
- P<sub>IO</sub> = Power Dissipation on Input and Output Pins, Watts — User Determined

For most applications P<sub>IO</sub> = P<sub>INT</sub> and can be neglected. The following is an approximate relationship between

P<sub>D</sub> and T<sub>J</sub> (if P<sub>IO</sub> is neglected):

$$P_D = K - (T_J - 273^\circ\text{C}) \quad (2)$$

Solving equations (1) and (2) for K gives:

$$K = P_D \cdot (T_A + 273^\circ\text{C}) - \theta_{JA} \cdot P_D^2 \quad (3)$$

where K is a constant pertaining to the particular part. K can be determined from equation (3) by measuring P<sub>D</sub> (at equilibrium) for a known T<sub>A</sub>. Using this value of K, the values of P<sub>D</sub> and T<sub>J</sub> can be obtained by solving equations (1) and (2) iteratively for any value of T<sub>A</sub>.



MC68HC11A1

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (VDD = 5.0 Vdc ± 10%, VSS = 0 Vdc, TA = TL to TH, unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit	
Output Voltage I <sub>Load</sub> = -10.0 μA (see Note 1)	All Outputs All Outputs Except RESET and MODA	VOL VOH	— VDD - 0.1	0.1 —	V
Output High Voltage I <sub>Load</sub> = -0.8 mA, VDD = 4.5 V (see Note 1)	All Outputs Except RESET, XTAL, and MODA	VOH	VDD - 0.4	—	V
Output Low Voltage I <sub>Load</sub> = 1.6 mA	All Outputs Except XTAL	VOL	—	0.4	V
Input High Voltage	All Inputs Except RESET, RESET	VIH	0.7 · VDD 0.8 · VDD	VDD VDD	V
Input Low Voltage	All Inputs	VIL	VSS	0.2 · VDD	V
I/O Ports, Three-State Leakage VIN = VIH or VIL	PA7, PC0-PC7, PD0-PD5, AS STRA, MODA LTR, RESET	IOZ	—	± 10	μA
Input Current (see Note 2) VIN = VDD or VSS VIN = VDD or VSS	PA0-PA2, IRQ, XIRQ, MODB VSTBY	Iin	—	± 1 ± 10	μA
RAM Standby Voltage	Powerdown	VSB	4.0	VDD	V
RAM Standby Current	Powerdown	ISB	—	20	μA
Total Supply Current (see Note 3): RUN: Single Chip Expanded Multiplexed WAIT: All Peripheral Functions Shut Down Single-Chip Mode Expanded Multiplexed Mode STOP: No Clocks, Single-Chip Mode		IDD WIDD SIDD	— — —	19 27 6 10 100	mA mA mA mA μA
Input Capacitance PA7, PC0-PC7, PD0-PD5, AS STRA, MODA LTR, RESET	PA0-PA2, PE0-PE7, IRQ, XIRQ, EXTAL	Cin	—	3 12	pF
Power Dissipation	Single-Chip Mode Expanded-Multiplexed Mode	PD	—	85 150	mW

NOTES:

- VOH specification for RESET and MODA is not applicable because they are open drain pins. VOH specification not applicable to ports C and D in wire-OR mode.
- See A/D specification for leakage current for port E.
- All ports configured as inputs.  
 VIL < 0.2 V.  
 VIH > VDD - 0.2 V.  
 No dc loads.  
 EXTAL is driven with a square wave, and  
 tCYC = 476.5 ns.

3



MC68HC11A1

A/D CONVERTER CHARACTERISTICS (V<sub>DD</sub> = 5.0 Vdc ± 10%, V<sub>SS</sub> = 0 Vdc, T<sub>A</sub> = T<sub>L</sub> to T<sub>H</sub>, 750 kHz ≤ E ≤ 2.1 MHz, unless otherwise noted)

Characteristic	Parameter	Min	Absolute	Max	Unit
Resolution	Number of Bits Resolved by the A/D	8	—	—	Bits
Non-Linearity	Maximum Deviation from the Ideal A/D Transfer Characteristics	—	—	± 1.2	LSB
Zero Error	Difference Between the Output of an Ideal and an Actual A/D for Zero Input Voltage	-	—	± 1/2	LSB
Full-Scale Error	Difference Between the Output of an Ideal and an Actual A/D for Full-Scale Input Voltage	—	—	± 1.2	LSB
Total Unadjusted Error	Maximum Sum of Non-Linearity, Zero Error, and Full-Scale Error	—	—	± 1/2	LSB
Quantization Error	Uncertainty Due to Converter Resolution	—	—	± 1/2	LSB
Absolute Accuracy	Difference Between the Actual Input Voltage and the Full-Scale Weighted Equivalent of the Binary Output Code. All Error Sources Included	—	—	± 1	LSB
Conversion Range	Analog Input Voltage Range	V <sub>RL</sub>	—	V <sub>RH</sub>	V
V <sub>RH</sub>	Maximum Analog Reference Voltage (see Note 2)	V <sub>RL</sub>	—	V <sub>DD</sub> + 0.1	V
V <sub>RL</sub>	Minimum Analog Reference Voltage (see Note 2)	V <sub>SS</sub> - 0.1	—	V <sub>RH</sub>	V
ΔV <sub>R</sub>	Minimum Difference between V <sub>RH</sub> and V <sub>RL</sub> (see Note 2)	3	—	—	V
Conversion Time	Total Time to Perform a Single Analog-to-Digital Conversion: a. E Clock b. Internal RC Oscillator	— —	32 —	— t <sub>cyt</sub> - 32	t <sub>cyt</sub> μs
Monotonicity	Conversion Result Never Decreases with an Increase in Input Voltage and has no Missing Codes		Guaranteed		
Zero-Input Reading	Conversion Result when V <sub>IN</sub> = V <sub>RL</sub>	00	—	—	Hex
Full-Scale Reading	Conversion Result when V <sub>IN</sub> = V <sub>RH</sub>	—	—	FF	Hex
Sample Acquisition Time	Analog Input Acquisition Sampling Time: a. E Clock b. Internal RC Oscillator	— —	12 —	— 12	t <sub>cyt</sub> μs
Sample Hold Capacitance	Input Capacitance during Sample PE0-PE7	—	20 (Typ)	—	pF
Input Leakage	Input Leakage on A/D Pins	PE0-PE7 V <sub>RL</sub> , V <sub>RH</sub>	— —	— —	400 10 nA μA

NOTES:

1. Source impedances greater than 10 KΩ will adversely affect accuracy, due mainly to input leakage.
2. Performance verified down to 2.5 V ΔV<sub>R</sub>, but accuracy is tested and guaranteed at ΔV<sub>R</sub> = 5 V ± 10%.

3

MC68HC11A1

EXPANSION BUS TIMING (V<sub>DD</sub> = 5.0 Vdc ± 10%, V<sub>SS</sub> = 0 Vdc, T<sub>A</sub> = T<sub>L</sub> to T<sub>H</sub>, see Figure 21)

Num.	Characteristic	Symbol	1.0 MHz		2.0 MHz		2.1 MHz		Unit
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	
	Frequency of Operation (E Clock Frequency)	f <sub>0</sub>	1.0	1.0	2.0	2.0	2.1	2.1	MHz
1	Cycle Time	t <sub>cy</sub>	1000	—	500	—	476	—	ns
2	Pulse Width, E Low PW <sub>EL</sub> = 1.2 t <sub>cy</sub> - 23 ns	PW <sub>EL</sub>	477	—	227	—	215	—	ns
3	Pulse Width, E High PW <sub>EH</sub> = 1.2 t <sub>cy</sub> - 28 ns	PW <sub>EH</sub>	472	—	222	—	210	—	ns
4	E and AS Rise and Fall Time	t <sub>r, f</sub>	—	20	—	20	—	20	ns
9	Address Hold Time t <sub>AH</sub> = 1.8 t <sub>cy</sub> - 29.5 ns see Note 1(a)	t <sub>AH</sub>	95.5	—	33	—	30	—	ns
12	Non-Muxed Address Valid Time to E Rise t <sub>AV</sub> = PW <sub>EL</sub> - (t <sub>ASD</sub> - 80 ns) see Note 1(b)	t <sub>AV</sub>	281.5	—	94	—	85	—	ns
17	Read Data Setup Time	t <sub>OSR</sub>	30	—	30	—	30	—	ns
18	Read Data Hold Time (Max - t <sub>MAD</sub> )	t <sub>DHR</sub>	10	145.5	10	83	10	80	ns
19	Write Data Delay Time t <sub>ODW</sub> = 1.8 t <sub>cy</sub> - 65.5 ns see Note 1(a)	t <sub>ODW</sub>	—	190.5	—	128	—	125	ns
21	Write Data Hold Time t <sub>ODW</sub> = 1.8 t <sub>cy</sub> - 29.5 ns see Note 1(a)	t <sub>ODW</sub>	95.5	—	33	—	30	—	ns
22	Muxed Address Valid Time to E Rise t <sub>AVM</sub> = PW <sub>EL</sub> - (t <sub>ASD</sub> - 90 ns) see Note 1(b)	t <sub>AVM</sub>	271.5	—	84	—	75	—	ns
24	Muxed Address Valid Time to AS Fall t <sub>ASL</sub> = PW <sub>ASH</sub> - 70 ns	t <sub>ASL</sub>	151	—	28	—	20	—	ns
25	Muxed Address Hold Time t <sub>AHL</sub> = 1.8 t <sub>cy</sub> - 29.5 ns see Note 1(b)	t <sub>AHL</sub>	95.5	—	33	—	30	—	ns
26	Delay Time, E to AS Rise t <sub>ASD</sub> = 1.8 t <sub>cy</sub> - 3.5 ns see Note 1(a)	t <sub>ASD</sub>	115.5	—	53	—	50	—	ns
27	Pulse Width, AS High PW <sub>ASH</sub> = 1.4 t <sub>cy</sub> - 29 ns	PW <sub>ASH</sub>	221	—	96	—	98	—	ns
28	Delay Time, AS to E Rise t <sub>ASED</sub> = 1.8 t <sub>cy</sub> - 9.5 ns see Note 1(b)	t <sub>ASED</sub>	115.5	—	53	—	50	—	ns
29	MPU Address Access Time see note 1(b) t <sub>ACCA</sub> = t <sub>AVM</sub> + t <sub>r</sub> + PW <sub>EH</sub> - t <sub>OSR</sub>	t <sub>ACCA</sub>	733.5	—	296	—	275	—	ns
35	MPU Access Time t <sub>ACCE</sub> = PW <sub>EH</sub> - t <sub>OSR</sub>	t <sub>ACCE</sub>	—	442	—	192	—	180	ns
36	Muxed Address Delay (Previous Cycle MPU Read) t <sub>MAD</sub> = t <sub>ASD</sub> - 30 ns see Note 1(a)	t <sub>MAD</sub>	145.5	—	83	—	88	—	ns

NOTES:

- Input clocks with duty cycles other than 50% will affect bus performance. Timing parameters affected by input clock duty cycle are identified by (a) and (b). To recalculate the approximate bus timing values, substitute the following expressions in place of 1.8 t<sub>cy</sub> in the above formulas where applicable:
  - (a) (1-DC) × 1.4 t<sub>cy</sub>
  - (b) DC × 1.4 t<sub>cy</sub>

Where:

DC is the decimal value of duty cycle percentage (with timer)

- All timing is shown with respect to 20% V<sub>DD</sub> and 70% V<sub>DD</sub> unless otherwise noted

3

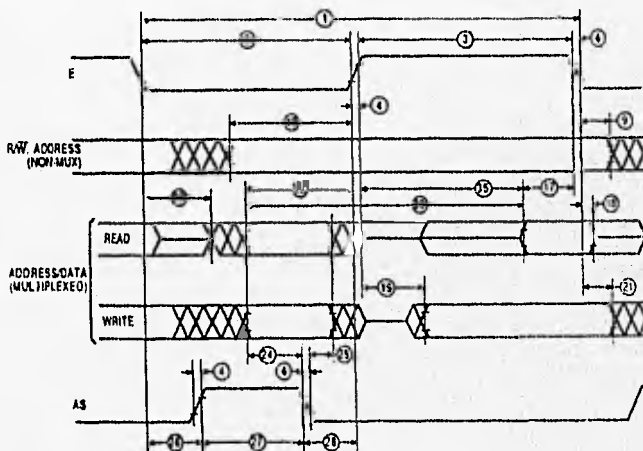
## MC68HC11A1

### EEPROM CHARACTERISTICS (V<sub>DD</sub> = 5.0 Vdc ± 10%, V<sub>SS</sub> = 0 Vdc, T<sub>A</sub> = T<sub>L</sub> to T<sub>H</sub>)

Characteristic		Temperature Range			Unit
		-40 to 85 °C	-40 to 105 °C	-40 to 125 °C	
Programming Time (see Note 1)	Under 1.0 MHz with RC Oscillator Enabled	10	15	20	ms
	1.0 to 2.0 MHz with RC Oscillator Disabled	20	Must Use RC	Must Use RC	
	2.0 MHz (or Anytime RC Oscillator Enabled)	10	15	20	
Erase Time (see Note 1)	Byte, Row, and Bulk	10	10	10	ms
Write/Erase Endurance (see Note 2)		10,000	10,000	10,000	Cycles
Data Retention (see Note 2)		10	10	10	Years

**NOTES:**

1. The RC oscillator must be enabled (by setting the CSEL bit in the OPTION register) for EEPROM programming and erasure when the E-clock frequency is below 1.0 MHz.
2. See current quarterly Reliability Monitor report for current failure rate information.



NOTE: Measurement points shown are 20% and 70% V<sub>DD</sub>

Figure 21. Expansion Bus Timing Diagram

# MC68HC11A1

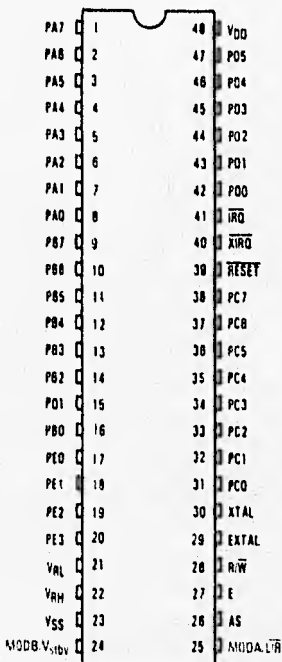
## ORDERING INFORMATION

The following table provides ordering information pertaining to the package type, temperature, and MC part numbers for the MC68HC11A1 HCMOS single-chip microcontroller device.

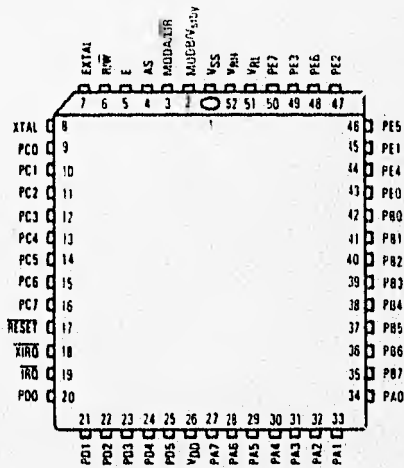
Package Type	Temperature	CONF	Description	MC Part Number
Plastic (P Suffix)	-40 to -85°C	\$0D	No ROM	MC68HC11A1P
	-40 to -105°C	\$0D	No ROM	MC68HC11A1VP
	-40 to -125°C	\$0D	No ROM	MC68HC11A1MP
	-40 to -85°C	\$09	No ROM, COP On	MC68HCP11A1P
	-40 to -105°C	\$09	No ROM, COP On	MC68HCP11A1VP
	-40 to -125°C	\$09	No ROM, COP On	MC68HCP11A1MP
PLCC (FN Suffix)	-40 to -85°C	\$0D	No ROM	MC68HC11A1FN
	-40 to -105°C	\$0D	No ROM	MC68HC11A1VFN
	-40 to 125°C	\$0D	No ROM	MC68HC11A1MFN
	-40 to -85°C	\$09	No ROM, COP On	MC68HCP11A1FN

### PIN ASSIGNMENTS

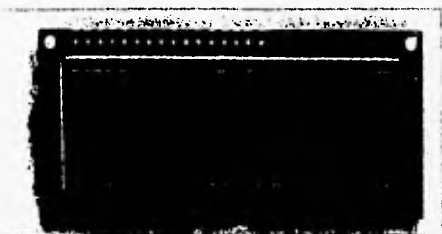
48-Pin Dual-in-Line Package



52-Lead Quad Package



3



## AND491/ST/ST-LED

### 16 Characters x 2 Lines

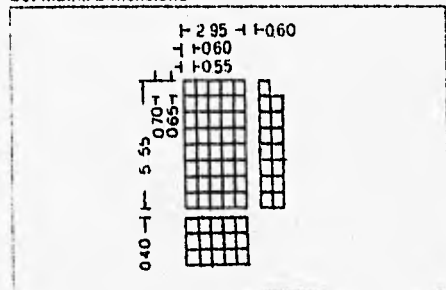
### Intelligent Alphanumeric Displays

The AND491/ST/ST-LED devices are compact, LCD modules that have an on-board LCD controller and driver circuit. These devices can display 160 characters (numerals, letters, symbols and Kana letters), as well as eight custom characters.

#### Features

- AND491: Twisted Nematic
- AND491ST: Super Twist Technology
- AND491ST/ST-LED: STN with LED backlight
- Low voltage, +5V single power supply
- Controller on board (HD44780)
- Direct interface to 4- or 8-bit CPU
- 11 commands for control

#### Dot Matrix Dimensions



#### Mechanical Characteristics

Item	Specification	Unit
Outline Dimensions	80 (W) x 36 (H) x 12 (D)	mm
Character size	2.95 (W) x 5.55 (H)	mm
Viewing Area	64.5 (W) x 13.8 (H)	mm
Bezel Opening	64.5 (W) x 13.8 (H)	mm
Dot Size	0.58 (W) x 0.73 (H)	mm
Dot Pitch	0.93 (W) x 0.83 (H)	mm

#### Absolute Maximum Ratings

Item	Symbol	Rating	Unit
Supply Voltage	$V_{DD}$	7.0	V
Input Voltage	$V_{IH}$	$0 \leq V_{IH} \leq V_{DD}$	V

#### Absolute Maximum Ratings (Continued)

Item	Symbol	Rating	Unit
Operating Temperature	$T_{OP}$	0 to +50	$^{\circ}C$
Storage Temperature	$T_{STG}$	-20 to +60	$^{\circ}C$

#### Electrical Characteristics (TA = 25 $^{\circ}C$ )

Item	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Supply Voltage	$V_{DD}$	4.75	5.0	5.25	V
	GND	—	0	—	V
High Level In Voltage ( $V_{DD} = 5.0V$ )	$V_{IH}$	-0.5	—	—	V
Low Level In Voltage ( $I_{OH} = 0.2 mA$ )	$V_{IL}$	—	—	0.6	V
High Level Output Volt. ( $I_{OH} = 0.2 mA$ )	$V_{OH}$	2.4	—	—	V
Low Level Output Volt. ( $I_{OL} = 1.2 mA$ )	$V_{OL}$	—	—	0.6	V
LED Reverse Current ( $V_R = 4 V$ )	$I_R$	—	—	100	$\mu A$

#### Optical Characteristics (TA = 25 $^{\circ}C$ , $\phi = 0^{\circ}C$ , $\theta = 0$ )

Item	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Viewing Angle	$\phi$	-10	25	40	degree
Contrast	K	—	3.0	—	—
Turn On	$T_{ON}$	—	200	400	ms
Turn Off	$T_{OFF}$	—	250	400	ms

#### Connector Pin Assignment

Pin No.	Signal	Function
1	GND	Ground
2	$V_{DD}$	+5 Power Supply
3	$V_D$	LCD Drive Voltage



# AND491/ST/ST-LED Intelligent Alphanumeric Displays

### Connector Pin Assignment (Continued)

Pin No.	Signal	Function
4	RS	"H" Data Input "L" Command Input
5	R/W	Read/Write
6	E	Enable
7	DB0	Data Bus DB0-DB7 are for 8-bit operation DB4-DB8 are for 4-bit operation
8	DB1	
9	DB2	
10	DB3	
11	DB4	
12	DB5	
13	DB6	
14	DB7	
15	LED	LED Anode
16	LED	LED Cathode

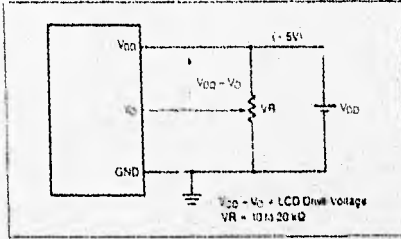
### Power Supply

The LCD panel is driven by the voltage  $V_{CC}-V_{CE}$ , so you need an adjustable  $V_{CC}$  for contrast control and temperature compensation.

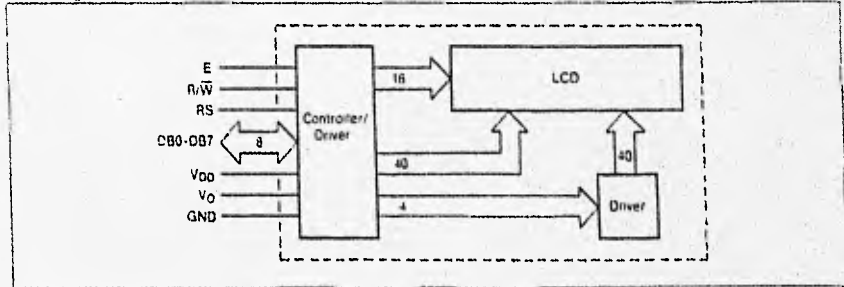
### Temperature Variations

Temperature	$V_{CC}-V_{CE}$
0°C	4.80
-25°C	4.65
+50°C	4.35

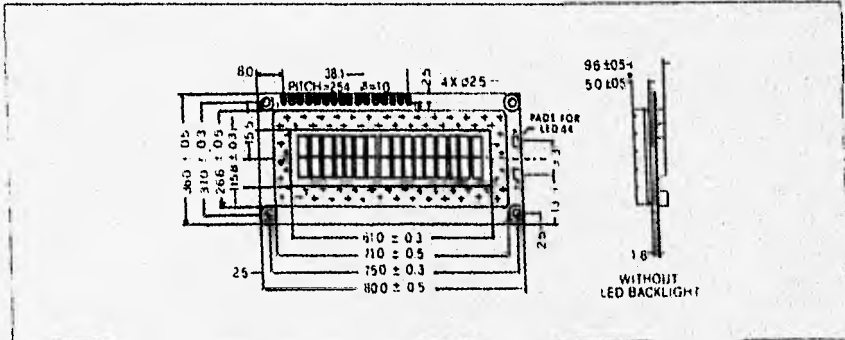
### Power Supply Block Diagram



### Block Diagram



### Dimensional Outline





# AND491/ST/ST-LED Intelligent Alphanumeric Displays

## Connector Pin Assignment (Continued)

Pin No.	Signal	Function
4	RS	"H" Data Input "L" Command Input
5	R/W	Read/Write
6	E	Enable
7	DB0	Data Bus DB0-DB7 are for 8-bit operation DB4-DB8 are for 4-bit operation
8	DB1	
9	DB2	
10	DB3	
11	DB4	
12	DB5	
13	DB6	
14	DB7	
15	LED	LED Anode
16	LED	LED Cathode

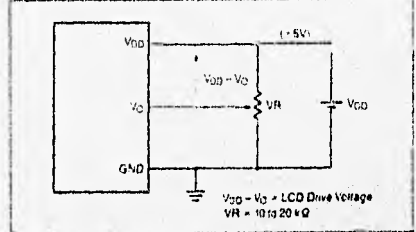
## Power Supply

The LCD panel is driven by the voltage  $V_{CC}-V_{E1}$ , so you need an adjustable  $V_{O}$  for contrast control and temperature compensation.

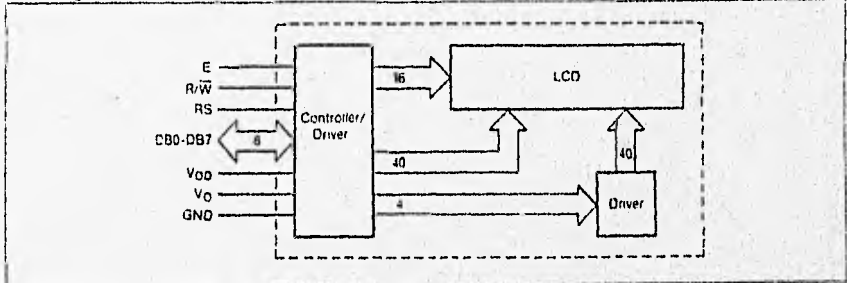
## Temperature Variations

Temperature	$V_{O0}-V_{E1}$
0°C	4.80
+25°C	4.65
+50°C	4.35

## Power Supply Block Diagram



## Block Diagram



## Dimensional Outline

