

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN
COMPUTACIÓN**

**DIAGNOSTICADOR DE FALLAS BASADO
EN PC PARA TARJETAS
ELECTRÓNICAS DE SISTEMAS DE
CONTROL APLICADOS A
TURBOCOMPRESORES**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO
EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
P R E S E N T A :

FRANCISCO VARELA GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS:
M. en C. SERGIO SANDOVAL REYES

MÉXICO D.F. Noviembre de 2002

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS	vi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	5
EL PROBLEMA DE LA ELECTRÓNICA DE CONTROL PARA LA COMPRESIÓN DE GAS EN PLATAFORMAS MARINAS	
1.1 Antecedentes	5
1.2 Descripción del sistema de control para turbocompresores.	6
1.3 Formulación del problema.	9
1.4 Objetivos.	9
1.4.1 Objetivo general.	9
1.4.2 Objetivos específicos.	10
1.5 Justificación.	10
1.6 Soluciones afines.	10
1.7 Solución propuesta.	11
Resumen.	13
CAPÍTULO 2	15
DISEÑO DEL DIAGNOSTICADOR DE FALLAS PARA MÓDULOS ELECTRÓNICOS	
2.1 Estructura interna del diagnosticador.	15
2.2 Actividades a desarrollar.	17
2.2.1 Hardware.	17
2.2.2. Software.	17
2.2.2.1. Descripción del programa para probar los módulos digitales PIU'S.	19
2.2.2.2. Descripción del programa para probar el módulo RTD TEMPERATURA.	19
2.2.2.3. Descripción del programa para probar el módulo VELOCIDAD.	20

2.2.2.4. Descripción del programa para probar el módulo VIBRACIÓN.	20
2.3 Diseño de pruebas de funcionamiento.	20
2.3.1 Pruebas estáticas.	20
2.3.2 Pruebas dinámicas.	20
2.4 Generación de reportes de diagnóstico.	21
Resumen.	21
 CAPÍTULO 3	 23
HARDWARE DEL DIAGNOSTICADOR	
 3.1 Descripción del Diagnosticador.	 23
3.2 Módulos a diagnosticar.	25
3.3 Hardware de la interfaz analógica.	26
3.3.1 Fuentes de alimentación.	26
3.3.2 Salidas digitales.	26
3.3.3 Entradas digitales.	29
3.3.4 Entradas analógicas.	30
3.3.5 Salidas analógicas.	31
3.3.5.1 Simulación de la señal para el diagnóstico del módulo de temperatura.	32
3.3.5.2 Simulación de la señal para el diagnóstico del módulo de velocidad.	34
3.3.5.3 Simulación de la señal para el diagnóstico del módulo de vibración.	37
3.4 Diseño de la tarjeta de Interfaz Digital.	40
3.4.1 Interfaz periférica programable 8255.	41
3.4.1.1 Señales usadas en el 8255.	41
3.4.2 Descripción operacional del 8255.	43
3.4.3 Diseño de circuitos electrónicos.	48
3.4.3.1 Selección del direccionamiento de los puertos.	52
3.4.3.2 Decodificador de los puertos seleccionados.	53
3.4.4 Circuitos de Interfaz para los puertos del 8255.	54
3.4.4.1 Interfaz de TTL a CMOS.	54
3.4.4.2 Interfaz de TTL a CMOS con VDD de 5 Volts.	56
3.4.4.3 Interfaz con salida con transistores.	56
3.4.4.4 Interfaz de CMOS a TTL.	58
3.4.4.5 Manejo y control de la salida de PPI3C.	58
Resumen.	59
 CAPÍTULO 4	 61
SOFTWARE DE DIAGNÓSTICO APLICADO A MÓDULOS DIGITALES	
 4.1 Pantalla principal y menús del Diagnosticador.	 61

4.2 Autodiagnóstico de la Interfaz Digital.	63
4.2.1 Secuencia de diagnóstico.	63
4.2.2 Procedimiento para la prueba I.	64
4.3 Diagnóstico del módulo PIU RELAY.	65
4.3.1 Procedimiento para la prueba I (Verificación de la alimentación).	78
4.3.2 Procedimiento para la prueba II (Prueba de la posición del switch).	78
4.3.3 Procedimiento para la prueba III (Prueba de la salida X1 de los multiplexores 4512).	79
4.3.4 Procedimiento para la prueba IV (Prueba de la salida X4 de los multiplexores 4512).	80
4.3.5 Procedimiento para la prueba V (Prueba de la salida X6 de los multiplexores).	81
4.3.6 Procedimiento para la prueba VI (Prueba de la habilitación de los relevadores pertenecientes a los canales 0 a 7).	82
4.3.7 Procedimiento para la prueba VII (Prueba de la habilitación de los relevadores pertenecientes a los canales 8 a 15).	84
4.4 Diagnóstico del módulo PIU CONTACT.	86
4.4.1 Procedimiento para la Prueba I (Verificación de la alimentación).	88
4.4.2 Procedimiento para la Prueba II (Verificación de la posición del switch).	88
4.4.3 Procedimiento para la Prueba III (Prueba de la salida X4 de los multiplexores 4512).	90
4.4.4 Procedimiento para la Prueba IV (Verificación de los canales CH0-CH7).	91
4.4.5 Procedimiento para la Prueba V (Verificación de los canales CH8 - CH15).	91
4.5 Diagnóstico del módulo PIU TRANSISTOR.	92
4.5.1 Procedimiento para la prueba I (Verificación de alimentación).	94
4.5.2 Procedimiento para la prueba II (Verificación de la posición del switch).	94
4.5.3 Procedimiento para la prueba III (Verificación de la salida X4 de los multiplexores).	95
4.5.4 Procedimiento para la prueba IV. (Verificación de los canales CH0 - CH7).	96
4.5.5 Procedimiento para la prueba V. (Verificación de los canales CH0 -CH15)	97
4.5.6 Procedimiento para la prueba VI (Verificación de las salidas de los transistores).	98
Resumen.	99

CAPÍTULO 5 101

SOFTWARE DE DIAGNÓSTICO APLICADO A MÓDULOS ANALÓGICOS

5.1 Diagnóstico del módulo RTD de temperatura.	101
5.1.1 Procedimiento para la prueba I (Verificación de la alimentación).	111
5.1.2 Procedimiento para la prueba II (Lámparas indicadoras del módulo).	112
5.1.3 Procedimiento para prueba III	

(Calibración del nivel de voltaje ZERO del canal).	114
5.1.4 Procedimiento para la prueba IV	
(Calibración del nivel de voltaje SPAN del canal).	115
5.1.5 Procedimiento para la prueba V	
(Calibración del nivel de voltaje SETPOINT del canal).	116
5.1.6 Procedimiento para la prueba VI	
(Lectura digital SUMMARY ALARM).	118
5.1.7 Procedimiento para la prueba VII	
(Lectura digital SUMMARY SHUTDOWN).	118
5.2 Diagnóstico del módulo de velocidad.	121
5.2.1 Procedimiento para la prueba I (Verificación de la alimentación).	129
5.2.2 Procedimiento para la prueba II (Prueba del RESET).	130
5.2.3 Procedimiento para la prueba III	
(Prueba de los detectores de punta sin señal).	130
5.2.4 Procedimiento para la prueba IV	
(Prueba de los detectores de punta con señal).	131
5.2.5 Procedimiento para la prueba V	
(Calibración de la salidas de voltaje del canal 1 a 4.16 Volts).	132
5.2.6 Procedimiento para la prueba VI	
(Calibración de la salida de voltaje del canal 2 a 4.16 Volts).	132
5.2.7 Procedimiento para la prueba VII	
(Recalibración de la salida de voltaje de los canales 1 y 2 a 5.00 Volts).	133
5.2.8 Procedimiento para la prueba VIII (Prueba del RESET).	133
5.2.9 Procedimiento para la prueba IX (Calibración del setpoint 1).	133
5.2.10 Procedimiento para la prueba X (Calibración de los Setpoints 5 y 6).	134
5.3 Diagnóstico del módulo de Vibración.	136
5.3.1 Procedimiento para la prueba I (Verificación de la alimentación).	146
5.3.2 Procedimiento para la prueba II	
(Calibración del nivel de alarma del canal).	147
5.3.3 Procedimiento para la prueba III (Calibración del nivel de	
SHUTDOWN del canal).	149
5.3.4 Procedimiento para la prueba IV (Prueba del RESET).	150
5.3.5 Procedimiento para la prueba V	
(Verificación de la salida SUMMARY SHUTDOWN).	150
5.3.6 Procedimiento para la prueba VI (Prueba del TEST).	151
5.3.7 Procedimiento para la prueba VII	
(Prueba del switch DISPLAY SETPOINT).	152
5.3.8 Procedimiento para la prueba VIII (Prueba del canal	
con señal normal de vibración, verificación de las salidas	
SHUTDOWN, WARNING E INPUT NORMAL).	153
5.3.9 Procedimiento para la prueba IX	
(Prueba de la salida SUMMARY ALARM).	153
5.3.10 Procedimiento para la prueba X	
(Calibración del voltaje de salida a 5.00 Volts).	154
5.3.11 Procedimiento para la prueba XI (Verificación de las salidas	
SHUTDOWN, WARNING E INPUT NORMAL).	155
5.3.12 Procedimiento para la prueba XII	

(Prueba de la salida SUMMARY SHUTDOWN).	156
5.3.13 Procedimiento para la prueba XIII (Prueba del DISPLAY FIRSTOUT).	156
Resumen	159
 CAPÍTULO 6	 161
PRUEBAS Y RESULTADOS	
6.1 Secuencia de diagnóstico del módulo digital PIU RELAY.	162
6.2 Secuencia de diagnóstico del módulo analógico RTD de TEMPERATURA.	172
Resumen	182
 CAPÍTULO 7	 183
CONCLUSIONES	
7.1 Restablecimiento de objetivos y logros alcanzados.	183
7.2 Trabajos a futuro.	184
7.3 Comentarios finales.	185
 BIBLIOGRAFÍA	 187
 APÉNDICES	 189
A: Manual de operación.	191
B: Programas fuente.	192
C: Diagramas de flujo y diagramas eléctricos de los módulos del sistema de control.	200
D: Tablas de calibración para los módulos analógicos y especificaciones técnicas de la tarjeta PCL-818.	201

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Sistema de control.	7
Figura 1.2	Diagnosticador para módulos electrónicos.	12
Figura 2.1.	Diagrama general del diagnosticador.	18
Figura 2.2.	Formato de generación de reportes de diagnóstico.	22
Figura 3.1a	Diagrama a bloques del Diagnosticador.	26
Figura 3.1b	Diagrama a bloques del Diagnosticador.	27
Figura 3.1c.	Diagrama general del diagnosticador.	29
Figura 3.2	Conexión básica de las salidas digitales.	30
Figura 3.3	Conexión de las entradas digitales.	32
Figura 3.4	Conexión básica de las entradas analógicas.	33
Figura 3.5	Arreglo para generar la referencia externa del DAC0.	34
Figura 3.6	Conexión para realizar la calibración del módulo RTD de acuerdo al manual del fabricante.	35
Figura 3.7	Arreglo para generar la señal para el diagnóstico del módulo RTD de Temperatura.	36
Figura 3.8	Arreglo para generar la señal para el diagnóstico del módulo Velocidad.	37
Figura 3.9	Señales de vibración.	39
Figura 3.10	Arreglo para generar la señal para el diagnóstico del módulo Vibración.	40
Figura 3.11	Diagrama interno a bloques del 8255.	44
Figura 3.12	Definición del modo de Operación.	47
Figura 3.13a	Modos de operación del 8255.	48
Figura 3.13b	Modos de operación del 8255.	49
Figura 3.14	Conexión física completa del Circuito de E/S del 8255 y el bus de la PC del diagnosticador.	50
Figura 3.15	Lógica de dirección hacia los puertos.	58
Figura 3.16	Interfaz TTL a CMOS.	59
Figura 3.17	Interfaz TTL con CMOS VDD = 5 Volts.	60
Figura 3.18	Región de saturación del transistor.	60
Figura 3.19	Salida de puerto por transistor.	61
Figura 3.20	Buffer CMOS para la interfaz CMOS a TTL ($V_{DD} > 5\text{ V}$)	62
Figura 3.21	Interfaz de TTL a CMOS y CMOS a TTL.	63
Figura 4.1	Pantalla principal del diagnosticador.	65
Figura 4.2	Diagrama a bloques del módulo PIU RELAY.	69
Figura 4.3	Bloque Selección del switch.	71
Figura 4.4	Habilitación de los multiplexores.	72
Figura 4.5	Selección de las salidas de los multiplexores.	73
Figura 4.6	Lecturas y escrituras realizadas al seleccionar la salida de los multiplexores.	75
Figura 4.7	Señales de estado para los relevadores.	76
Diagrama de flujo del módulo de PIU RELAY.		78
Figura 4.8	Diagrama a bloques del módulo PIU CONTACT.	90
Figura 4.9	Diagrama a bloques del módulo PIU Transistor.	93

Figura 5.1	Diagrama de entradas y salidas del módulo RTD de Temperatura.	102
	Diagrama de flujo del módulo RTD de Temperatura.	109
Figura 5.2	Pantalla principal del diagnosticador.	110
Figura 5.3	Reporte de diagnóstico del módulo RTD de temperatura.	120
Figura 5.4	Diagrama general de entradas y salidas del módulo de velocidad.	121
	Diagrama de flujo del módulo de Velocidad.	124
Figura 5.5	Reporte de diagnóstico del módulo velocidad.	135
Figura 5.6	Diagrama general de entradas y salidas del módulo de vibración.	136
	Diagrama de flujo del módulo vibración.	141
Figura 5.7	Reporte de diagnóstico del módulo vibración.	158
Figura 6.1	Menú principal del programa de diagnóstico.	162
Figura 6.2	Diagnosticador de módulos.	162
Figura 6.3	Diagrama eléctrico del módulo RTD de temperatura.	175

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1	Funciones lógicas proporcionadas por los módulos de monitoreo.	28
Tabla 3.2	Selección del canal.	29
Tabla 3.3	Selección de puerto.	42
Tabla 3.3a	Interconexión entre el peine de los módulos PIU y los PPI 8255.	49
Tabla 3.3b	Conexión entre los PPI 8255 y los canales de salida del PIU transistor.	50
Tabla 3.3c	Conexión entre los PPI 8255 y los canales de salida del PIU Relay.	51
Tabla 3.3d	Conexión entre los PPI 8255 y los canales de entrada del PIU Contact.	51
Tabla 3.4	Direccionamiento de los puertos 8255.	53
Tabla 3.5	Selección del multiplexor 74LS138	53
Tabla 3.6	Bits de la dirección B.	54
Tabla 4.1	Selección del switch.	66
Tabla 4.2	Habilitación de los multiplexores.	68
Tabla 4.3	Selección de las salidas de los multiplexores.	69
Tabla 4.4	Lecturas y escrituras realizadas al seleccionar la salida de los multiplexores.	70
Tabla 4.5	Generación de las señales de estado para los relevadores.	71
Tabla 4.6	Selección del switch (Posición 5).	88
Tabla 4.7	Habilitación de los multiplexores.	89
Tabla 4.8	Selección de la salida X5 de los multiplexores.	89
Tabla 4.9	Lectura realizada al seleccionar la salida X5 de los multiplexores.	89
Tabla 4.10	Lectura realizada al seleccionar la salida X4 de los multiplexores.	90
Tabla 4.11	Selección de la salida X4 de los multiplexores.	90
Tabla 4.12	Lectura realizada al seleccionar la salida X4 de los multiplexores.	90
Tabla 4.13	Selección de la salida X0 de los multiplexores.	91
Tabla 4.14	Selección de la salida X2 de los multiplexores.	91
Tabla 4.15	Selección del switch (Posición 5).	94
Tabla 4.16	Habilitación de los multiplexores.	94

Tabla 4.17	Selección de la salida X5 de los multiplexores.	95
Tabla 4.18	Lectura realizada al seleccionar la salida X5 de los multiplexores.	95
Tabla 4.19	Lectura realizada al seleccionar la salida X4 de los multiplexores.	95
Tabla 4.20	Selección de la salida X4 de los multiplexores.	96
Tabla 4.21	Lectura realizada al seleccionar la salida X4 de los multiplexores.	96
Tabla 4.22	Valor digital para fijar las salidas de los canales CH0-CH7 en 0's.	96
Tabla 4.23	Generación de la señal de estado para los canales CH0-CH7.	97
Tabla 4.24	Selección de la salida X0 de los multiplexores.	97
Tabla 4.25	Lectura realizada al seleccionar la salida X0 de los multiplexores.	97
Tabla 4.26	Valor digital para fijar las salidas de los canales CH8-CH15 en 0's.	97
Tabla 4.27	Generación de la señal de estado para los canales CH0-CH7.	98
Tabla 4.28	Selección de la salida X2 de los multiplexores.	98
Tabla 4.29	Lectura realizada al seleccionar la salida X2 de los multiplexores.	98
Tabla 5.1	Voltajes de calibración del módulo RTD modelo RT15-24.	113
Tabla 5.2	Niveles de voltaje ZERO y SPAN para todos los canales del módulo.	114
Tabla 5.3	Señales de entrada para la calibración de los canales 1 y 2 del módulo de velocidad.	130
Tabla 5.4	Señales de entrada para la calibración de los SETPT.	132
Tabla 5.5	Hoja de calibración del módulo de vibración modelo VM26-1.	147
Tabla 6.1.	Habilitación del comparador 4585.	164

Resumen

“Diagnosticador de fallas basado en PC, para tarjetas electrónicas de sistemas de control, aplicados a turbocompresores”

El objeto principal de este trabajo, es el diseño y construcción de un equipo diagnosticador basado en una computadora para detectar fallas en módulos electrónicos, utilizados en el control y protección de turbocompresores. Con base en este equipo se podrá maximizar la rentabilidad petrolera, al elevar la eficiencia de los sistemas de compresión de gas, mediante el empleo de tecnologías de vanguardia en los procesos de mantenimiento.

El equipo se constituye básicamente de una interfaz analógica y otra digital, un software de diagnóstico, una computadora PC y una impresora para la generación de reportes de diagnóstico.

Para el diagnóstico de los módulos digitales, fue necesario el diseño de la tarjeta de interfaz digital a partir de una tarjeta de adquisición de datos para manejar todas las señales de entrada y salida de los módulos en cuestión. Esta tarjeta se basa principalmente en tres circuitos periféricos programables (INTEL 8255).

La interfaz analógica se implementó con la tarjeta de adquisición de datos Advantech PCL-818 y una tarjeta electrónica que nos sirve para el acondicionamiento de las señales de los módulos analógicos.

El software de diagnóstico corre en una PC y consiste en: un programa de detección de fallas de los módulos a reparar, rutinas de autodiagnóstico para la interfaz digital, rutinas para interactuar con el usuario en el proceso de diagnóstico, rutinas para la manipulación de las tarjetas de interfaz, y rutinas para la generación de reportes.

El equipo diagnosticador, opera en la actualidad en laboratorios de mantenimiento electrónico de PEMEX, ubicados en Cd. del Carmen Campeche.

Abstract

PC based Fault Diagnosis for Electronic Boards used in Turbocompressors Controls Systems

The main object of this project is to design and construct a device which diagnoses and detects faults in electronic modules which are used to controlling and protecting turbocompressors. With this device, oil profit could be maximized since it raises the gas compression systems' efficiency, through the use of the newest technology applied to the maintenance processes.

This device is basically formed by the following components: Two interfaces, one analogical and one digital; a diagnosis software; a personal computer, and a printer to generate fault diagnostic reports.

To diagnosis digital modules it was necessary to design the digital interface around an acquisition data card, to manage all the I/O signals of the digital modules. This card is based on three peripheral programmable circuits (Intel 8255).

The analogical interface was implemented with a commercial acquisition card, the advantech PCL-818, and an electronic card which serves to conditioning the analogical modules' signals.

The diagnosis software runs on a PC and consists of: A program for the modules to be repaired; a routine of auto-diagnosis for the digital interface; routines to interact with the user during the process; routines to generate reports; and routines to manage the interface cards.

This diagnosis device is currently working in the PEMEX's laboratories of electronic maintenance at Ciudad del Carmen, Campeche.

INTRODUCCIÓN

Petróleos Mexicanos (PEMEX) es una industria con una marcada relevancia económica en nuestro país, por ello lo que atañe a los procesos que se llevan a cabo en PEMEX es de importancia.

La región sureste del país es en donde se encuentran los yacimientos petroleros más importantes de PEMEX; en las plataformas marinas se extrae el crudo y el gas del subsuelo, se separan los hidrocarburos líquidos de los gases del crudo y los primeros son mandados a tierra, mientras que los gaseosos son enviados a plataformas de compresión.

En las plataformas de compresión se eleva la presión y así el gas aumenta su energía cinética para poder ser transportado por medio de gasoductos a tierra, todo esto se efectúa mediante turbinas de gran potencia que dan la fuerza motriz necesaria para que funcione el compresor.

En cada turbocompresor para controlar y proteger la turbina se utiliza un sistema de control que está constituido por tarjetas electrónicas, las cuales denotamos con el término de módulos electrónicos. Estos módulos electrónicos se clasifican en digitales y analógicos, con base en lo anterior, en el desarrollo de este trabajo utilizaremos los términos de módulos analógicos y módulos digitales al referirnos a las tarjetas analógicas y tarjetas digitales respectivamente.

Los sistemas de control, tienen como función principal la de monitorear variables de temperatura, velocidad de la turbina, condiciones de mal funcionamiento, vibración y protección del compresor; cuando se rebasa cualquiera de los parámetros establecidos en esas variables, inmediatamente el sistema de control lo detecta y envía una señal de paro a la turbina.

Actualmente, los turbocompresores existentes en las plataformas de compresión son insuficientes para comprimir todo el gas que es enviado y por ello, parte del mismo se quema inútilmente; el problema se agrava cuando alguna de las turbinas es parada debido a que en su sistema de control se daña algún módulo electrónico, por lo que el turbocompresor deja de operar y por ello la carga de gas por comprimirse pasa a ser distribuida entre los compresores restantes.

La problemática radica en que la reparación de los módulos electrónicos de dicho sistema de control no se efectúa en plataforma, debido a que el servicio de mantenimiento es realizado por el Instituto Mexicano del Petróleo IMP, bajo estas condiciones se tiene como consecuencia que el tiempo de reparación manual más el tiempo de transporte (plataforma-laboratorio-plataforma) es demasiado largo, lo cual ocasiona grandes pérdidas económicas por la quema de gas y recurrentes daños severos al medio ambiente.

Por lo antes mencionado considero de gran utilidad diseñar y construir un diagnosticador de fallas basado en PC para módulos electrónicos de sistemas de control aplicados en turbocompresores, así se podrá diagnosticar en el campo de forma eficaz y rápida la falla específica de estos módulos del sistema de control.

Con base en lo anterior, a continuación describo de forma general la organización de la tesis.

En el primer capítulo, se presenta la problemática en la electrónica de control para la compresión de gas y se hace una breve descripción del sistema de control en cuestión. Se describe también el objetivo general, el cual consiste en el diseño y construcción de un diagnosticador basado en una computadora para detectar fallas en módulos electrónicos, utilizados en el control y protección de turbocompresores.

Se incluye además, la justificación del presente trabajo y se discuten diversas alternativas para la solución del problema y a partir de éstas se determina la solución propuesta.

En el segundo capítulo se plantea la forma en que se desarrolló el diagnosticador para la detección de fallas en módulos electrónicos y de los elementos que lo conforman, así como de sus requerimientos en cuanto al hardware y al software. Finalmente se diseñan las pruebas que deben realizarse para comprobar la funcionalidad del propio diagnosticador.

En el tercer capítulo, se describe la metodología que se llevó a cabo para solucionar el problema planteado, para ello primero, se hace una descripción del hardware que integra el diagnosticador y después se describen la interfaz analógica y la interfaz digital, así como los módulos digitales y analógicos a diagnosticar.

En el cuarto capítulo, se explica el método de diagnóstico (software) de los módulos digitales y se da una descripción del programa de autodiagnóstico de la Interfaz digital. Dentro de este capítulo se hace una descripción de las señales que se utilizan en dichos módulos para lograr un diagnóstico óptimo.

En el quinto capítulo, se hace una descripción del software de diagnóstico de los módulos analógicos; en esta parte del trabajo se describen paso a paso la calibración y el diagnóstico de los módulos en reparación, utilizando tablas que especifican el valor a calibrar para cada modelo de módulo.

Los tres módulos analógicos a diagnosticar en esta parte del trabajo son: El de temperatura, velocidad y vibración. Se toma en cuenta además, que existen varios modelos para cada tipo de módulo en diagnóstico.

En el sexto capítulo, se realiza la integración final del hardware y software del diagnosticador, además de realizarse la etapa de pruebas y resultados. Para comprobar el funcionamiento del diagnosticador se provocaron diversas fallas previamente diseñadas en cada una de las etapas del diagnóstico. Después de haber concluido el proceso anterior, se obtuvo un reporte de resultados el cual puede imprimirse o verse en la pantalla. Todo este análisis de pruebas y resultados se aplicó a los módulos analógicos y digitales.

En el séptimo capítulo, se presentan las conclusiones de todo el trabajo, atendiendo aspectos importantes como: restablecimiento de los objetivos y logros alcanzados, mejoras futuras y comentarios finales.

En la bibliografía se citan las fuentes consultadas durante la elaboración de la tesis.

En la integración final de este trabajo se incluyó una sección de apéndices, los cuales están disponibles en un disco compacto.

En el apéndice "A", básicamente se proporciona información dirigida al usuario para el manejo del software del diagnosticador.

En el apéndice "B", se representa la estructura global en forma de árbol de todos los programas y archivos, con los cuales está constituido el software del diagnosticador. De la misma forma se muestran individualmente la estructura de todos los programas de los diferentes módulos del sistema de control.

En el apéndice "C", se integran los diagramas electrónicos de los módulos analógicos y digitales, así como los diagramas de flujo, los cuales nos indican la manera estructurada con la que se diseñó el software de diagnóstico.

En el apéndice "D", se proporcionan tablas de calibración, utilizadas por los módulos analógicos. Los datos de las tablas antes mencionadas dependen del modelo del módulo en diagnóstico.

De igual manera en este apéndice se proporcionan las especificaciones técnicas de la tarjeta comercial de adquisición de datos PCL-818, que se utilizó como parte medular de la interfaz analógica.

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA DE LA ELECTRÓNICA DE CONTROL PARA LA COMPRESIÓN DE GAS EN PLATAFORMAS MARINAS.

En este capítulo se presenta una breve descripción del sistema de control, además se expone la importancia de diagnosticar la falla en los módulos electrónicos para el restablecimiento flexible y rápido del turbocompresor; se describen también, el objetivo general, que se enfoca en el desarrollo de un diagnosticador basado en computadora, para detectar fallas en módulos electrónicos y los objetivos específicos que consisten en el desarrollo y construcción de una interfaz digital y la implementación de una interfaz analógica con el hardware y el software necesario, se discuten además, diversas alternativas de aplicación y por último se expone la justificación del trabajo de tesis.

1.1 Antecedentes

La Sonda de Campeche se encuentra localizada en la parte sureste del país, es en esta región donde se hallan los yacimientos de petróleo más grandes e importantes de PEMEX.

Las plataformas marinas son parte de esos complejos petroleros, su función es la de extraer y enviar el crudo y gas natural a tierra para su aprovechamiento, un complejo de este tipo consta de cuatro plataformas:

- Plataforma habitacional.
- Plataforma de perforación.
- Plataforma de producción.
- Plataforma de compresión.

Plataforma habitacional. Proporciona los servicios necesarios tales como: alojamiento, comida, servicios médicos y administrativos, para el personal que labora en el complejo.

Plataforma de perforación. En esta se extrae el crudo y el gas del subsuelo para posteriormente mandarlo a la plataforma de producción.

Plataforma de producción. En esta se separan los hidrocarburos líquidos de los gaseosos del crudo extraído, proveniente de perforación y de algunas otras plataformas satélites de explotación. Los hidrocarburos líquidos son mandados directamente a tierra, mientras que los gaseosos son enviados a la plataforma de compresión mediante dos líneas de tuberías (Alta presión y gases de recuperación).

Plataforma de compresión. En ésta se eleva la presión en las líneas que se reciben de producción, para que el gas se comprima y pueda ser transportado hacia tierra, mediante los gasoductos instalados en la Sonda de Campeche.

La plataforma o sistema de compresión es la parte más importante del complejo, cada uno de sus elementos está integrado por una turbina de gas de gran potencia, que proporciona la fuerza motriz para el funcionamiento del compresor acoplado a ésta.

1.2 Descripción del sistema de control para turbocompresores.

En cada turbocompresor instalado en una plataforma de compresión se cuenta con un sistema de control, el cual se encarga de procesar los datos necesarios para monitorear condiciones y evaluar cambios en las operaciones del turbocompresor, asegurando de esta manera el correcto funcionamiento del proceso de compresión. Este sistema de control electrónico puede definirse como un controlador general de monitoreo continuo del proceso y cuenta con un programa que establece las funciones que debe ejecutar; dicho sistema está conformado por un microprocesador, unidades de interfaz del proceso (PIU's), controlador de las unidades de interfaz del proceso (PIUC) y unidades de funciones específicas (velocidad, temperatura y vibración). El diagrama a bloques del sistema de control se muestra en la figura 1.1, en la que se pueden apreciar los elementos siguientes [Continental Control Corporation, 1982]:

- El controlador de secuencia programable (PSC).
- El controlador de las unidades de interfaz del proceso (PIUC).
- Las unidades de interfaz del proceso (PIU's).
- Las unidades de funciones específicas: velocidad, vibración y temperatura.

El sistema cuenta con un autodiagnóstico realizado por el PSC y el PIUC, a fin de asegurar su integridad.

La función del PSC es el automatizar la secuencia del sistema de control para la turbina, mediante el control de las diversas etapas que conforman el proceso de compresión. El PSC es una microcomputadora de propósito específico que utiliza datos provenientes de

sensores externos al sistema de control. El PSC recibe estos datos a través del PIUC (controlador de las unidades de interfaz del proceso) los que a su vez son recogidos por los PIU's (unidades de interfaz de proceso). El PSC procesa estos datos y con base en ellos, indica al PIUC que mande las señales de salida de control correspondientes.

Las funciones que proporciona el PSC son: examina el programa de control de principio a fin en una secuencia de escalera y recibe los datos de entrada a los PIU's por medio del PIUC a fin de analizarlos, para la generación de señales de salida por medio del PIUC. Además proporciona rutinas de paro en caso de detectarse una falla en el sistema y ejecuta rutinas de verificación en memoria RAM y ROM en el canal de comunicación serie, el canal de comunicación de los PIU's y el programa de control.

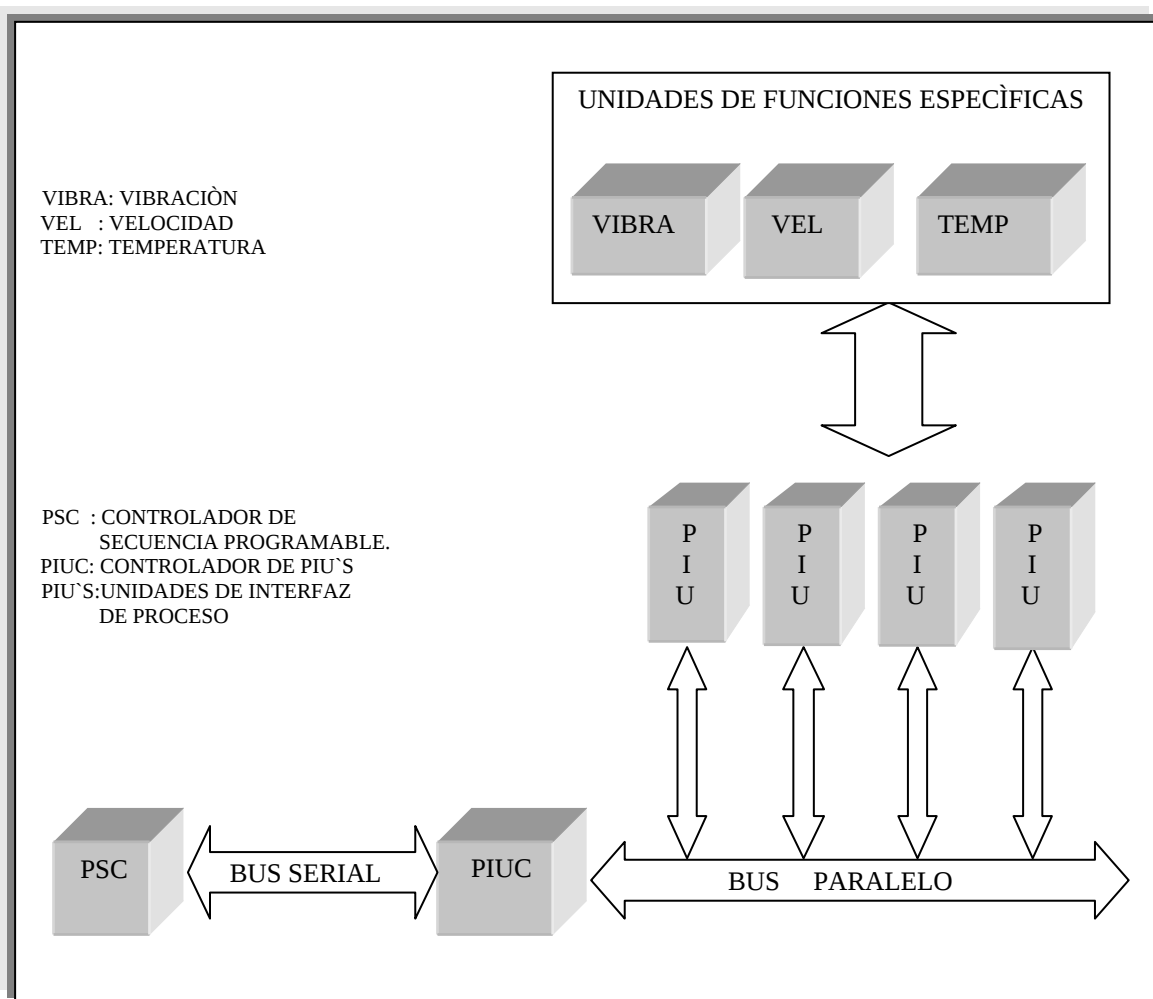


Figura 1.1 Sistema de control.

El PIUC se encarga de organizar todos los datos provenientes de los canales de entrada de PIU's para transmitir dicha información al PSC y ejecutar las acciones que el PSC ordene;

la comunicación del PIUC con los PIU's se realiza mediante un bus paralelo (50 conductores).

Los PIU's son módulos electrónicos digitales que proporcionan la interfaz entre el PSC y las unidades de velocidad, vibración y temperatura y demás dispositivos controlados por la instrumentación de campo. El sistema cuenta con PIU's de entrada y PIU's de salida digitales.

Los PIU's son módulos digitales (de aquí en adelante módulos digitales PIU's) y se clasifican de la forma siguiente [Continental Control Corporation, 1982]:

- El PIU CONTACT, es un módulo de entrada por contacto y recibe señales que provienen de las unidades de funciones específicas, interruptores (Limit Switch), selectores, y contactos de relevadores.
- El PIU TRANSISTOR, es un módulo de salida por transistor, el cual se emplea generalmente para indicación y como señales de control.
- El PIU RELAY, es un módulo de salida por relevador donde generalmente las salidas en sus canales ejecutan el control en solenoides instalados para la instrumentación de campo.

El sistema de control cuenta con 16 módulos digitales PIU's: 9 módulos PIU CONTACT, 3 módulos PIU TRANSISTOR y 4 módulos PIU RELAY; cada uno de estos manejan 16 canales conectados al tablero (de indicadores) o a la instrumentación de campo, por lo tanto, se cuenta con 48 canales de salida de transistor, 144 canales de entrada de contacto y 64 canales de salida de relevador.

El sistema de control también consta de unidades de función específica, los cuales son módulos electrónicos analógicos, (en este trabajo los llamaremos módulos analógicos) y se clasifican de la manera siguiente:

- Los módulos de velocidad, son utilizados para sensar la velocidad en el generador de gases y la turbina de potencia. Estos contienen dos canales que convierten la frecuencia proveniente de dos puntas de prueba magnética o tipo proximitor a un voltaje de corriente directa.
- Cada uno de los canales de monitoreo es electrónicamente independiente y genera una salida de voltaje de precisión de 0 a 5 volts.
- Los módulos de temperatura (RTD TEMPERATURA), son utilizados para sensar temperaturas en varias partes del sistema por medio de las señales de entrada recibidas desde los elementos transductores de temperatura RTD. El módulo está formado por ocho canales, cada uno de ellos proporciona una señal de salida acondicionada y un nivel simple de switcheo para cada entrada de los RTD.

- Los módulos de vibración, son dispositivos de 4 canales que proporcionan salidas que son proporcionales a las señales de entrada de cada uno de los cuatro canales. Cada canal tiene detectores de nivel de alarma y shutdown y un detector de entrada normal, que sensa la señal de entrada del canal.

1.3 Formulación del problema

Como se mencionó anteriormente, un sistema de control monitorea, controla y verifica el arranque y correcto funcionamiento del turbocompresor.

Dicho sistema está constituido por módulos electrónicos, que miden durante el proceso variables tales como: temperatura, vibración, velocidad, condiciones de mal funcionamiento y protección del compresor. Cuando se rebasan los niveles establecidos de control y protección, inmediatamente el sistema de control lo detecta y envía dos señales, una de alarma y otra de paro, esta última activa un programa que contiene la secuencia de paro, y es bajo estas condiciones con las cuales se lleva a cabo el paro de la turbina y con ella todo el proceso de compresión de la línea.

Actualmente, los turbocompresores existentes en las plataformas de compresión son insuficientes para comprimir todo el gas que es extraído y por ello, parte del mismo se quema inútilmente; el problema se agrava cuando alguna de las turbinas es parada a causa de algún módulo electrónico dañado del sistema de control, por tal causa el turbocompresor deja de operar. Como consecuencia de esto aumenta la cantidad de gas desaprovechado, lo que se traduce en pérdidas económicas, así como contaminación severa al medio ambiente.

Bajo las condiciones anteriores, para restablecer un turbocompresor es necesario realizar mantenimiento correctivo a los módulos dañados. Desafortunadamente la reparación de los módulos no se efectúa en plataforma sino que hay que enviarlos al Instituto Mexicano del Petróleo, lo que naturalmente toma tiempo. A esto hay que agregar el proceso de reparación manual de los módulos (de una a dos semanas), y su posterior regreso a la plataforma.

Es importante enfatizar que durante todo ese tiempo, el turbocompresor queda fuera de servicio, lo cual se refleja en pérdidas originadas por la quema del gas.

Por lo antes mencionado se considera de gran utilidad el diseño y construcción de un equipo diagnosticador de fallas para disminuir el tiempo de reparación de los módulos digitales y analógicos de los sistemas de control.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general.

Diseño y construcción de un diagnosticador basado en una computadora para detectar fallas en módulos electrónicos, utilizados en el control y protección de turbocompresores.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Diseño y construcción de una interfaz digital utilizada para establecer la comunicación bidireccional entre la computadora y los módulos digitales PIU's del sistema de control.
- Implementación de una Interfaz analógica para la adquisición de datos, con el objeto de enviar y recibir señales a los módulos de tipo analógico del sistema de control.
- Desarrollo de software para el diagnóstico de fallas de los módulos analógicos y digitales PIU's del sistema de control.
- Generación de reportes de diagnóstico en los módulos bajo prueba.

1.5 Justificación

En cada plataforma de compresión se cuenta con cuatro turbocompresores con sus respectivos sistemas de control, lo que incluye el dar mantenimiento a decenas de módulos electrónicos, tanto analógicos como digitales.

El diagnosticador de fallas para módulos electrónicos es un desarrollo indispensable para las necesidades reales de PEMEX, dado que actualmente no existe otra alternativa fiable que resuelva rápida y eficazmente esta problemática.

Debido a que los procedimientos usados en PEMEX para el mantenimiento de los módulos electrónicos son muy obsoletos, se tiene como consecuencia pérdidas económicas y graves daños al medio ambiente, esto ocasionado por el paro total de alguno de los turbocompresores. Con base en estos antecedentes se consideró el diseño y construcción de un equipo de diagnóstico de fallas basado en computadora, que resolvería confiable y flexiblemente los problemas existentes.

A través de dicho diagnosticador se agilizarían los procesos de servicio y mantenimiento, los cuales darían como consecuencia un decremento en los tiempos de reparación de los módulos, y un aumento en la eficiencia del compresor. Esto reduciría la cantidad de gas que se quema y traduciéndolo a términos financieros, se incrementaría la producción de gas diaria, además de que con esto se lograría reducir el daño ecológico.

1.6 Soluciones afines

La realidad es que las empresas que resuelven de alguna forma el problema del mantenimiento en los sistemas de control, lo hacen reemplazando en su totalidad los módulos dañados y no como lo requiere PEMEX que es el de reparar los mismos, para lo cual se hace indispensable el diseño y construcción de un diagnosticador de fallas basado en computadora.

En la actualidad existen empresas de renombre mundial que marcan la tecnología de punta en el área de los sistemas de control para turbocompresores y se dedican al control y la protección de los mismos, entre otras podemos mencionar: GENERAL ELECTRIC, HSDE, TRI-SEN, BOYCE-ETM, ABB y SIGRAMA. Dichas compañías no realizan reparación de tarjetas de sus sistemas de control, sino que para el mantenimiento almacenan tarjetas de refaccionamiento y sustituyen los módulos dañados, por lo que no necesitan realizar el diagnóstico puesto que no reparan tarjetas, solo las reemplazan, con lo que se incrementa los costos por mantenimiento. Como dato podemos mencionar que un módulo para detectar velocidad, oscila entre cinco mil y nueve mil dólares (según el modelo y la marca del sistema) y una tarjeta de termopares se encuentra alrededor de cuatro mil dólares (dependiendo del tipo de termopar y de la marca).

Actualmente el diagnóstico de fallas a módulos electrónicos basándose en una computadora es poco aplicado, debido a varios aspectos. Las razones principales para que las empresas que fabrican dichos sistemas electrónicos, no realicen mantenimiento al equipo electrónico, radican básicamente en cuestiones económicas, debido a que las políticas de dichas empresas consideran de mayor beneficio económico, el hecho de reemplazar en su totalidad el kit del sistema que esté fallando.

Anteriormente, a mediados de los noventa la empresa NATIONAL INSTRUMENTS, desarrolló un proyecto relacionado en el diagnóstico de tarjetas electrónicas basándose en una computadora. El sistema que esta empresa ofrecía al mercado integraba un software llamado LABVIEW y tarjetas de adquisición de datos de varios modelos según las necesidades del cliente. Desafortunadamente para que resultara rentable el sistema se necesitaba un mínimo de 500 módulos de un sólo modelo a reparar, motivo por el cual dicho proyecto no fue aplicado a los requerimientos de algunos clientes, debido a que este tipo de tecnología resultaba demasiado costosa cuando se tenían varios tipos de módulos a diagnosticar, esto ocasionó que NATIONAL INSTRUMENTS desarrollara ingeniería en otras áreas y cancelara esta línea de productos.

La ventaja de esta solución es que se trabajaba en ambientes de hardware y software confiables, probados en otras aplicaciones con resultados satisfactorios.

La desventaja principal radica en que el cliente tenía que diseñar y desarrollar sus propias rutinas de diagnóstico, así como asignar los puntos de prueba de la tarjeta a reparar. Esto lleva demasiado tiempo, debido a que el cliente prácticamente realiza la mayor parte del desarrollo.

1.7 Solución propuesta

De lo anterior se desprende la urgente necesidad del diseño y construcción de un diagnosticador de fallas para módulos electrónicos, basado en computadora, debido a que en la actualidad no existe una solución adecuada a lo que requiere PEMEX.

Considerando las características elementales de una computadora, es posible utilizarla para la manipulación de señales eléctricas en forma mucho más confiable. Por lo anterior, es recomendable el uso de los sistemas computacionales en la reparación de módulos electrónicos de uso común en los sistemas de control.

Para conseguir que una computadora pueda realizar el manejo de dichas señales, es necesario implementar la circuitería correspondiente a fin de enlazar el sistema de procesamiento, con la red externa de la tarjeta a reparar (ver figura 1.2.). Esto se consigue por medio de un elemento de intercambio de señales conocido como interfaz, la cual es la encargada de realizar la adquisición de señales y de transmitir cualquier posible respuesta de la computadora hacia la tarjeta.

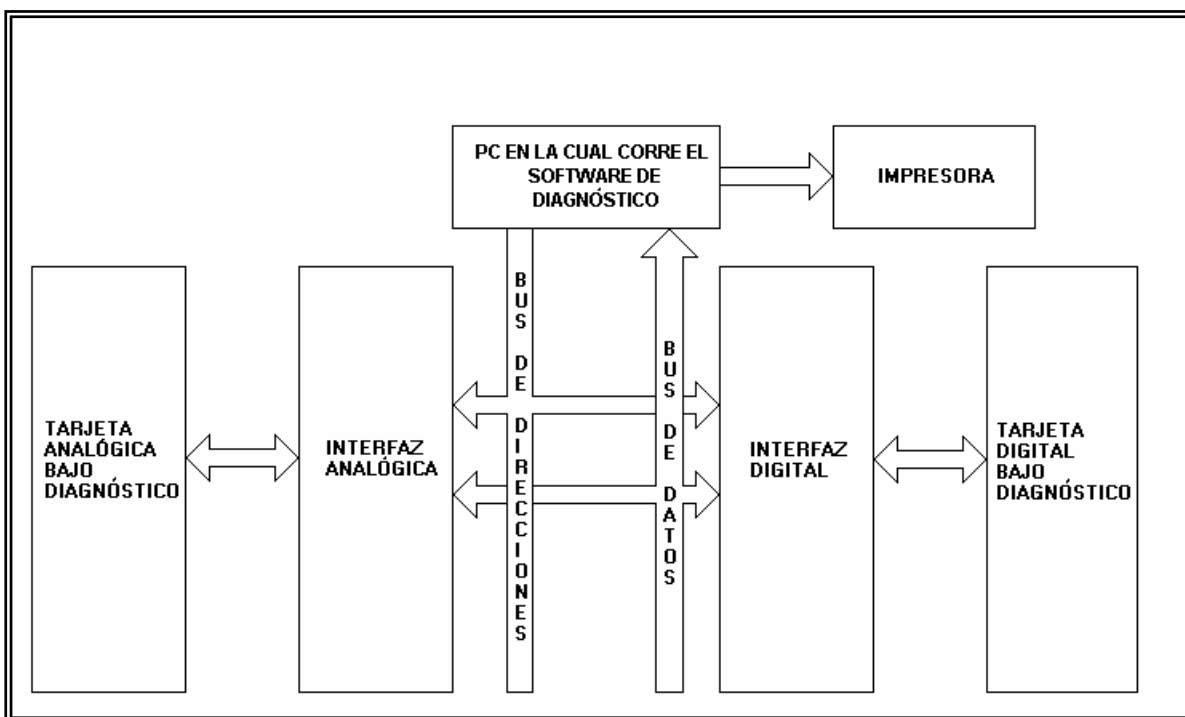


Figura 1.2 Diagnosticador para módulos electrónicos.

El diagnosticador deberá contener como requisitos mínimos lo siguiente:

- **Computadora**, la cual se encarga del almacenamiento y procesamiento de la información para el diagnóstico.
- **Interfaz digital**, entre la computadora y los módulos digitales PIU's. Dicha interfaz está encargada de adecuar las señales provenientes de la computadora a los módulos digitales PIU's y viceversa.
- **Interfaz analógica**, entre la computadora y los módulos analógicos.

- **Software de diagnóstico**, corresponde a varios programas que contienen las instrucciones escritas en un lenguaje de programación, las cuales son aplicadas para determinar el diagnóstico de todos los módulos.

En el diagnosticador propuesto, se utiliza una computadora, empleando básicamente las señales del bus de la PC, de tal manera que con los buses de control y el bus de dirección, sea posible manipular dichos dispositivos para leer un bus de datos y transferir la información hacia el diagnosticador y viceversa, (ver figura 1.2). Además es necesario considerar una línea de lectura analógica por medio de la cual sea posible realizar la conversión de la señal analógica a digital. Necesarios son también puertos de lectura digital, por medio de los cuales el diagnosticador tendrá acceso a las señales digitales proporcionadas por los módulos PIU's.

Resumen

En este capítulo se describieron el entorno general de un sistema de control y el problema de reparar los módulos electrónicos que lo conforman.

A partir de esto se formuló el objetivo de diseñar y construir un diagnosticador de fallas para módulos analógicos y digitales, presentándose además la justificación de su desarrollo.

Así mismo se discutieron diversas soluciones para resolver la problemática y finalmente se presentó la solución propuesta, la cual está conformada por un diagnosticador de fallas que consta de una computadora, una interfaz analógica, una interfaz digital, un software de diagnóstico y una impresora para la generación de resultados.

En el capítulo siguiente se expone la manera en la cual se pretende construir el diagnosticador de fallas para módulos electrónicos, los elementos de hardware que lo conforman, así como las características de cada uno de ellos. De igual manera se hace una breve descripción de las rutinas de diagnóstico (software) que se utilizan en cada uno de los módulos electrónicos.

CAPÍTULO 2

DISEÑO DEL DIAGNOSTICADOR DE FALLAS PARA MÓDULOS ELECTRÓNICOS

A lo largo de este capítulo se expone la manera en que se cubrieron los objetivos marcados en el capítulo uno, esto es, desarrollar un diagnosticador para la detección de fallas en módulos electrónicos integrados en sistemas de control, dicho diagnosticador se desarrolló con base en una computadora PC o compatible, una interfaz digital y otra analógica.

También se exponen los elementos que conforman el diagnosticador, además se describen los requerimientos de hardware y software que se desarrollaron para lograr los objetivos.

2.1 Estructura interna del Diagnosticador

Anteriormente se describió a bloques la manera general en la que está constituido el sistema del diagnosticador, sin enfatizar en la estructura interna del mismo.

La estructura interna del diagnosticador, es un elemento muy importante dentro de todo el sistema, sus elementos que lo conforman se describen de la forma siguiente (ver figura 2.1):

1) Interfaz digital

Mediante esta tarjeta se establece la comunicación bidireccional entre la computadora y los módulos digitales PIU's. Dicha interfaz está conformada principalmente por 3 circuitos INTEL 8255 PPI (Interfaz Periférica Programable) [Intel, 1991] que en sus terminales se han implementado las siguientes señales:

- 18 Salidas CMOS. Para ello en las salidas del PPI 8255 se integraron circuitos convertidores de TTL a CMOS.
- 20 Entradas TTL. Mediante las cuales leemos las señales de campo que genera cada módulo PIU.

- 16 salidas con transistores en colector abierto para el diagnóstico del módulo PIU Transistor.
- Arreglo bidireccional de 8 bits, el cual se utiliza para generar las señales de control de cada módulo digital PIU.

2) Interfaz Analógica

Se basa principalmente en una tarjeta de adquisición de datos comercial marca ADVANTECH PCL-818, que permite realizar la lectura y escritura de las señales que provienen de los módulos analógicos pasando a través de una tarjeta de acoplamiento de señales. La PCL-818 tiene las siguientes características [Advantech, 1995]:

- 16 salidas digitales compatibles con TTL.
- 16 entradas digitales compatibles con TTL.
- 2 Canales de salida analógica en el rango de (0 -5 Volts) con una resolución de 12 bits.
- 1 Temporizador programable, el cual nos permite generar la señal de frecuencia para los módulos de Velocidad y Vibración.
- 8 Canales de entrada analógica en el rango de 0 -5 Volts en modo diferencial con una resolución de 12 bits.

El otro elemento que complementa la interfaz analógica, es una tarjeta de acoplamiento de señales. Mediante ésta, se acondicionan las señales de entrada y salida de los módulos de temperatura, Vibración y Velocidad. Para ello se implementó lo siguiente:

- Señales de control para los módulos que consisten en 8 salidas digitales compatibles con la lógica TTL multiplexadas.
- 16 entradas digitales compatibles con TTL demultiplexadas provenientes de los módulos analógicos.
- 4 salidas analógicas de voltaje para el módulo de vibración.
- 8 salidas de milivoltaje para el módulo RTD de temperatura.
- 1 salida de señal de frecuencia para el módulo de Velocidad.
- 8 entradas de voltaje (0 - 5V) provenientes de los módulos en diagnóstico.

2.2 Actividades a desarrollar

2.2.1 Hardware

El hardware diseñado es el siguiente:

- 1) Diseño y construcción de la Interfaz digital, la cual se basa en tres puertos programables que totalizan 72 líneas digitales, para ser utilizadas en el diagnóstico de los módulos PIU'S.
- 2) Implementación al diagnosticador una tarjeta de adquisición de datos comercial marca ADVANTECH PCL-818, que sirve como base para el funcionamiento de la interfaz analógica.
- 3) Diseño y construcción de una tarjeta para acoplamiento de señales, que sirven para el acondicionamiento de señales de entrada y salida de los módulos analógicos. Con esta tarjeta y la del punto anterior se integra la interfaz analógica de este trabajo.

2.2.2 Software

En cuanto al software, cabe mencionar que la parte medular del diagnosticador, son los programas que se encargan de realizar desde la captura de datos hasta la generación de señales; son estos programas los que diagnostican la falla en los diferentes módulos del sistema de control correspondiente. Se diseñaron y desarrollaron algoritmos de programación para los diferentes módulos en cuestión, basándose en diagramas electrónicos de cada módulo del sistema de control.

Además de los algoritmos para la generación y recepción de señales, se tienen los que interactúan con el usuario a través de menús de forma que se cuente con un ambiente rápido y funcional.

En el Instituto Mexicano del Petróleo se ha trabajado con el ambiente Turbo C de Borland en forma regular, razón por lo que se utilizó este lenguaje para desarrollar el software de diagnóstico.

A continuación se da una breve descripción del software de diagnóstico que fue diseñado y elaborado en este trabajo.

El programa principal del diagnosticador corre en una PC y contiene subprogramas con rutinas específicas dirigidas a probar los diferentes módulos electrónicos.

Al entrar al programa general se despliega una pantalla que contiene las sugerencias básicas para la utilización del equipo.

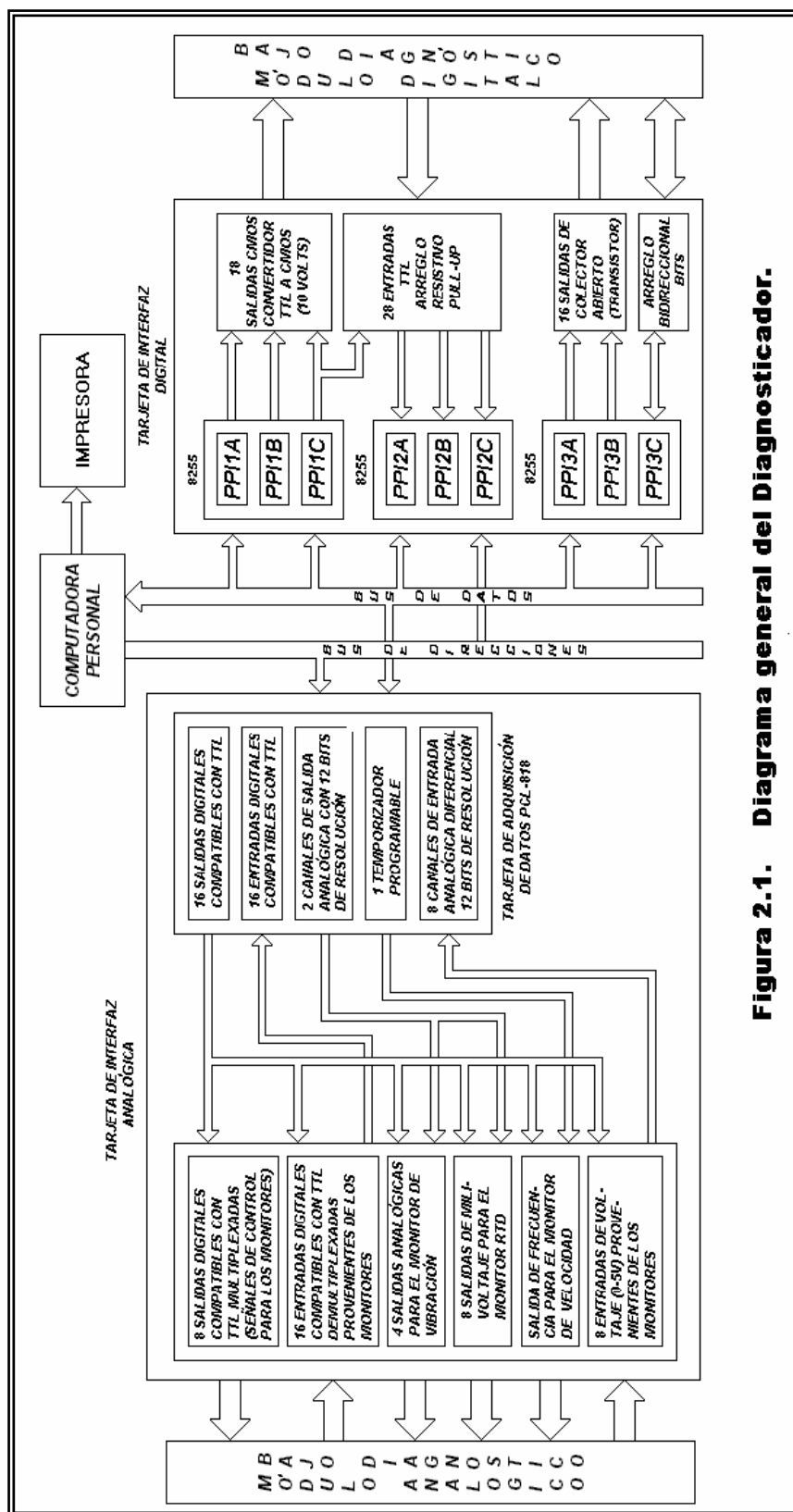


Figura 2.1. Diagrama general del Diagnóstico.

Después aparece el menú principal que lista el nombre de los módulos por diagnosticar:

1. - PIU TRANSISTOR
2. - PIU CONTACT
3. - PIU RELAY
4. - VELOCIDAD
5. - VIBRACIÓN
6. - RTD TEMPERATURA
7. - DIAGNÓSTICO DE INTERFAZ DIGITAL.
8. - SALIR

Para el diagnóstico de los módulos digitales PIU'S, es indispensable comprobar antes, que la interfaz digital se encuentre funcionando adecuadamente. Esto se logra utilizando el programa de utilidad "DIAGNÓSTICO DE INTERFAZ DIGITAL" (selección 7 del menú).

2.2.2.1 Descripción del programa para probar los módulos digitales PIU'S.

Como se mencionó en la sección 1.2 los módulos PIU'S, proporcionan la interfaz entre el microprocesador para la secuencia del sistema de control y el resto del sistema. Son 16 PIU'S que se usan en el sistema de control, 9 PIU'S de entrada de contacto, 3 PIU'S de salida por transistor que hacen la interfaz del PIUC a los otros módulos, 4 PIU'S de salida por relevador que hacen la interfaz al PIUC por medio de relevadores a solenoides, válvulas y otros elementos externos.

El algoritmo para el diagnóstico por etapas de estos módulos PIU's está diseñado de la manera siguiente:

Primero, el programa verifica ciertas condiciones que son necesarias para iniciar el diagnóstico, esto se logra mediante la interacción del usuario quién le indica al programa el estado en el que debe funcionar el módulo a diagnosticar. Después, se diagnostica la etapa de entrada de la tarjeta, la cual consta de dispositivos electrónicos digitales, tales como: compuertas electrónicas, resistencias, etc. La segunda etapa consta de la verificación de las entradas y salidas de 8 multiplexores del módulo. En la tercera y última etapa de verificación se diagnostican los componentes de salida que varían en cada módulo de la forma siguiente: en PIU TRANSISTOR, transistores; en PIU RELAY, relevadores; y en PIU CONTACT, optoacopladores. Los diagramas de flujo y los procedimientos a detalle de los programas de diagnóstico correspondientes a los módulos digitales PIU's, se presentan en el capítulo 4.

2.2.2.2 Descripción del programa para probar el módulo RTD TEMPERATURA.

Es necesario para el diagnóstico, primero seleccionar el modelo del módulo, luego, se realiza la prueba de las Lámparas de cada uno de los ocho canales que lo conforman. A continuación se realiza la prueba de los canales que consta de las etapas siguientes:

- a) Calibración de voltaje cero para ajustar un potenciómetro que se encuentra en la parte frontal.

- b) Calibración de voltaje SETPOINT para ajustar el potenciómetro y probar el disparo de Setpoint.
- c) La etapa de Calibración de voltaje SPAN, para ajustar un potenciómetro y que la calibración realizada pase a la lectura digital. La secuencia anterior se repite para los canales restantes. El diagrama de flujo y el procedimiento a detalle para el diagnóstico de este módulo, se muestra en el capítulo 5 en la sección 5.1.

2.2.2.3 Descripción del programa para probar el módulo VELOCIDAD

Para realizar el diagnóstico de este módulo se debe proporcionar al programa la información con respecto al modelo del módulo. Como segundo paso se realizan las pruebas de *Reset* y de los *Detectores de punta*; en esta última se calibran las lecturas de frecuencia y de voltaje. Como paso tercero se revisa la *Entrada de punta activa*, en la que se calibra el voltaje de salida. El paso cuarto consiste en repetir la prueba del *Reset* y aplicar la prueba de la *Lámpara* (indicadores luminosos localizados en la parte frontal del módulo). En el quinto paso aplicar de nuevo la prueba del *Reset* y ahora la prueba de *Setpoint* con la que se calibra el *POT SETPT1*. Formalmente en el paso sexto se prueban las *Lámparas* de cada canal. El diagrama de flujo y el procedimiento para el diagnóstico de este módulo se presenta más adelante (Ver Capítulo 5 sección 5.2.).

2.2.2.4 Descripción del programa para probar el módulo VIBRACIÓN

El diagnóstico de este módulo se efectúa de la forma siguiente: 1) se indica al programa el modelo del módulo; 2) se realiza la prueba de *Reset*; 3) se calibra la frecuencia de la señal de entrada; 4) se calibra el voltaje de la señal de entrada; 5) se lleva a cabo la prueba de *Firstout* en la cual se prueban tanto el canal como la salida de *Firstout*. El diagrama de flujo y el procedimiento general para el diagnóstico de este módulo, se muestra en el capítulo 5 sección 5.3.

2.3 Diseño de pruebas de funcionamiento

2.3.1 Pruebas estáticas

Antes de emplear el diagnosticador se requiere sujetarlo a pruebas para comprobar su operatividad y confiabilidad; para probar la etapa de envío de datos del diagnosticador hacia el módulo en cuestión, es necesario contar con un analizador lógico capaz de medir las señales presentes a la salida y entrada de las interfaces del sistema (interfaz digital, interfaz analógica); la integración y pruebas finales del equipo se llevaron a cabo parcialmente módulo por módulo hasta integrar confiablemente el diagnosticador.

2.3.2 Pruebas dinámicas

Para verificar el correcto funcionamiento del diagnosticador antes de aplicar cualquier prueba, se deben realizar diagnósticos a módulos en buen estado, ya que solo así se puede asegurar que los resultados obtenidos en diagnósticos reales sean confiables. Después se procede a realizar diversas pruebas como son: primero, la simulación de posibles fallas que podrían existir en los módulos que controlan cada una de las variables por monitorear; en

segundo término, se recopilan los resultados por separado de cada caso simulado y se analizan minuciosamente, con el objeto de depurar el software de diagnóstico si es necesario.

En caso de ser un módulo de tipo analógico, se efectúan pruebas de calibración para cada canal correspondiente, con el fin de comprobar los valores requeridos en las tablas de los manuales de operación. Finalmente se toman en cuenta todos estos resultados para verificar que el diagnosticador sea confiable.

2.4 Generación de reportes de diagnóstico

Una de las características importantes del diagnosticador es la de generar un reporte (en pantalla o impreso) que indica el estado de los módulos bajo prueba. El reporte incluye información como: datos generales de la empresa, el tipo de módulo bajo diagnóstico, pruebas realizadas y resultado de las mismas, así como el indicar al final el estado del módulo. En caso de que se trate de un módulo analógico, se anexa el resultado de calibración de cada uno de sus canales.

A continuación se muestra un ejemplo del formato de la generación del reporte de diagnóstico, de un módulo que monitorea velocidad. En el capítulo 6, se trata de manera más específica la generación de reportes.

PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN SISTEMAS DE COMPRESIÓN LABORATORIO DE ELECTRÓNICA KM 4.5. MÓDULO DE VELOCIDAD. PRUEBA DEL RESET CORRECTA. PRUEBA DE LOS DETECTORES DE PUNTA SIN SEÑAL CORRECTA. PRUEBA DE LOS DETECTORES DE PUNTA CON SEÑAL CORRECTA. PRUEBA DEL RESET CORRECTA. CALIBRACIÓN DEL SETPOINT 1 CORRECTA. CALIBRACIÓN DEL SETPOINT 2 CORRECTA. CALIBRACIÓN DEL SETPOINT 3 CORRECTA. CALIBRACIÓN DEL SETPOINT 4 CORRECTA. CALIBRACIÓN DEL SETPOINT 5 CORRECTA. CALIBRACIÓN DEL SETPOINT 6 CORRECTA. DIAGNÓSTICO: MÓDULO EN BUEN ESTADO.

Figura 2.2. Formato de generación de reportes de diagnóstico.

Resumen

En este capítulo se describió brevemente la manera de cómo se diseñó el diagnosticador, haciendo énfasis en la estructura interna de la electrónica y el software del equipo; en general, se compare básicamente de elementos como: las tarjetas de interfaz y de los programas con los que se integró el software de diagnóstico.

También se dedica una sección para abordar el tópico del análisis de las pruebas y resultados, de igual forma se indicó la manera en la cual se representan los resultados del diagnóstico.

En el capítulo siguiente se describe el diseño y desarrollo del hardware (tarjetas electrónicas de interfaz) necesario para el diagnosticador. Es aquí donde se trata ampliamente lo relacionado con los elementos electrónicos, utilizados para el desarrollo y construcción del equipo.

CAPÍTULO 3

HARDWARE DEL DIAGNOSTICADOR

A lo largo de este capítulo se hace una descripción de todo el hardware del diagnosticador de módulos electrónicos, haciendo hincapié en el diseño de la interfaz digital y de la tarjeta para el acoplamiento de señales.

También se describe la forma en la cual se integró la interfaz analógica, tomando en cuenta que dicha interfaz se basa principalmente en la implementación de una tarjeta de adquisición de datos comercial.

En general, se explica la manera en que se diseñó el hardware del diagnóstico, para atender a las condiciones de diagnóstico de cada módulo, considerando sus niveles y tipos de entrada y salida de toda su señalización.

3.1 Descripción del Diagnosticador

El diagnosticador para módulos electrónicos está formado básicamente de los elementos siguientes (ver figura 3.1a):

- Interfaz Analógica, para el diagnóstico de tarjetas analógicas.
- Interfaz Digital, para el diagnóstico de tarjetas digitales.
- Computadora.
- Software de diagnóstico.
- Impresora, para la generación de reportes.

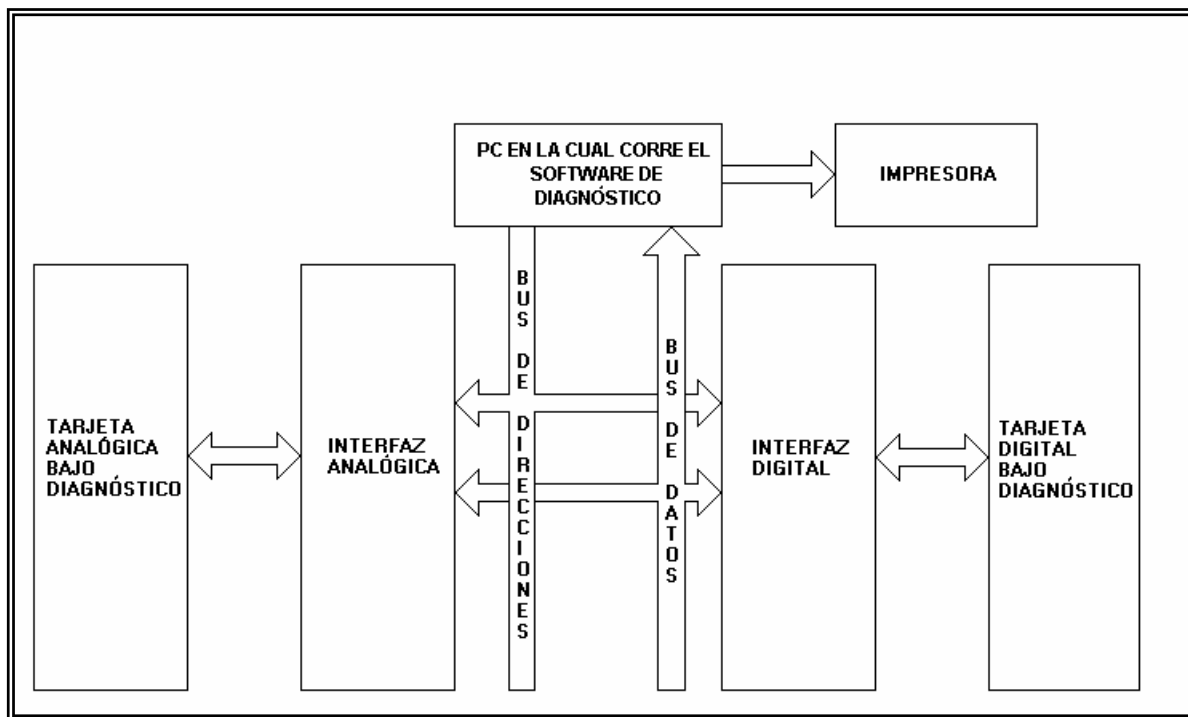


Figura 3.1a Diagrama lógico del Diagnosticador.

El funcionamiento de este equipo se basa principalmente en la generación de todas las señales, necesarias para el diagnóstico y la calibración de los módulos analógicos y digitales, así como la lectura de las señales que genera cada módulo en diagnóstico. Estas señales se envían y/o reciben por medio de las tarjetas de Interfaz Analógica y Digital las cuales se encargan de acoplar dichas señales para que así se logre el diagnóstico y la calibración de cada módulo.

La generación y/o lectura de estas señales se realiza mediante el software de diagnóstico, que además se encarga de establecer la comunicación con el usuario a través de diversos periféricos (teclado, monitor e impresora) y mediante algunos de éstos se muestran los resultados de cada una de las pruebas realizadas al módulo en diagnóstico.

En la figura 3.1b se pueden observar el diagrama físico del diagnosticador, que se forma por una computadora personal con el software de diagnóstico instalado, las interfaces analógica y digital (para la generación y lectura de señales), el módulo analógico o digital bajo pruebas y la pantalla o impresora para la generación del reporte de diagnóstico.

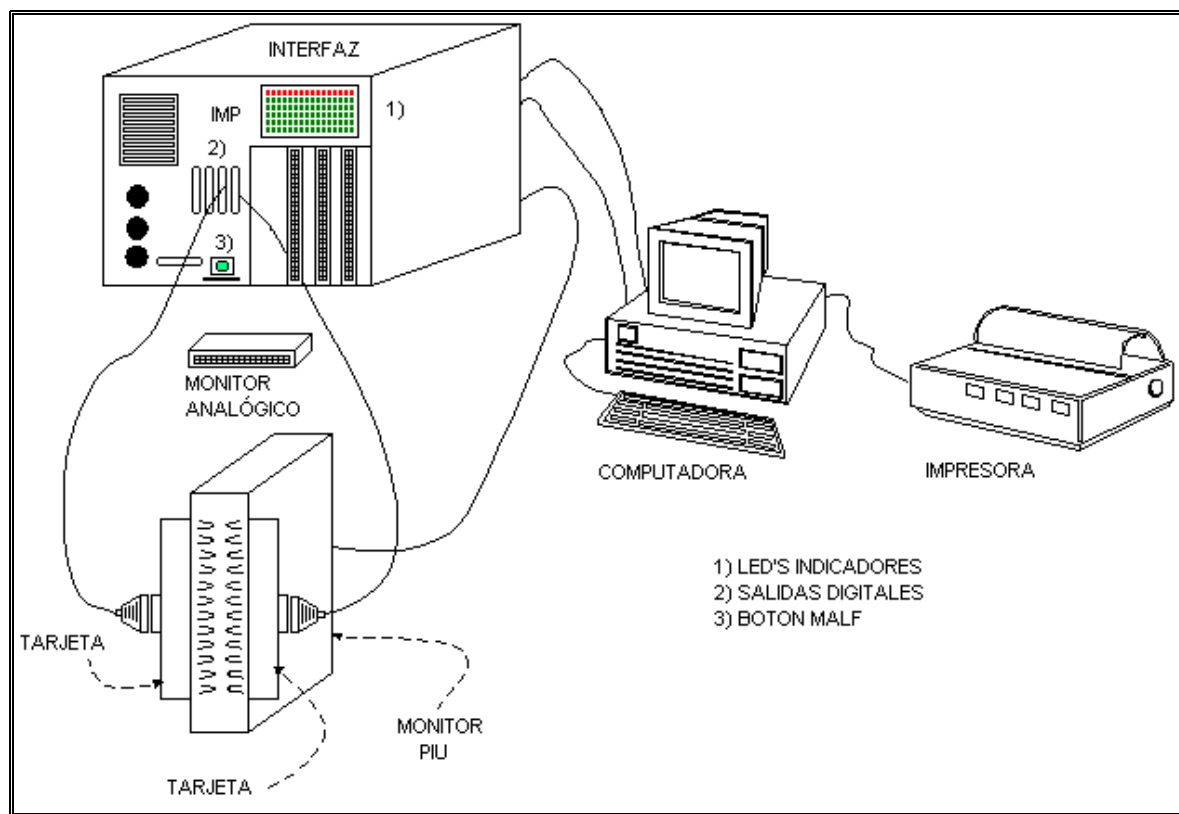


Figura 3.1b Diagrama físico del Diagnosticador.

3.2 Módulos a diagnosticar

Los módulos de monitoreo que se pueden diagnosticar y calibrar con el equipo son los siguientes:

- 1) **Módulos de Velocidad.**
Modelos: SM11-7 (Generador de Gases) y SM18-4 (Turbina de Potencia).
- 2) **Módulos de Temperatura (RTD).**
Modelos: RT15-23, RT15-24, RT15-25, RT15-26.
- 3) **Módulos de Vibración.**
Modelos: VM15-2, VM26-1, VM26-2 y VM26-3.
- 4) **Módulos Digitales.**
Módulo PIU RELAY, PIU TRANSISTOR Y PIU CONTACT.

Los tres primeros son de tipo analógico, mientras que el cuarto contiene a todos los módulos digitales.

3.3 Hardware de la interfaz analógica

Para la integración de la interfaz analógica se utilizaron dos tarjetas, una para la adquisición de los datos y la otra para realizar el acondicionamiento de las señales analógicas.

La tarjeta de adquisición de datos usada en la interfaz analógica es del modelo PCL-818 [Advantech, 1995], para analizar a detalle las características de ésta, ver el apéndice D.

Para acondicionar las señales proporcionadas por la tarjeta de adquisición de datos, se requiere una tarjeta de acoplamiento de señales (ver figura 3.1c).

3.3.1 Fuentes de alimentación

Para el diseño del diagnosticador, es necesario suministrar las fuentes que requiere cada módulo electrónico. Las fuentes de alimentación utilizadas se enlistan a continuación:

- + 5 VDC.
- +10 VDC.
- -10 VDC.
- +15 VDC.
- -15 VDC.
- + 24 VDC.

Estas fuentes de alimentación son de la marca LAMBDA, las cuales se adaptaron al gabinete del diagnosticador.

3.3.2 Salidas digitales

Para el diagnóstico a módulos analógicos, la interfaz analógica genera un conjunto de señales digitales de salida (ver figura 3.1c). La función principal de las salidas digitales, es controlar a través de multiplexores las funciones lógicas proporcionadas por los módulos, además de la lectura/escritura de las señales que entran y/o salen del módulo en diagnóstico. Estas señales digitales se generan a través del conector CN3 de la tarjeta de adquisición de datos PCL-818 las cuales están conectadas a un circuito transmisor-receptor (transceiver) de tercer estado TTL, el 74LS245 en configuración unidireccional (Ver figura 3.2). Las salidas del 74LS245 están a su vez conectadas principalmente a las entradas de selección de multiplexores CMOS. Para lograr el acoplamiento entre ambas tecnologías se hizo uso de resistencias de 3.3K conectadas a +5V con lo cual se refuerza el nivel "1" lógico de ambas familias. A continuación se muestra la conexión básica de las salidas digitales y la tarjeta de adquisición de datos (ver figura 3.2):

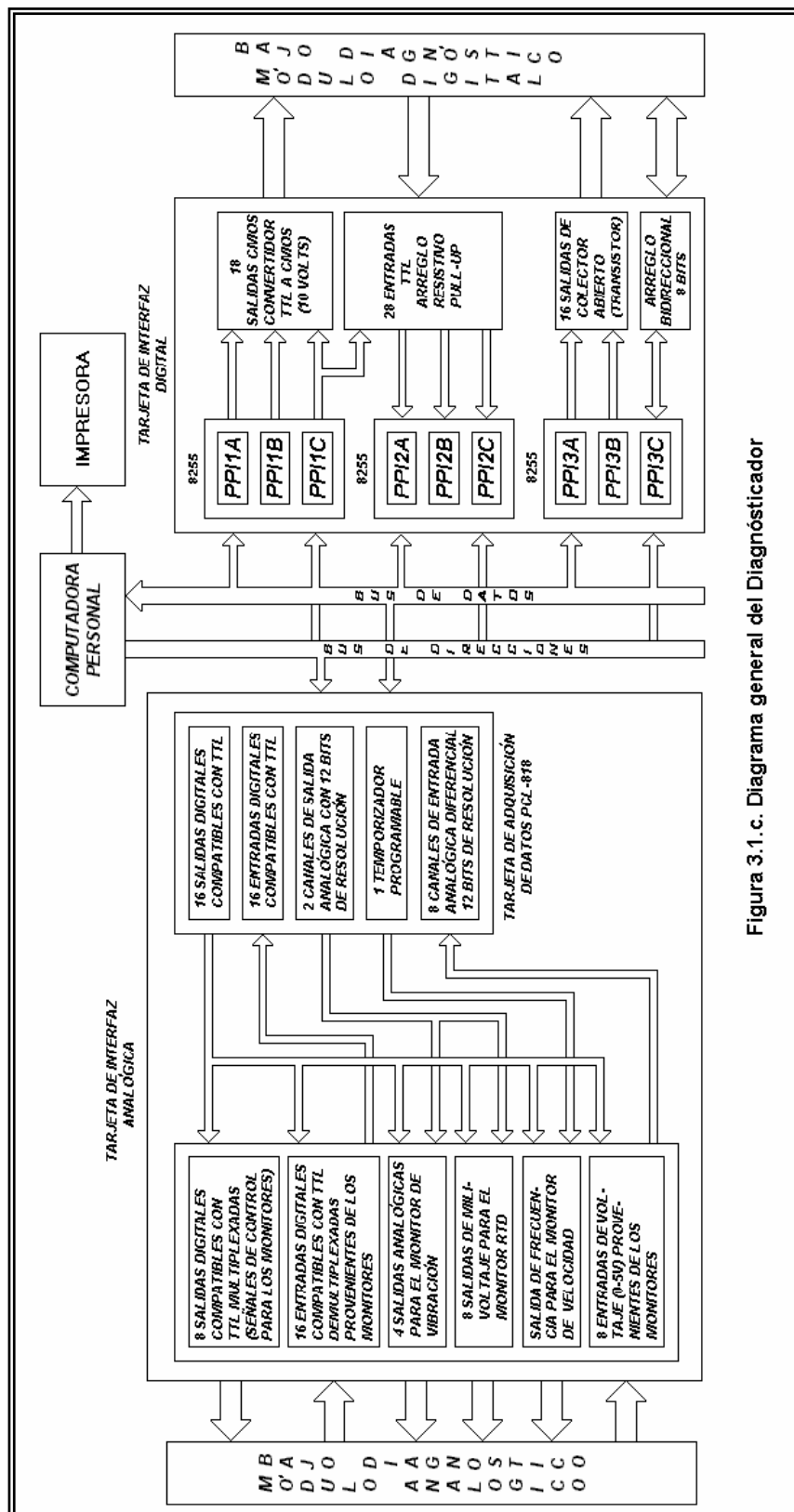


Figura 3.1.c. Diagrama general del Diagnóstico

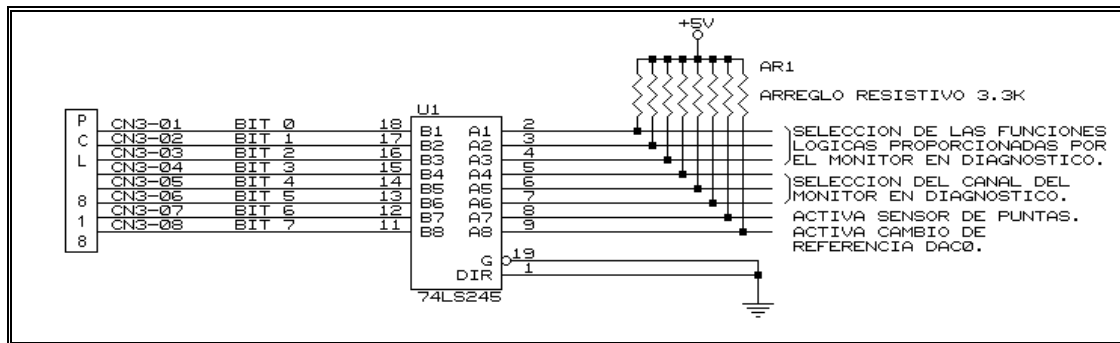


Figura 3.2 Conexión básica de las salidas digitales.

La función de cada una de las salidas digitales se describe a continuación:

BITS 0, 1 y 2: La función de estos bits es la de controlar las funciones lógicas que proporcionan cada uno de los módulos analógicos. En la tabla 3.1 se indican cuáles son estas funciones.

BITS 3, 4 y 5: Habilitan la lectura/escritura de las señales necesarias para cada canal del módulo en diagnóstico, mediante los multiplexores U6, U7, U8, U10 y U11. La selección de cada canal se muestra en la tabla 3.2.

BITS 6 y 7: Activan cada uno de ellos a un relevador, el bit 6 activa el circuito sensor de puntas y se muestra en la figura 3.8, mientras que el bit 7 activa un cambio de referencia del Convertidor digital-analógico (DAC0) y se muestra en la figura 3.5.

Tabla 3.1 Funciones lógicas proporcionadas por los módulos de monitoreo.

A3 BIT 2	A2 BIT 1	A1 BIT 0	FUNCIÓN
0	0	0	DISPLAY ALARM DEL MÓDULO DE VIBRACIÓN
0	0	1	DISPLAY SHUTDOWN DEL MÓDULO DE VIBRACIÓN
0	1	0	TEST DEL MÓDULO DE VIBRACIÓN
0	1	1	LOCAL RESET DEL MÓDULO DE VIBRACIÓN
1	0	0	FIRST OUT DEL MÓDULO DE VIBRACIÓN
1	0	1	RESET DEL MÓDULO DE VELOCIDAD
1	1	0	FIRST OUT DEL MÓDULO DE RTD
1	1	1	DISPLAY SETPOINT DEL MÓDULO DE RTD

Tabla 3.2 Selección del canal.

A6 BIT5	A5 BIT4	A4 BIT3	CANAL SELECCIONADO
0	0	0	CANAL 1
0	0	1	CANAL 2
0	1	0	CANAL 3
0	1	1	CANAL 4
1	0	0	CANAL 5
1	0	1	CANAL 6
1	1	0	CANAL 7
1	1	1	CANAL 8

3.3.3 Entradas digitales

La interfaz analógica recibe del módulo analógico bajo diagnóstico un conjunto de señales digitales (figura 3.3). Estas señales de entrada están conectadas a los multiplexores U6 y U7, y la mayoría de ellas son totalmente compatibles con la tecnología TTL. Estas señales permiten sensor si los detectores de nivel asociados a cada canal del módulo analógico bajo diagnóstico están funcionando correctamente. Al igual que en las salidas digitales para proteger la interfaz, se introdujo el circuito integrado 74LS245 en la misma configuración utilizada anteriormente.

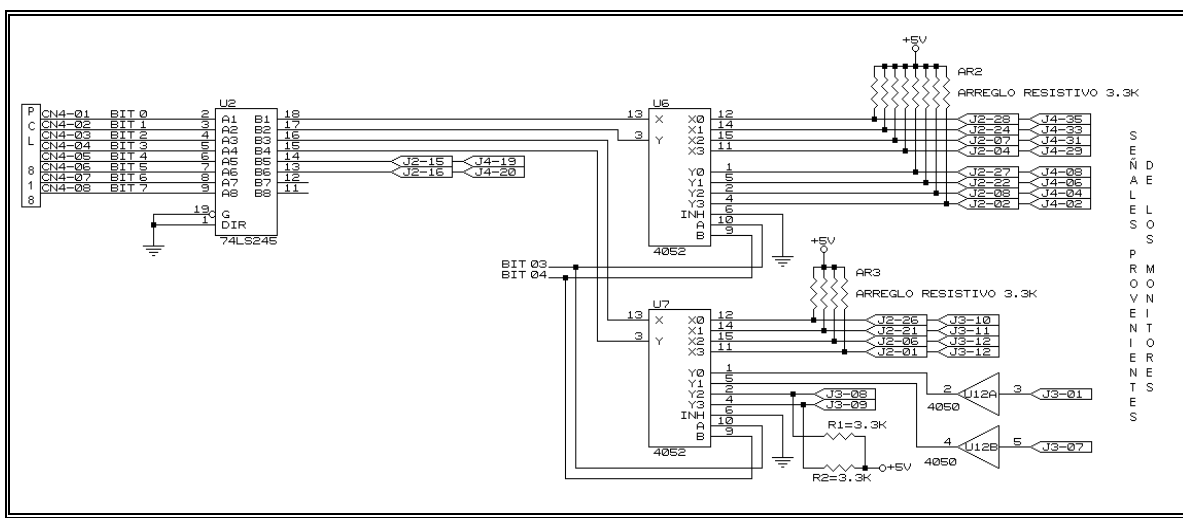


Figura 3.3 Conexión de las entradas digitales.

La función de cada una de las entradas digitales de la PCL-818 se describe a continuación:

- BIT 0 -> Lectura lógica de la señal "INPUT NORMAL" de los canales 1, 2, 3 y 4 para el caso del módulo de vibración. Lectura de las señales lógicas SETPOINT proporcionadas por los canales 1, 2, 3 y 4 para el caso del módulo RTD de temperatura o bien, lectura de las señales lógicas del módulo de velocidad relacionadas con el canal número uno de dicho módulo.

- BIT 1 -> Lectura lógica de la señal "WARNING" de los canales 1, 2, 3 y 4 del módulo de vibración. O bien: Lectura de las señales SETPOINT pertenecientes a los canales 5, 6, 7 y 8 del módulo RTD. O bien: Lectura de los niveles de OVERSPEED SHUTDOWN del módulo de velocidad, además de la verificación de los transistores activados por sobrevelocidad.
- BIT 2 -> Lectura lógica de la señal "SHUTDOWN" pertenecientes a los canales 1, 2 3 y 4 del módulo de vibración.
- BIT 3 -> Lectura lógica de la señal "SUMMARY ALARM" proporcionada por los módulos RTD y vibración. O bien: Lectura lógica del circuito sensor de puntas, el cual proporciona un nivel de voltaje de +14 Volts para el "1" lógico y de 0 Volts para el "0". Para acoplar esta señal se hizo uso del buffer CD4050, el cual convierte estos niveles de voltaje a señales de tipo TTL.
- BIT 4 -> Lectura lógica de la señal "SUM SHUT" enviada por los módulos RTD y vibración.
- BIT 5 -> Lectura lógica de la señal "SUM ALARM" enviada por los módulos RTD y vibración.
- BIT 6-7 -> Libres para nuevos módulos.

3.3.4 Entradas analógicas

Las señales analógicas entregadas por cada módulo en diagnóstico (ver figura 3.1a) se encuentran en el rango de 0 - 5V. Para este fin se utiliza el conector CN1 de la tarjeta de adquisición de datos PCL-818 (ver figura 3.1c), cuyas entradas están conectadas en modo común y la tarjeta de adquisición de datos se puede programar para trabajar en diferentes rangos de lecturas; la lectura máxima que acepta la PCL-818 es de ± 10 V.

La conexión de las entradas analógicas se realiza mediante los bits 3,4 y 5 (ver tabla 3.2) y un multiplexor analógico CD4051 alimentado con 12 Volts. Esto significa que puede aceptar un rango de voltaje de entrada desde 0 hasta 12 Volts. La salida se conecta a un amplificador operacional en configuración de seguidor de voltaje, el cual permite eliminar el efecto de la impedancia del multiplexor, además de proporcionar protección a la tarjeta de adquisición de datos (ver figura 3.4).

Cabe hacer la observación de que al alimentar el multiplexor con 12 Volts, se debe hacer el acoplamiento entre niveles TTL (0 - 5 Volts) a niveles CMOS (0 -12 Volts) en las entradas de selección del multiplexor. Para lograr dicho acoplamiento se utilizó el buffer de colector abierto 7417, el cual permite mediante la resistencia de 4.7K conectada a +12V, el funcionamiento óptimo del multiplexor.

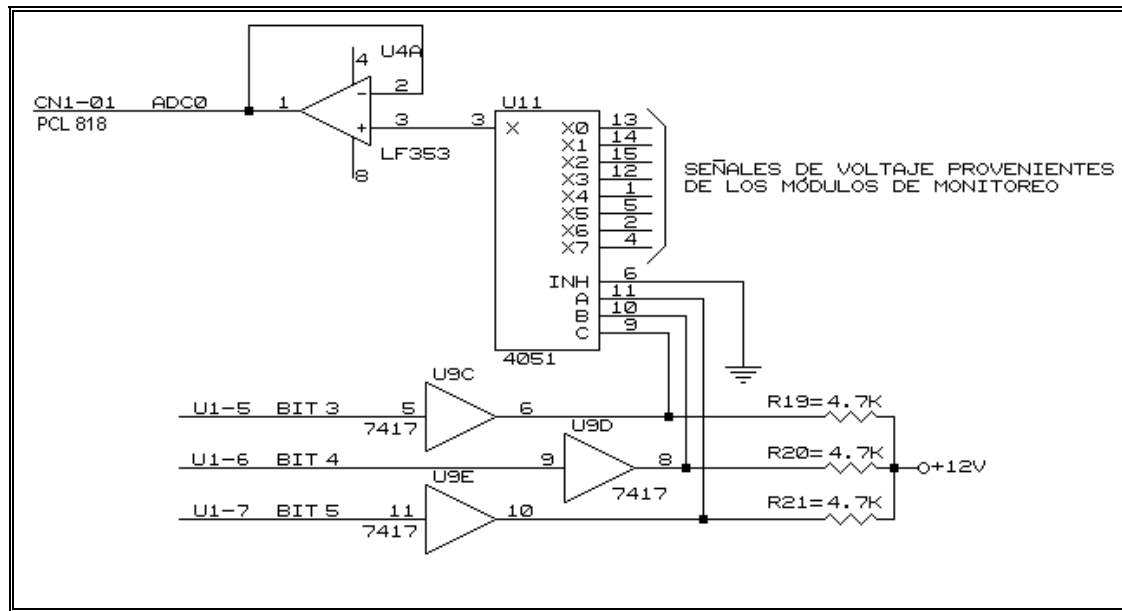


Figura 3.4 Conexión básica de las entradas analógicas.

3.3.5 Salidas analógicas

La función principal de las salidas analógicas es la de inyectar por medio de la interfaz analógica, voltaje a módulos RTD de temperatura (señal de milivolts), Vibración (señal de frecuencia montada sobre un nivel de DC) o Velocidad (señal de frecuencia variable). Las salidas analógicas están sujetas a la referencia interna de la tarjeta PCL-818 de adquisición de datos, el voltaje que puede entregar cada convertidor digital analógico es de 0 a +5V, con una referencia interna de +5V; y de 0 a +10V con una referencia de voltaje de +10V. La señal de referencia máxima es también de $\pm 10V$. La salida de voltaje es entregada a través del conector CN2.

Dentro del diagnosticador, las salidas analógicas son de vital importancia, ya que alimentan a los módulos bajo diagnóstico, si no se generan las salidas analógicas necesarias no se podrán realizar las pruebas de diagnóstico.

La tarjeta de adquisición de datos PCL-818 solo tiene dos convertidores digitales analógicos (DAC0 y DAC1), con su respectiva entrada para señal de referencia externa. Para generar las salidas analógicas se configura el DAC1 con una referencia interna de +5V para que su salida de voltaje se encuentre en el rango de 0 - 5V. Para el DAC0 se diseñó el arreglo mostrado en la figura 3.5 para generar la referencia externa.

Se puede observar en la figura 3.5, que el DAC0 (CN2-01) tiene dos referencias de voltaje, las cuales se pueden seleccionar activando un relevador mediante el bit 7 de las salidas digitales. Cuando el relevador se encuentra en la posición normalmente cerrado, el DAC 0 tiene una referencia de voltaje de 2.5 Volts, necesaria para el diagnóstico de los módulos RTD. Cuando se activa el bit 7, el DAC0 tiene una señal de referencia de frecuencia

generada por el contador temporizador CI 8254 de la tarjeta de adquisición de datos (CN5-14). Este dispositivo se programa como generador de onda cuadrada mediante el cual se simula la señal de entrada para el módulo de vibración.

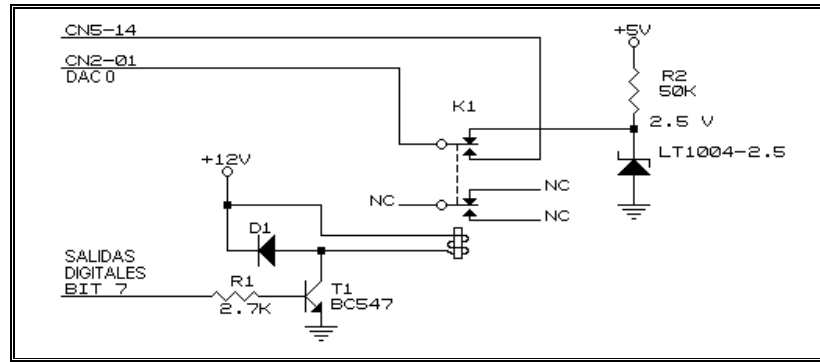


Figura 3.5 Arreglo para generar la referencia externa del DAC0.

Como se mencionó anteriormente el cambio de referencia de voltaje se realiza mediante un relevador con una resistencia de base de $2.7K\Omega$.

El uso del diodo D1 en la figura 3.5 protege al transistor en caso de generarse un pico de voltaje inverso en la bobina del relevador, el cual podría destruir la unión colector-emisor del transistor.

3.3.5.1 Simulación de la señal para el diagnóstico del módulo de temperatura.

Para la calibración del módulo RTD, el manual del fabricante indica se simule mediante un arreglo de resistencias, la impedancia que se genera en el RTD a determinada temperatura. Así por ejemplo para una temperatura de 204.44°C (400°F), se tendría que conectar una resistencia de 179.01Ω en las terminales de entrada del módulo, como se muestra en la figura 3.6.

Como se observa en la figura mencionada, se tiene una caída de voltaje a través de la resistencia. Dicha caída de voltaje se puede calcular mediante la siguiente expresión [Coughlin, Robert F., 1995] :

$$V_E = \frac{RTD * 10V}{RTD + 6.49K}$$

Para este caso en particular **$RTD = 179.01\Omega$** . Sustituyendo valores se tiene:

$$V_E = \frac{179.01\Omega * 10V}{179.01\Omega + 6.49K}$$

$$V_E = 268.42 \text{ mV}$$

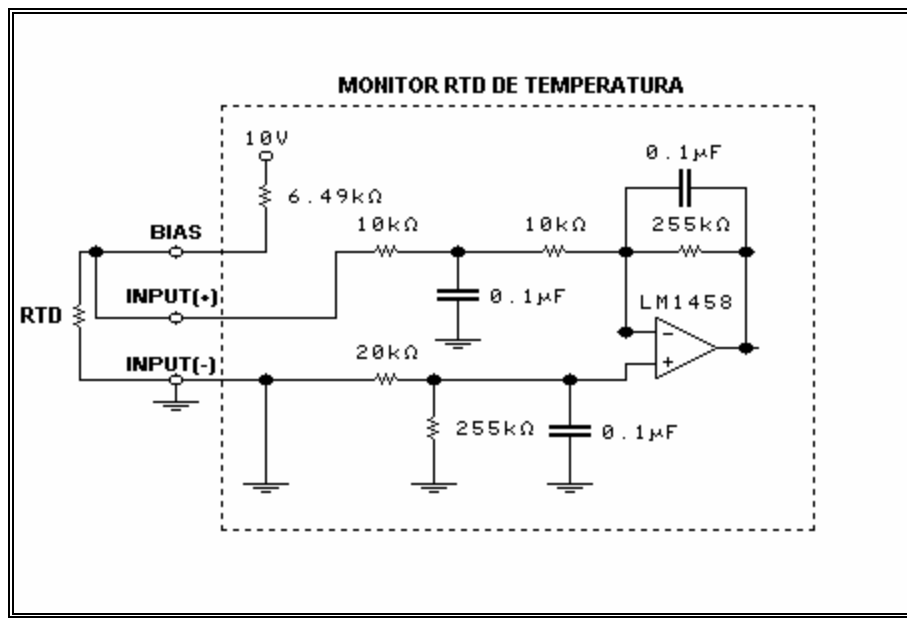


Figura 3.6 Conexión para realizar la calibración del módulo RTD de acuerdo al manual del fabricante.

Finalmente para lograr el diagnóstico del módulo RTD de temperatura se implementó el siguiente circuito:

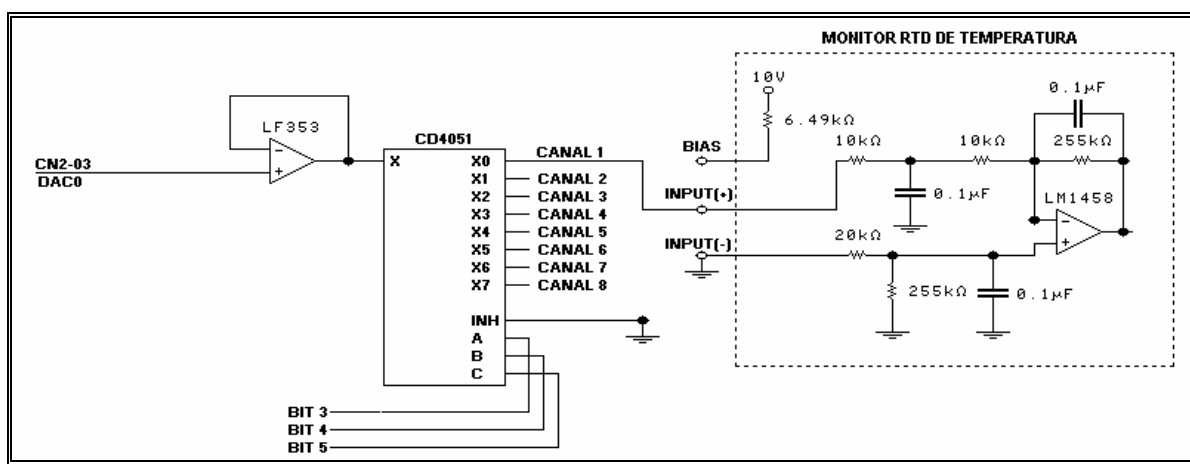


Figura 3.7 Arreglo para generar la señal para el diagnóstico del módulo RTD de Temperatura.

Como se observa en la figura anterior se genera en las terminales CN2-03 del DAC0 una señal de 268.42 milivolts equivalente a la caída que existe en el RTD a la temperatura de 400°F. Esta señal es acoplada mediante el seguidor de voltaje. Mediante el multiplexor se

inyecta esta señal usando los bits 3, 4 y 5 (ver tabla 3.2) a cada uno de los canales del módulo para lograr así el diagnóstico del módulo RTD.

3.3.5.2 Simulación de la señal para el diagnóstico del módulo de velocidad

Para el diagnóstico del módulo de velocidad es necesario inyectar a cada uno de los canales del módulo una señal de alterna con una amplitud entre 5 y 20 VRMS. La frecuencia de esta señal deberá variarse para poder calibrar cada uno de los puntos de ajuste que se especifican en el manual de calibración. Para este fin se utiliza el contador/temporizador programable 8254 de la tarjeta PCL-818 de adquisición de datos (cuya salida está disponible a través del conector CN5), el cual se programa como divisor de frecuencia logrando así generar los diferentes valores utilizados.

Habrà de hacerse notar que la salida de frecuencia por el conector CN5 es una señal directa pulsante con una amplitud aproximada de 5Vpp, y para el diagnóstico del módulo de velocidad este nivel no es suficiente, es por eso que en el diseño de la interfaz se colocó un arreglo de amplificadores operacionales en su configuración de amplificadores con una ganancia de 2. La siguiente figura muestra el arreglo, para la salida de frecuencia y enseguida una breve explicación de su funcionamiento.

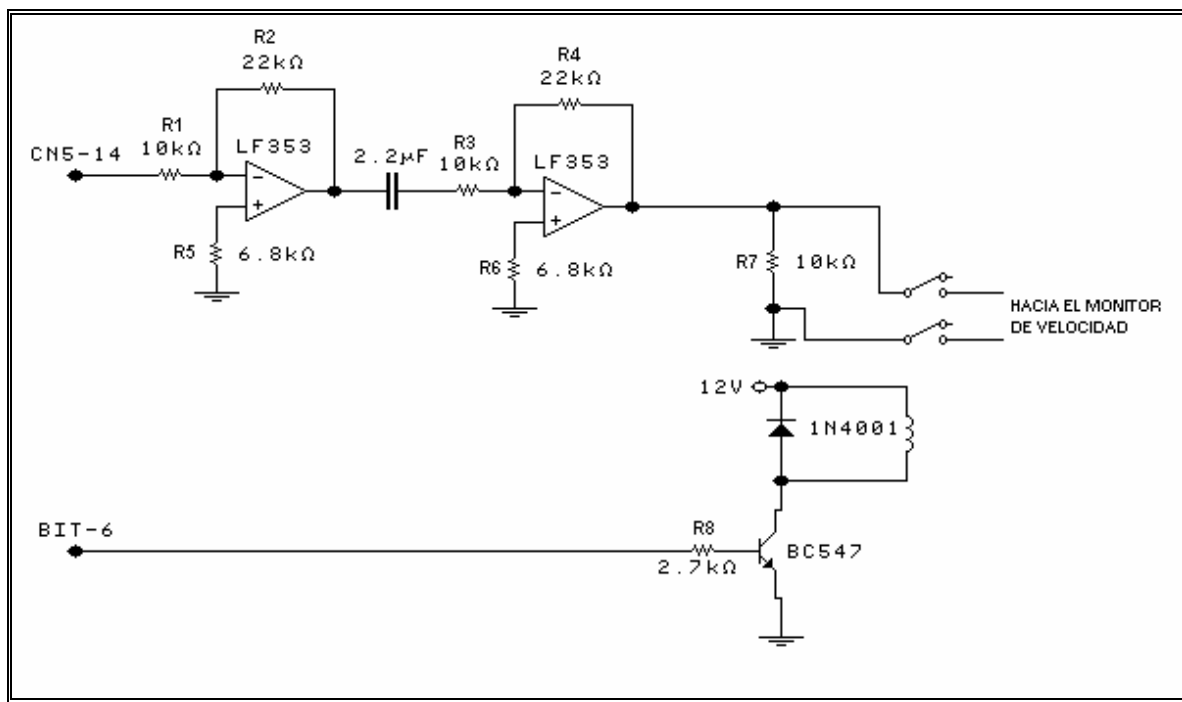
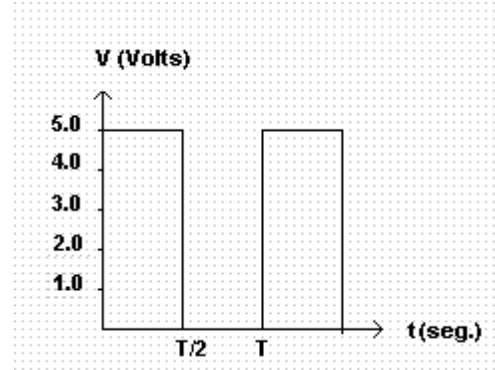


Figura 3.8 Arreglo para generar la señal para el diagnóstico del módulo Velocidad.

La señal de salida del contador 8254 (CN5-14) está representada por:

$$E(t) = \begin{cases} 5 & 0 < t < T/2 \\ 0 & T/2 < t < T \end{cases}$$



Esta señal se aplica un arreglo de dos amplificadores en configuración inversor, cuya salida total esta dada por la siguiente formula [Coughlin, Robert F. 1993]:

$$V_S = \frac{-R_2}{R_1} * \frac{-R_4}{R_3} * V_E$$

Sustituyendo valores:

$$V_S = \frac{(-22K\Omega) * (-22K\Omega)}{10K\Omega * 10K\Omega} * V_E$$

$$V_S = 4.84V_E = 24.2V$$

El capacitor en la salida del primer amplificador elimina el nivel de voltaje directo de la señal. Este capacitor tiene una frecuencia de corte de:

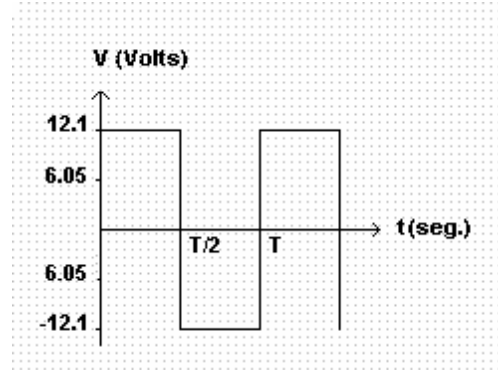
$$f_c = \frac{1}{2\pi R_3 C_1}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi * 10K\Omega * 2.2\mu F}$$

$$f_c = 7.23Hz$$

Una vez hecha estas consideraciones la señal de salida está representada por:

$$E(t) = \begin{cases} 12.1 & 0 < t < T/2 \\ -12.1 & T/2 < t < T \end{cases}$$



Esta señal tiene un valor RMS de:

$$V_{RMS} = \frac{V_{pp}}{\sqrt{2}}$$

$$V_{RMS} = \frac{24.2V}{\sqrt{2}}$$

$$V_{RMS} = 17.11V$$

Con lo cual se cumple con la señal especificada en el manual del fabricante.
El valor de las resistencias compensadoras de corriente R5 y R6 se obtienen de:

$$R_5 = R_1 \parallel R_2$$

$$R_6 = R_3 \parallel R_4$$

Sustituyendo valores:

$$R_5 = R_6 = 10K\Omega \parallel 22K\Omega$$

$$R_5 = R_6 \cong 6.8K\Omega$$

La resistencia a la salida del segundo amplificador representa la impedancia del sensor de velocidad.

Para el diagnóstico del módulo de velocidad es necesario verificar el funcionamiento del circuito detector de puntas del mismo. Si este circuito no detecta la impedancia del sensor de velocidad, el módulo envía una señal lógica detectando la falla. Para verificar dicho

circuito se implementó un relevador (ver figura 3.8), mediante el cual se conecta la impedancia a la entrada del módulo .

3.3.5.3 Simulación de la señal para el diagnóstico del módulo de vibración

Para lograr el diagnóstico del módulo de vibración es necesario simular las señales de los sensores de vibración (pickup de velocidad y proximitor) que se encuentran en campo. Estas señales se muestran a continuación:

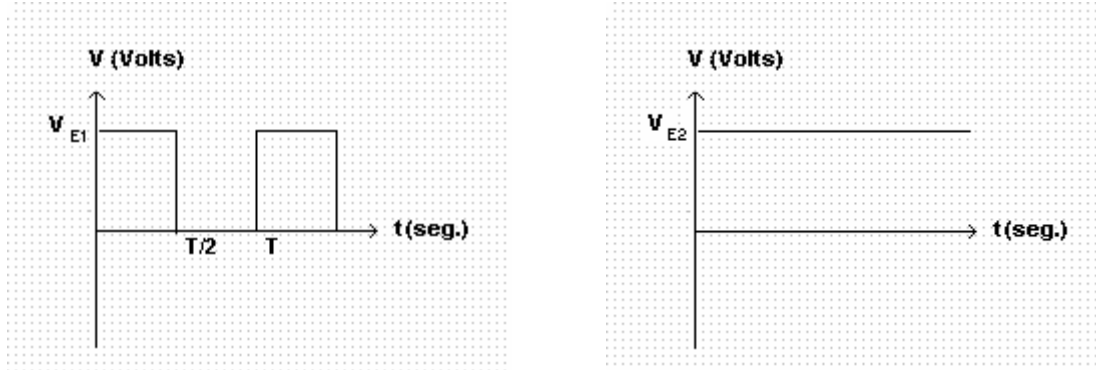


Figura 3.9 Señales de vibración.

Como se observa en la figura la señal que genera cada uno de los sensores es básicamente una señal de frecuencia montada sobre un nivel de voltaje directo. Para generar ambas señales se implementó el arreglo mostrado en la figura 3.10.

Como se observa en la figura se tiene un amplificador operacional cuyas entradas provienen de CN2-03 (DAC0) y CN2-04 (DAC1). Dicho amplificador está configurado como un circuito restador, cuya señal de salida está dada por [Coughlin, Robert F., 1993]:

$$V_{S1} = V_{E2} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) - V_{E1} \left(\frac{R_2}{R_1}\right)$$

Donde

V_{E1} es la señal proporcionada a través de CN2-03.

V_{E2} es la señal que se envía a través de CN2-04.

Considerando $R2=R1=10K$ y sustituyendo valores se tiene:

$$V_{S1} = V_{E2} \left(1 + \frac{10K\Omega}{10K\Omega}\right) - V_{E1} \left(\frac{10K\Omega}{10K\Omega}\right)$$

$$V_{S1} = 2V_{E2} - V_{E1}$$

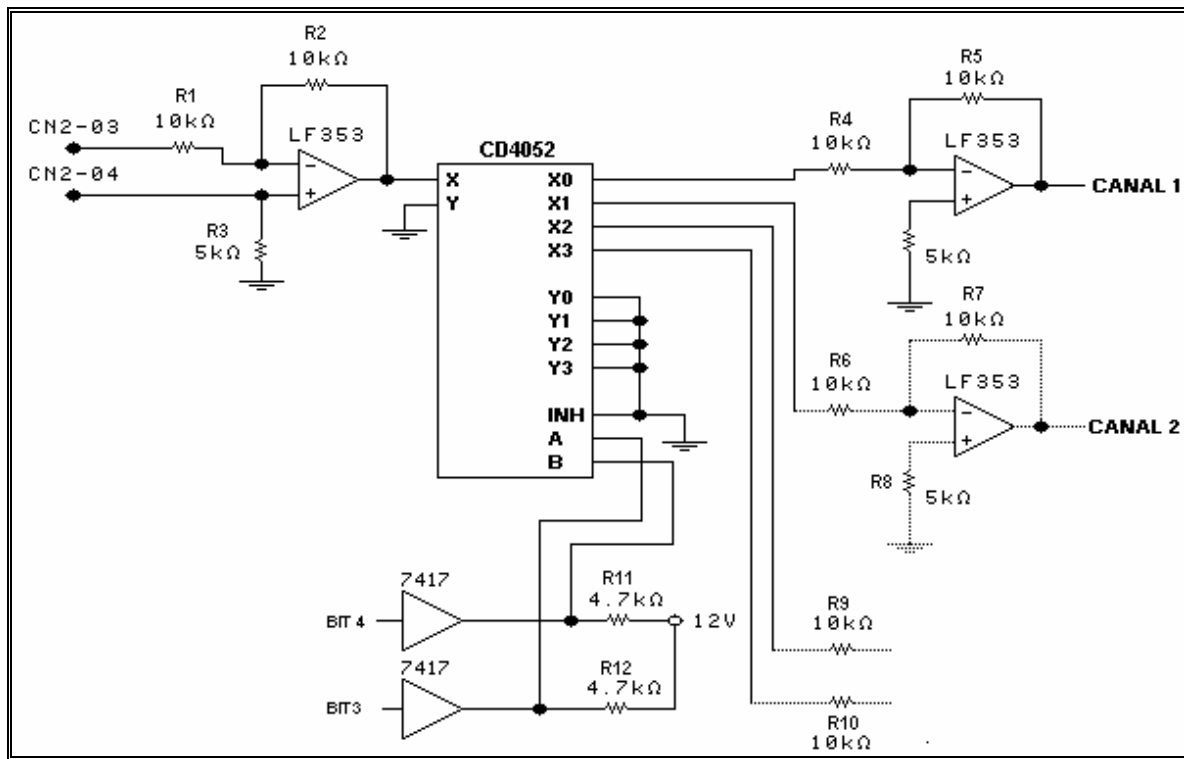
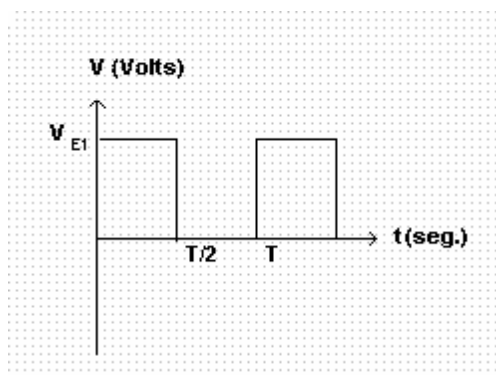
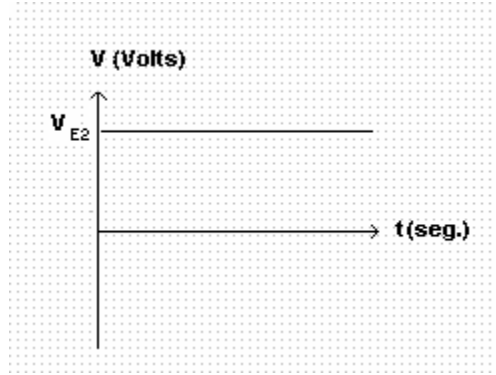


Figura 3.10 Arreglo para generar la señal para el diagnóstico del módulo Vibración.

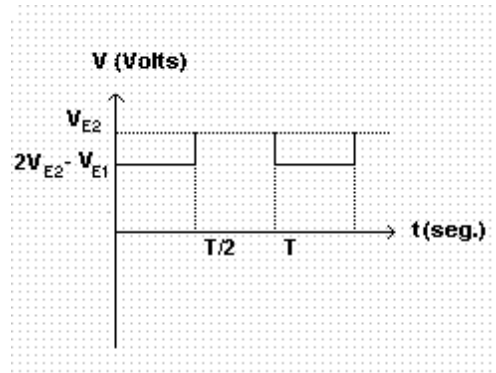
Ahora bien se envía una señal de frecuencia a través del DAC0, la cual se representa de la siguiente forma



Y además se envía un nivel de voltaje el cual se representa como:



A la salida del amplificador operacional se obtendrá la siguiente salida de voltaje:



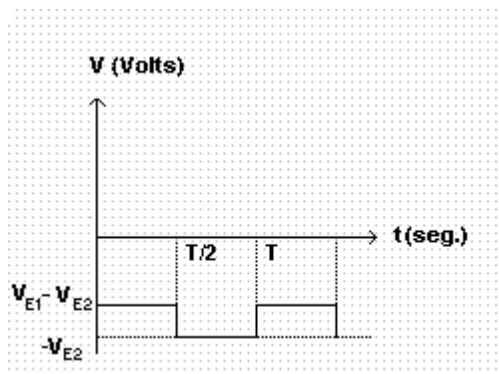
El uso del multiplexor CD4052 [Motorola, 1988] en la figura 3.10 permite distribuir la señal a cada uno de los canales, pero la señal resultante del primer amplificador operacional es una señal de frecuencia montada sobre un nivel de DC positivo, la cual se maneja perfectamente con el multiplexor. Para lograr nuestro objetivo es necesario invertir esta señal lo cual se logra mediante el segundo amplificador, el cual se encuentra en cada una de las salidas del multiplexor. Así se tiene que para el canal 1, la señal de salida se calcula mediante la siguiente formula:

$$V_{S2} = -2V_{S1} \left(\frac{R_5}{R_4} \right)$$

$$V_{S2} = (V_{E1} - 2V_{E2}) \left(\frac{10K\Omega}{10K\Omega} \right)$$

$$V_{S2} = (V_{E1} - 2V_{E2})$$

Aplicando la expresión anterior se tiene una señal de frecuencia montada sobre un nivel de DC la cual se puede graficar como:



3.4 Diseño de la tarjeta de Interfaz Digital

Para diagnosticar los módulos digitales el diagnosticador necesita una interfaz digital (ver figura 3.1c). El diseño de la interfaz digital implica básicamente la implementación de una tarjeta con varias salidas digitales, dicha interfaz interactuará con los módulos digitales (PIU's). Para poder realizar esto se recurrió a un bus de extensión de la PC (figura 3.1c) mediante el cual se refuerzan los niveles de voltaje tanto del bus de direcciones como el bus de datos. Las salidas de la tarjeta de extensión del bus están conectadas a la tarjeta de interfaz digital y de ahí al decodificador de direcciones donde se genera la lógica para la lectura y escritura en los tres puertos PPI 8255, cada uno con 24 líneas de entrada-salida digitales. La descripción del CI 8255 y el diseño de la interfaz digital se describen a continuación.

3.4.1 Interfaz periférica programable 8255

Se seleccionó este circuito porque el 8255 puede servir de interfaz para una gran cantidad de diferentes microprocesadores. Este circuito ha sido usado por muchos años; de aquí que exista información abundante y disponible.

El 8255 emplea 3 buses. Los tres buses usados para la interfaz son: el bus de direcciones, el bus de datos y el bus de control. Como se muestra en la figura 3.11, el 8255 contiene tres puertos de E/S individuales. La PC del diagnosticador se conecta a ciertas terminales del 8255 para el control del mismo. De esta conexión el 8255 puede proporcionar puertos de E/S de 8 bits. Estos puertos de E/S se pueden usar para controlar hardware externo.

La figura 3.11 es un diagrama a bloques del circuito interno del 8255A. En la figura se aprecia un bus de datos bidireccional y la lógica de control mediante los cuales se controla al 8255. Se tienen además tres puertos de E/S divididos en dos grupos (A y B). El grupo A incluye al puerto A y los 4 bits más significativos del puerto C y el grupo B formado por el puerto B y los 4 bits menos significativos del puerto C. Los puertos A, B, y C son puertos

de E/S de 8 bits que el 8255 usa para conectar a circuitos externos. Cada puerto puede funcionar ya sea como puerto de entrada o puerto de salida.

Cuando la PC del diagnosticador escribe a la sección de control del circuito 8255 está escribiendo al control del puerto. El microprocesador de la PC escribe primero al control del puerto antes de escribir o leer a cualquier otra sección. Al escribir al control del puerto, el microprocesador de la PC define cómo cada uno de los tres puertos se comportarán (entrada o salida).

3.4.1.1 Señales usadas en el 8255

Bus de Datos

Es un buffer de 8 bits bidireccional de tres estados; se usa para la interfaz del 8255 al bus de datos de la PC del diagnosticador. Los datos se transmiten o reciben por el buffer en la ejecución de instrucciones de entrada o salida provenientes de la PC del diagnosticador. Las palabras de control también se transfieren a través del bus de datos.

Control Lógico y Lectura/Escritura

La función de este bloque es para manejar todas las transferencias internas y externas de ambos datos y palabras de control. Acepta entradas de direcciones provenientes de la PC del diagnosticador.

Selección de Chip (CS)

Un nivel bajo en esta entrada habilita la comunicación entre el 8255 y el microprocesador de la PC.

Lectura (RD)

Un nivel bajo en esta entrada habilita al 8255 para mandar datos a la PC por el bus de datos, en esencia permite leer los datos provenientes del 8255.

Escritura (WR)

Un nivel bajo habilita permite a la PC del diagnosticador escribir datos o palabras de control hacia el 8255.

Selección de Puerto 0 y Selección de Puerto 1 (A0 y A1)

Estas señales de entrada, en conjunción con las entradas RD y WR, controlan la selección de uno de los tres puertos o los registros de palabras de control. Ellos normalmente se conectan a los bits menos significativos del bus de direcciones (A0 y A1).

En la tabla 3.3 se hace referencia a tabla de selección correspondiente a los bits de dirección A0 y A1.

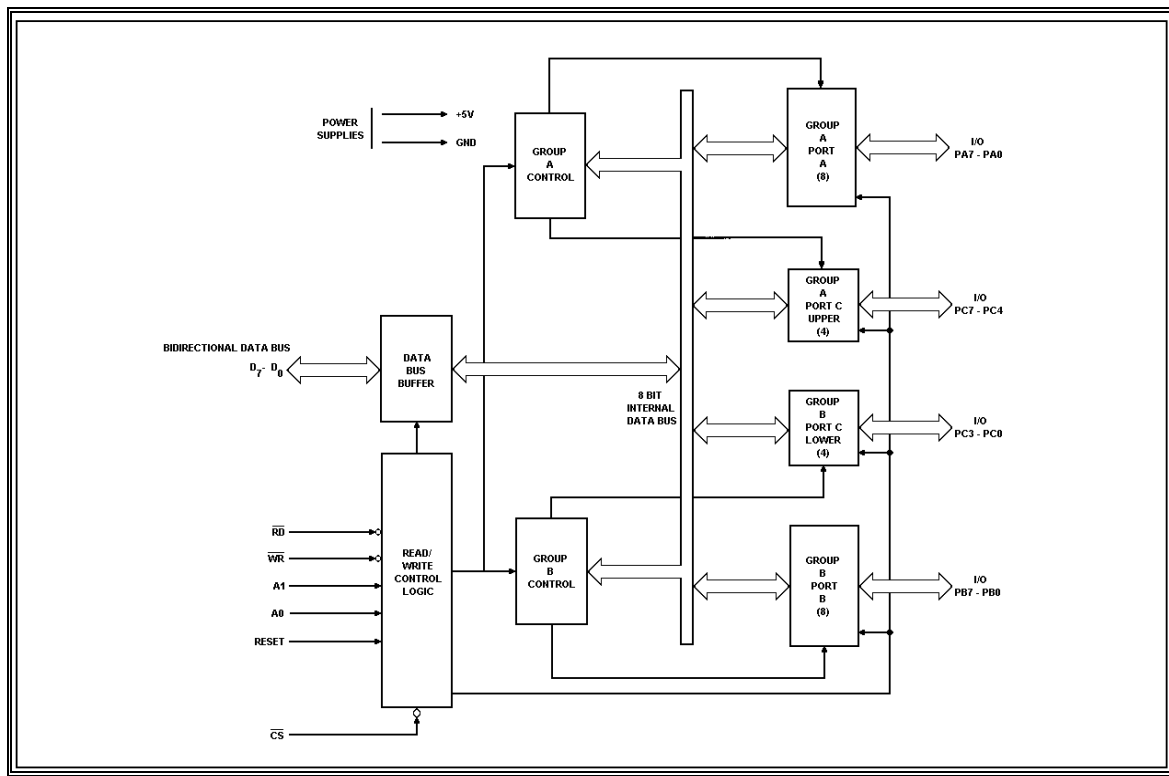


Figura 3.11 Diagrama interno a bloques del 8255.

Tabla 3.3 Selección de puerto.

A0	A1	SELECCIÓN
0	0	PUERTO A
0	1	PUERTO B
1	0	PUERTO C
1	1	PALABRA DE CONTROL

Restablecimiento (Reset)

Un nivel alto en esta entrada limpia los registros de Control.

Controles del Grupo A y Grupo B

La configuración funcional de cada puerto se programa por software. En esencia, se coloca la palabra de control al 8255 (Selección 1,1 de la tabla 3.3).

Puertos A, B y C

El 8255 tiene tres puertos de 8 bits (A, B y C). Todos los puertos se pueden configurar por software como puertos de entrada y puertos de salida, o ambos. Por ello los puertos A, B y C, proporcionan las siguientes características:

Puerto A

Salida de datos de 8 bits con cerrojo/buffer y una entrada de 8 bits de datos con cerrojo.

Puerto B

Una salida y entrada de datos de 8 bits con cerrojo/buffer y una entrada de datos con buffer.

Puerto C

Una salida de datos de 8 bits con cerrojo/buffer y una entrada de datos de 8 bits con buffer. Este puerto puede ser dividido en dos puertos de 4 bits bajo un modo de control.

3.4.2 Descripción operacional del 8255

Modo de Selección

Hay tres modos básicos de operación que se pueden seleccionar por software [Intel, 1991]:

Modo 0 ---Entrada/Salida Básico.

Modo 1 ---Entrada/Salida con habilitación.

Modo 2 ---Bus Bidireccional.

Cuando la entrada de reset va hacia un nivel alto, todos los puertos (24 líneas) se pondrán en una alta impedancia. Después que el reset cambia, el 8255 puede permanecer en el modo de entrada sin requerir inicialización adicional. Durante la ejecución del programa de diagnóstico cualquiera de los otros modos se pueden seleccionar enviando una palabra de control al registro de control del 8255. Los modos de los puertos A, B, y C pueden ser separadamente definidos mediante palabras de control.

En las figuras 3.12, 3.13a y 3.13b se indican diversos modos de operación de los puertos A, B y C, mediante dichas palabras de control.

Modo 0 (Entrada/Salida Básico)

Esta configuración funcional proporciona operaciones simples de entrada y salida para cada uno de los tres puertos, los datos simplemente se escriben o se leen de un puerto específico.

Modo 0 Básico:

- Dos puertos de 8 bits y 2 puertos de 4 bits.
- Cualquier puerto puede ser entrada o salida.
- Las salidas tienen cerrojo ("latch").
- Las entradas no tienen cerrojo.
- 16 diferentes configuraciones de Entrada/Salida son posibles en este modo.

Modo 1. (Entrada/Salida Controlada)

Esta configuración funcional proporciona los medios para transferir datos de entrada o salida desde/hacia un puerto específico mediante señales de disparo o control. En este modo los puertos A y B utilizan el puerto C para generar o aceptar dichas señales de control.

Modo 2. (Bus Bidireccional controlado)

En esta configuración se facilita la comunicación con un dispositivo periférico con un bus de datos de 8 bits para la transmisión y recepción de datos. Las señales de control permiten controlar el flujo del bus de manera similar que en el modo 1. En este modo el puerto se utiliza como bus bidireccional y 5 bits del puerto "C" se utilizan para el control del puerto A.

La figura 3.14 muestra la conexión física completa del 8255 y el bus de la PC del diagnosticador a través de la tarjeta de extensión del bus. La lógica combinacional de selección determinará cuál 8255 se está seleccionando (o cuáles en el caso que haya más de uno). Es importante notar que el 8255 se seleccionará cuando CS es un 0 lógico y la comunicación total será cuando las señales RD o WR lleguen a ser válidas.

Las líneas de datos D0-D7 de la PC se conectan mediante la tarjeta de extensión de bus a las líneas de entrada de datos del 8255. La entrada de Reset del 8255 se conecta al reset de la PC del diagnosticador.

El 8255 tiene una línea de Vcc y una línea de GND (tierra). El Vcc se conecta a una fuente de alimentación de +5V y GND se conecta a la tierra del sistema.

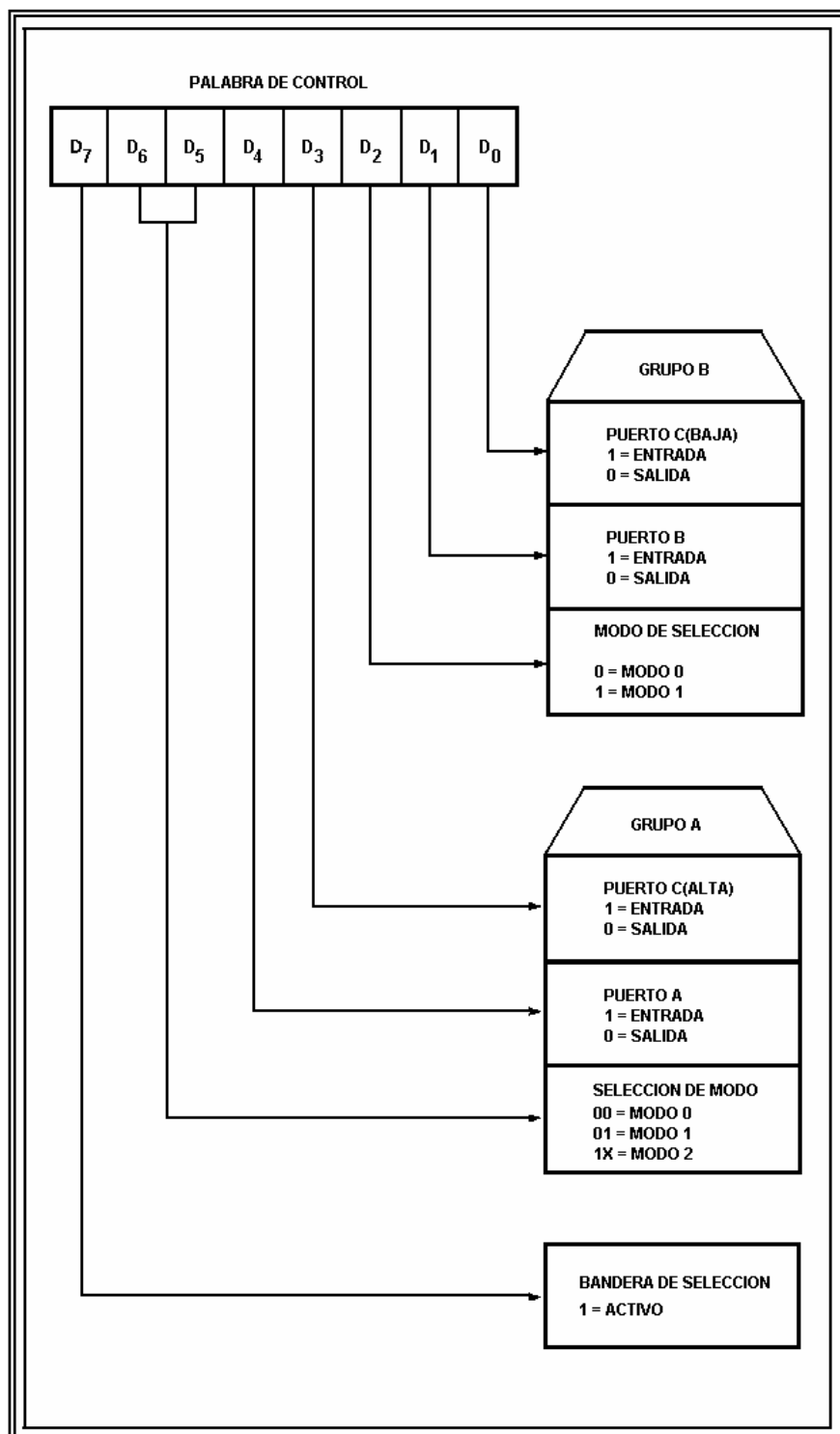


Figura 3.12 Definición del modo de Operación.

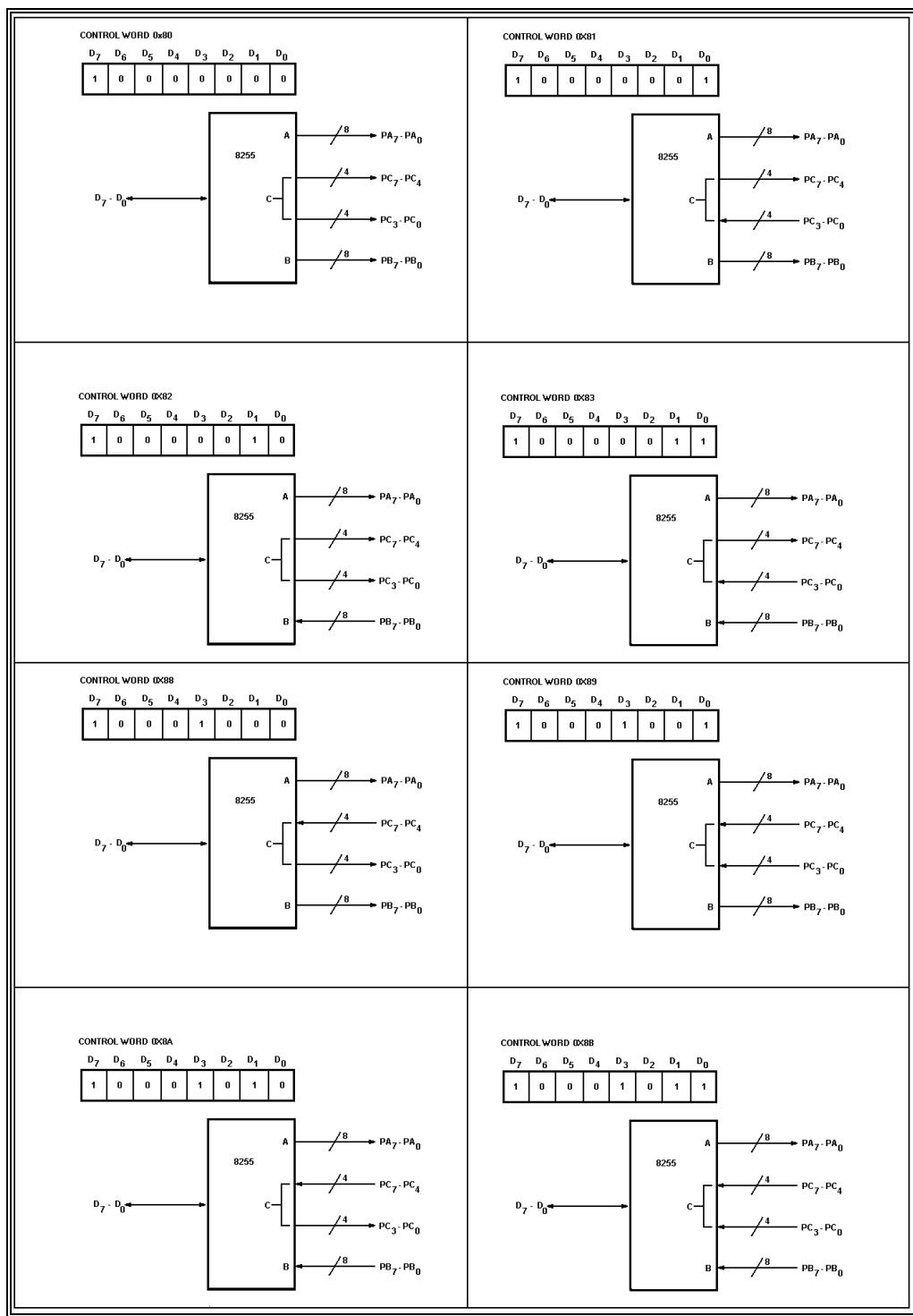


Figura 3.13a Modos de operación del 8255.

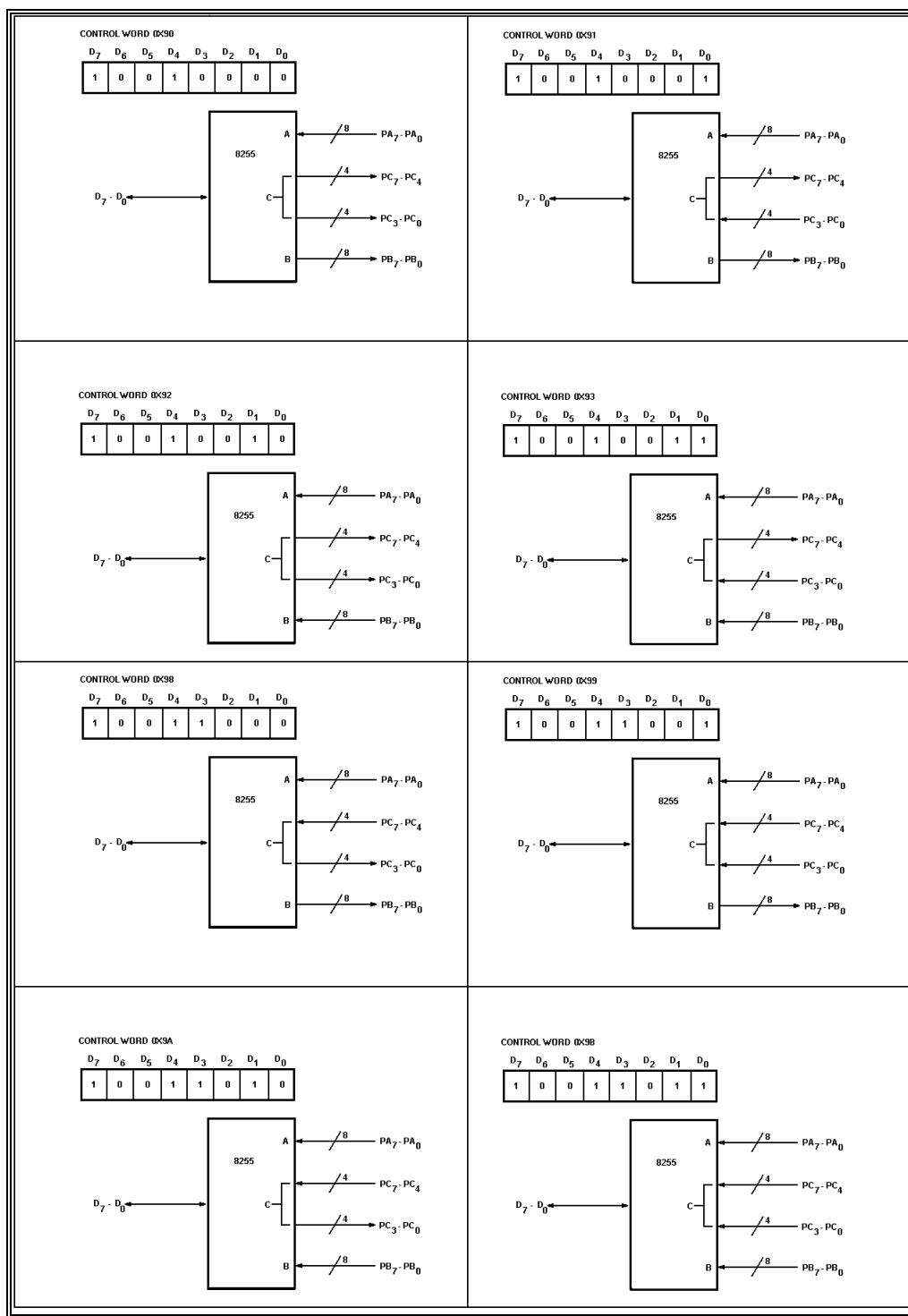


Figura 3.13b Modos de operación del 8255.

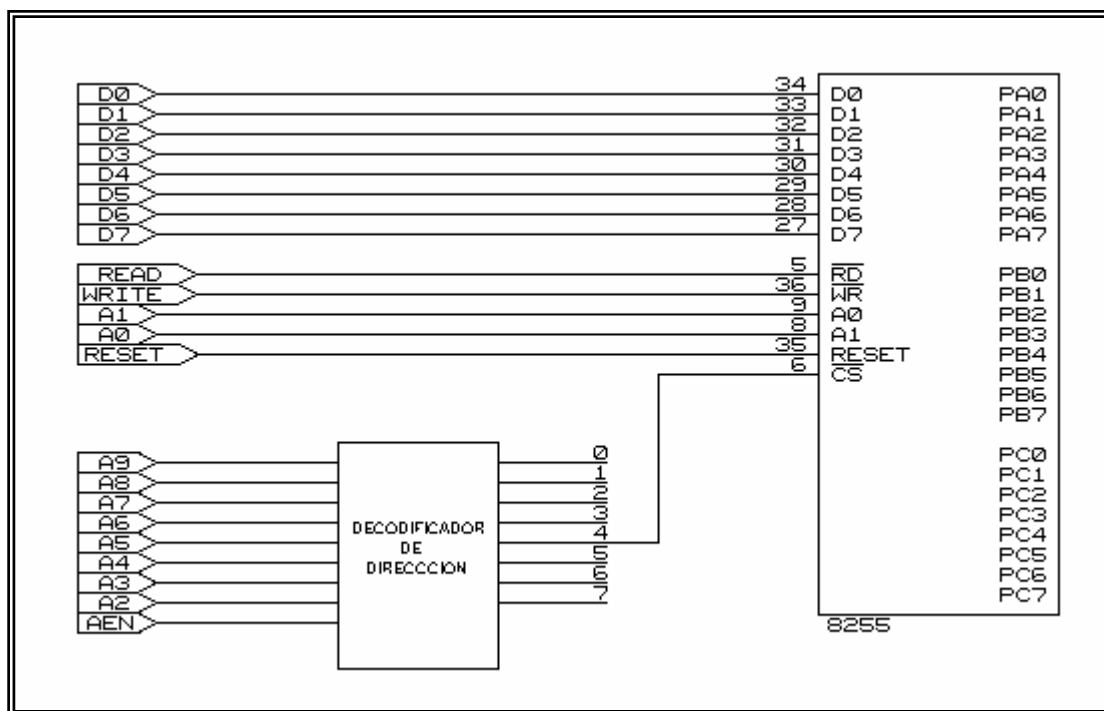


Figura 3.14 Conexión física completa del Circuito de E/S del 8255 y el bus de la PC del diagnosticador.

3.4.3 Diseño de circuitos electrónicos

Considerando principalmente las necesidades de entrada y salida digital de los módulos digitales PIU RELAY, PIU TRANSISTOR y PIU CONTACT, se realizó la siguiente distribución (ver tabla 3.13a):

- 14 entradas digitales tipo CMOS (+15V) que se conectan al bus de direcciones AD13-AD0 de los módulos digitales mencionados anteriormente.
- 8 señales digitales D7-D0 bidireccionales nivel CMOS que se conectan directamente al bus de datos de los módulos digitales.
- 4 señales de control nivel CMOS (R/W, STR, INT, ANALOG NBL) que se conectan a los módulos digitales.

Las señales anteriormente mencionadas van conectadas a un peine de 50 pines el cual es común en todos los módulos digitales.

Tabla 3.3a Interconexión entre el peine de los módulos PIU y los PPI 8255.

Descripción	Terminal módulo	PPI	Dirección
ADR0	13	PPI1B6	E
ADR1	14	PPI1B7	E
ADR2	15	PPI1C0	E
ADR3	16	PPI1A5	E
ADR4	17	PPI1B0	E
ADR5	18	PPI1B1	E
ADR6	19	PPI1B2	E
ADR7	20	PPI1B3	E
ADR8	21	PPI1B4	E
ADR9	22	PPI1B5	E
ADR10	23	PPI1A0	E
ADR11	24	PPI1A1	E
ADR12	25	PPI1A2	E
ADR13	26	PPI1A3	E
D0	27	PPI3C0	E/S
D1	28	PPI3C1	E/S
D2	29	PPI3C2	E/S
D3	30	PPI3C3	E/S
D4	31	PPI3C4	E/S
D5	32	PPI3C5	E/S
D6	33	PPI3C6	E/S
D7	34	PPI3C7	E/S
DIGITAL-NBL	35	PPI1A4	E
R/W	37	PPI1A6	E
STRB	38	PPI1A7	E
INT	41	PPI1C1	E

Donde:

Descripción es el nombre propio de la terminal.

Terminal módulo es el número de terminal a la cual va conectado el PPI. Se hace referencia a los CI 8255. Al hablar de PPI1A6 se hace referencia al primer 8255, al puerto “A” del mismo 8255 y el bit 6 del mismo puerto “A”.

Dirección. E (Entrada al módulo), E/S (Entrada/Salida), S (Salida).

En este módulo se utilizan los bits PPI1A0-PPI1A7, PPI1B0-PPI1B7, PPI1C0, PPI1C1 y PPI3C0- PPI3C7 **(26 bits en total)**.

Además se utilizan los bits PPI1C2 y PPI1C3 (**2 bits más**) para el control de la entrada y salida a través del puerto PPI3C. Cuando el valor del bit PPI1C2 sea 0 habilita la escritura a través de PPI3C y cuando el valor de PPI1C3 sea 0 se habilita la lectura a través de PPI3C.

- 16 señales digitales de entrada provenientes de los canales de salida módulo PIU Transistor. Tipo TTL.

Tabla 3.3b Conexión entre los PPI 8255 y los canales de salida del PIU transistor.

Descripción	Terminal	PPI	Dirección
CH0	4	PPI2B0	S
CH1	7	PPI2B1	S
CH2	10	PPI2B2	S
CH3	13	PPI2B3	S
CH4	16	PPI2B4	S
CH5	19	PPI2B5	S
CH6	22	PPI2B6	S
CH7	25	PPI2B7	S
CH8	30	PPI2C0	S
CH9	33	PPI2C1	S
CH10	36	PPI2C2	S
CH11	39	PPI2C3	S
CH12	42	PPI2C4	S
CH13	45	PPI2C5	S
CH14	48	PPI2C6	S
CH15	51	PPI2C7	S

Para este módulo se utilizan los bits PPI2B0-PPI2B7 y PPI2C0-PPI2C6 que en suma da un total de 16 bits.

- 16 entradas digitales provenientes del módulo PIU Relay.

En este módulo se utilizan los puertos PPI2A y PPI2B, pero como los bits del puerto PPI2A se contabilizan en la cuenta anterior solo se toman en cuenta los **8 bits** del puerto A(PPI2A0-PPI2A7). Además en este módulo cuyas salidas son relevadores se verifican ambos estados del relevador tanto el Normalmente Cerrado (NC), como el Normalmente Abierto (NA).

Tabla 3.3c Conexión entre los PPI 8255 y los canales de salida del PIU Relay.

Descripción	Terminal	PPI	Descripción	Terminal	PPI
CH0 NA	5	PPI2B3	CH8 NA	31	PPI2B2
CH0 NC	3	PPI2B1	CH8 NC	29	PPI2B0
CH1 NA	8	PPI2B7	CH9 NA	34	PPI2B6
CH1 NC	6	PPI2B5	CH9 NC	32	PPI2B4
CH2 NA	11	PPI2B4	CH10 NA	37	PPI2B5
CH2 NC	9	PPI2B6	CH10 NC	35	PPI2B7
CH3 NA	14	PPI2B0	CH11 NA	40	PPI2B1
CH3 NC	12	PPI2B2	CH11 NC	38	PPI2B3
CH4 NA	17	PPI2A2	CH12 NA	43	PPI2A2
CH4 NC	15	PPI2A0	CH12 NC	41	PPI2A0
CH5 NA	20	PPI2A6	CH13 NA	46	PPI2A6
CH5 NC	18	PPI2A4	CH13 NC	44	PPI2A4
CH6 NA	23	PPI2A5	CH14 NA	49	PPI2A5
CH6 NC	21	PPI2A7	CH14 NC	47	PPI2A7
CH7 NA	26	PPI2A1	CH15 NA	52	PPI2A1
CH7 NC	24	PPI2A3	CH15 NC	50	PPI2A3

- 16 salidas digitales tipo CMOS para el módulo PIU CONTACT.

Tabla 3.3d Conexión entre los PPI 8255 y los canales de entrada del PIU Contact.

Descripción	Terminal	PPI
CH0	3	PPI3A0
CH1	7	PPI3A1
CH2	9	PPI3A2
CH3	13	PPI3A3
CH4	15	PPI3A4
CH5	19	PPI3A5
CH6	21	PPI3A6
CH7	25	PPI3A7
CH8	29	PPI3B0
CH9	33	PPI3B1
CH10	35	PPI3B2
CH11	39	PPI3B3
CH12	41	PPI3B4
CH13	45	PPI3B5
CH14	47	PPI3B6
CH15	51	PPI3B7

Para este módulo se utilizan los 8 bits de los puertos PPI3A y PPI3B, cuya suma da un total de **16 bits**.

La sumatoria de todas estas señales da un total de **68 bits**. Para cubrir esta necesidad se recurre a 3 PPI 8255, cada PPI tiene 3 puertos (A, B y C) de 8 terminales, por lo que se tiene un total de 72 terminales ($8 \times 3 \times 3 = 72$) de las cuales 4 se reservan para el futuro.

Para configurar cada puerto del PPI como entrada o salida se recurre a la figura 3.12. Por ejemplo si se configuran todos los puertos como salida del PPI1 se debe recurrir a la siguiente palabra de control.

10000000b

Donde b indica un valor binario y 10000000b = 80h (h indica un valor hexadecimal). Esto se logra enviando a través de la dirección 02B3h (Ver tabla 3.4) el valor mencionado. Para ello primero se deben determinar las direcciones de los puertos que se van a utilizar.

Al utilizar el campo de dirección en este caso solo se utilizan los 10 bits más bajos para el direccionamiento. Otra cosa que se debe considerar es que el bit de direccionamiento A9, cuando está inactivo (nivel lógico de 0) no se puede leer datos en el bus del sistema, por lo tanto A9 debe ser 1 lógico.

3.4.3.1. Selección del direccionamiento de los puertos

De la dirección 0200 HEX a 03FA HEX, es el espacio de direccionamiento usado para decodificar las direcciones de los puertos. En este caso se propone la dirección 02B0 como la localidad de inicio de decodificación de los puertos. Con A7 a A0 se definen 16 direcciones definidas desde 2B0 HEX a 02BF HEX.

Debido a que se necesitan direccionar tres CI 8255, y basándose en las necesidades de los módulos a diagnosticar, se propuso el siguiente direccionamiento correspondiente de cada puerto:

Tabla 3.4 Direccionamiento de los puertos 8255.

Dirección hexadecimal	Chip seleccionado	Puerto direccionado
02B0	8255 (1)	Puerto PPI1A
02B1	8255 (1)	Puerto PPI1B
02B2	8255 (1)	Puerto PPI1C
02B3	8255 (1)	Palabra de Control PPI1
02B4	8255 (2)	Puerto PPI2A
02B5	8255 (2)	Puerto PPI2B
02B6	8255 (2)	Puerto PPI2C
02B7	8255 (2)	Palabra de Control PPI2
02B8	8255 (3)	Puerto PPI3A
02B9	8255 (3)	Puerto PPI3B
02BA	8255 (3)	Puerto PPI3C
02BB	8255 (3)	Palabra de Control PPI3

3.4.3.2 Decodificador de los puertos seleccionados.

Para direcciones desde la 2B0h a 2BBh, se observa que en este rango, el “2” y la “B” no cambian, por lo tanto, el valor de los bits de dirección, requerirán el siguiente formato:

A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
1	0	1	0	1	1	X	X	X	X

Donde (10b) = (2h); (1011b) = (Bh); y si las X's van desde (0000b) y hasta (1011) se tienen 12 direcciones.

El primer paso es la decodificación de esas direcciones, para este caso se usará el multiplexor 74LS138 (ver figura 3.15) cuya tabla de verdad es [Signetics, 1984]:

Tabla 3.5 Selección del multiplexor 74LS138

Inputs			Outputs									
Enable		Select										
G1	G2 (Note 8)	C	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
X	H	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H
H	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H
H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H
H	L	H	L	L	H	H	H	L	H	H	H	H
H	L	H	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H
H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	L	H	H
H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

H = High Level, L = Low Level, X = Don't Care
Note 8: G2 = G2A + G2B

Las salidas Y0, Y1 y Y2, seleccionarán el primero, segundo y tercer 8255 respectivamente (ver figura 3.15); y para la dirección B Hex que corresponde a los bits de dirección A7, A6, A5, A4, se hace uso de términos mínimos:

B Hex = 1011 en base 2

Tabla 3.6 Bits de la dirección B

A7	A6	A5	A4	FUNCIÓN
1	0	1	1	1

Una función booleana se puede expresar algebraicamente de una tabla de verdad al formar un término mínimo de cada combinación de variables que tiene el valor lógico de 1 en la función.

De la tabla 3.6 la expresión correspondiente será:

$$F1 = A7 A6' A5 A4$$

pero en nuestro caso se necesita que el valor de la función sea de 0 lógico (entrada G2 de la tabla 3.5), para la tabla 3.6 por lo tanto haciendo uso del complemento de la función booleana se tiene:

$$F1 = A7 A6' A5 A4$$

Se utiliza el 74LS20 [Signetics, 1984] para esta función (ver figura 3.15).

La figura 3.15 hace referencia al circuito decodificador:

3.4.4 Circuitos de Interfaz para los puertos del 8255

De la figura 3.1 se observa que para conectar módulos digitales PIU (para su posterior diagnóstico) a los puertos, es necesario emplear diversas interfaces. Dichas interfaces se describen a continuación.

3.4.4.1 Interfaz de TTL a CMOS

Para trabajar con circuitos CMOS como los que se tienen en los módulos digitales PIU Relay, PIU Transistor y PIU Contact cuyo voltaje de operación es mayor a VDD=5V, es necesario realizar un acoplamiento entre señales TTL y CMOS. Para este fin se utilizan los circuitos TTL de colector abierto con VOH igual o más grande que VDD. El 7417 [Signetics, 1984] es un manejador buffer con VOH máximo de 15 volts. Estos circuitos se usan con resistencias pull-up.

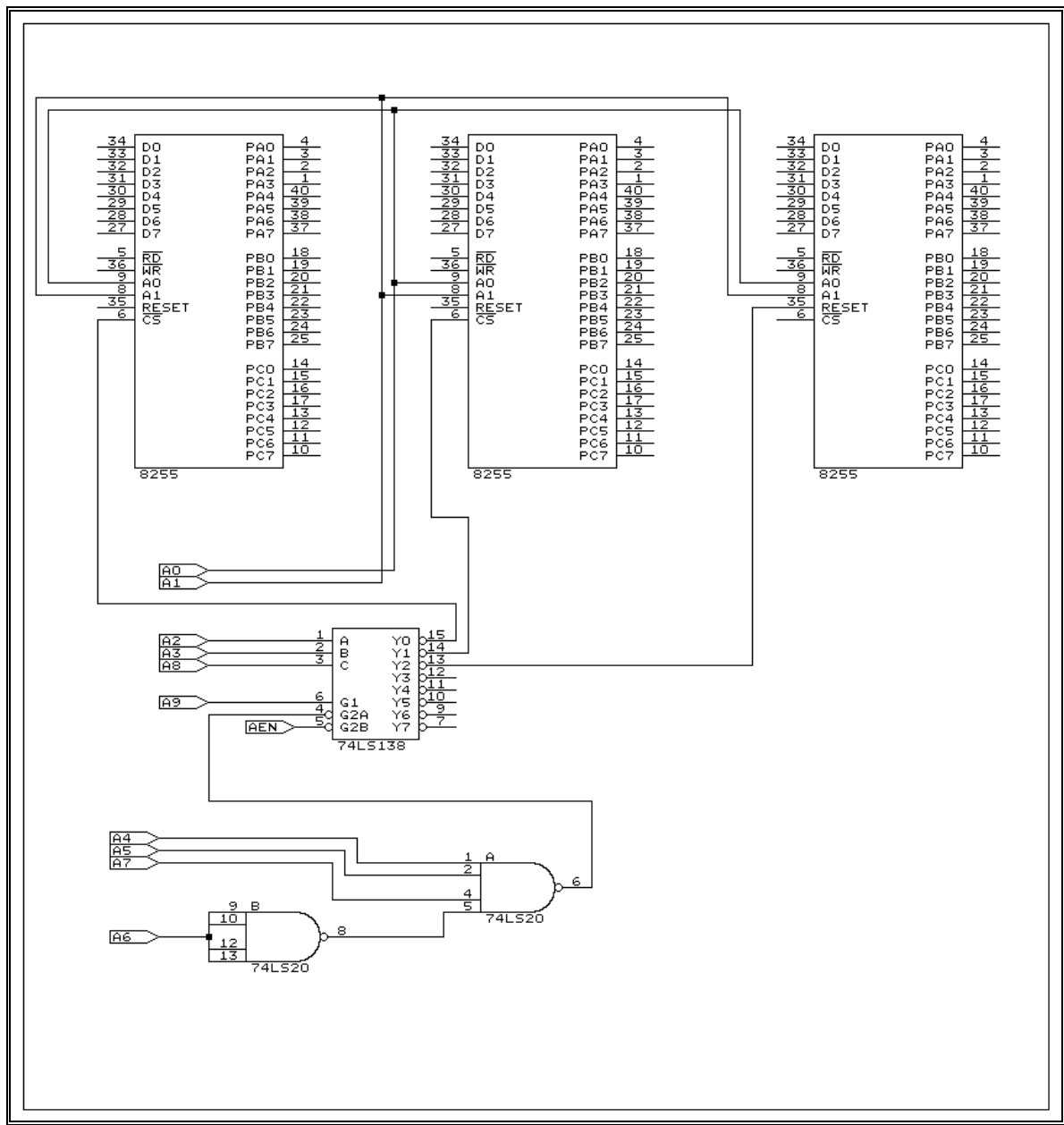


Figura 3.15 Lógica de dirección hacia los puertos.

Una resistencia pull-up con un valor mínimo resultará en una interfaz con el mínimo retardo de propagación t_{PLH} [Signetics, 1984]. Esto sin embargo es a costa de la potencia disipada en la resistencia y en el manejador. Una resistencia pull-up de valor más alto puede ser usada para reducir la potencia disipada, pero el t_{PLH} se incrementará.

En nuestro caso se necesita hacer la interfaz de TTL a CMOS con VDD de 10V. Por lo explicado anteriormente se hace la interfaz utilizando el 7417 y una resistencia pull-up de 10K. La figura 3.16 muestra la interfaz de TTL a CMOS.

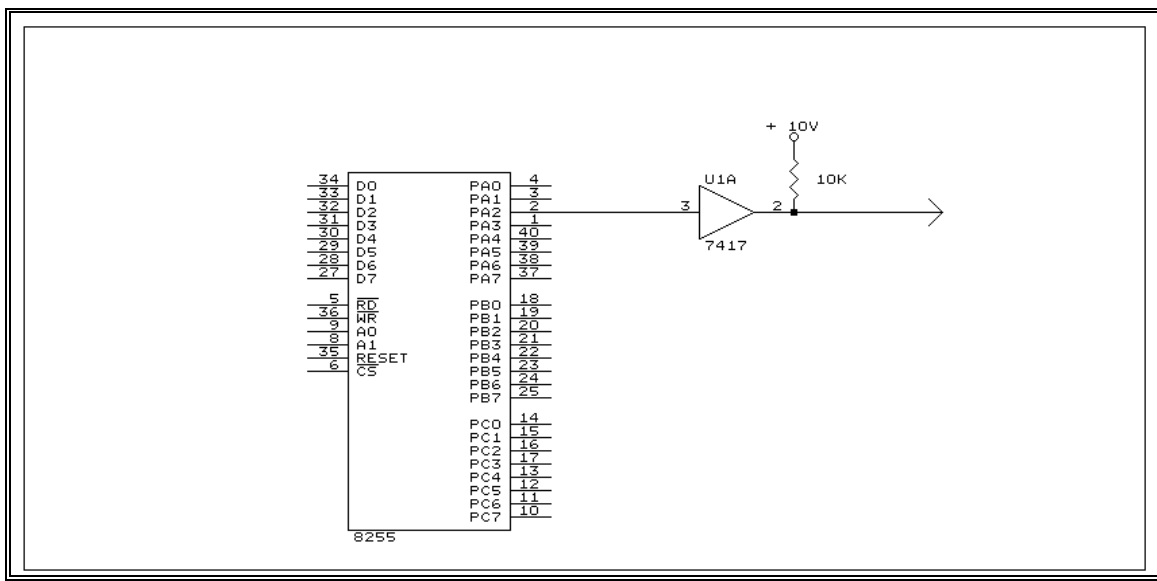


Figura 3.16 Interfaz TTL a CMOS.

3.4.4.2 Interfaz de TTL a CMOS con VDD de 5 Volts

Los circuitos CMOS operando con 5V de VDD requieren una resistencia pull-up para realizar la interfaz entre TTL y CMOS (Ver figura 3.17). La lógica TTL tiene un nivel VOL de 0.4 V máximo, por contraste el voltaje de entrada en nivel bajo de CMOS VIL es de 1.5 V máximo; el margen de ruido en el nivel 0 es de 1.1 Volts. La salida en el nivel alto de TTL no excede los 3.6 Volts, esto comparado con el voltaje de entrada mínimo de CMOS 3.5V, produce un margen de ruido en el nivel alto de solamente 0.1 volts. Por esta razón la resistencia se usa para conseguir que VIH esté cerca del valor de VDD. Por lo que de acuerdo a estas condiciones se propone una resistencia de 1KΩ.

3.4.4.3 Interfaz con salida con transistores

Por la necesidad de tener una salida que actúe como un interruptor electrónico en las entradas de los canales del módulo PIU Contact, se propone una salida del puerto acoplada a transistores; esto se hace por dos razones, la primera es por que estas salidas por transistor van a estar conectadas a entradas que están a un voltaje de 1 lógico permanente y solo se activan cuando estas entradas van a un 0 lógico. La segunda es por tener un control en la capacidad de manejo de la corriente de colector.

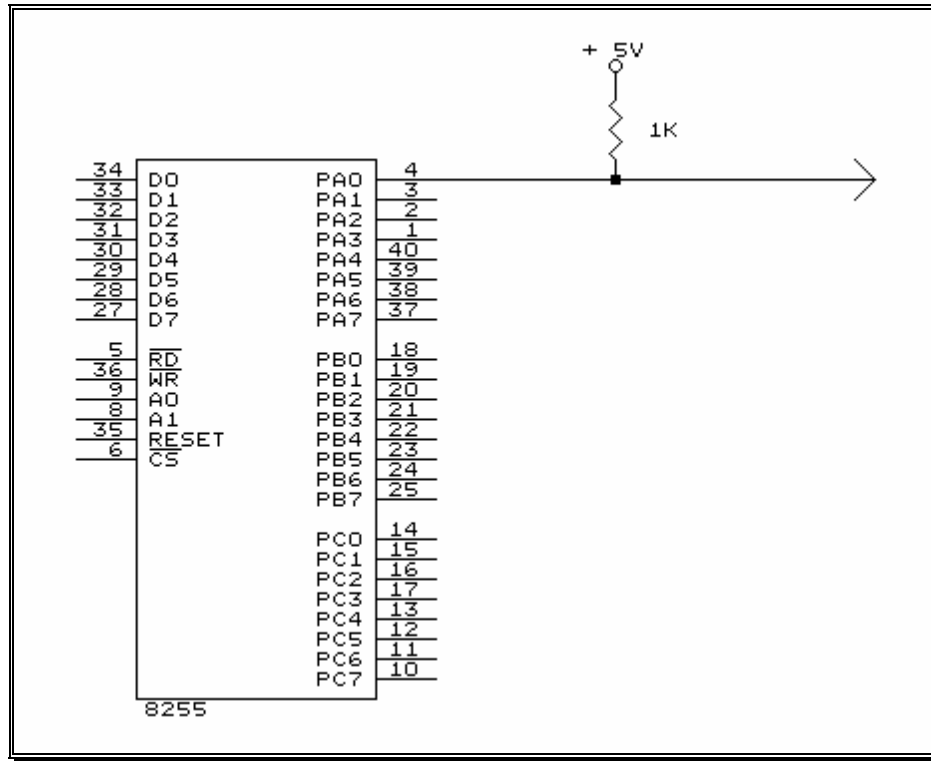


Figura 3.17 Interfaz TTL con CMOS VDD = 5 Volts.

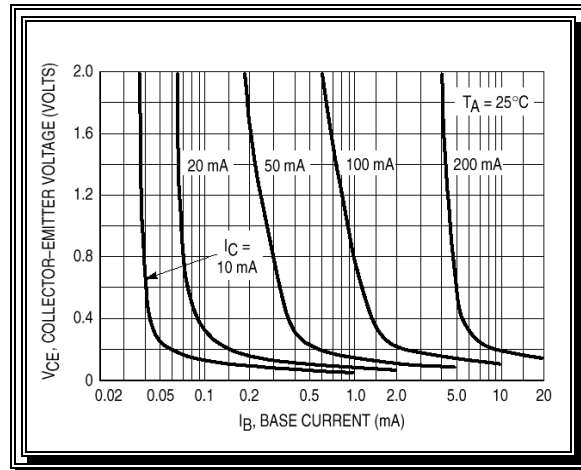


Figura 3.18 Región de saturación del transistor.

Tomando en cuenta la figura 3.18 se observa que a una corriente de base de 150uA en el transistor BC547 (2N3909), el voltaje Vce es de 0.2 volts y la corriente de colector de 10

mA. En base a esto, se propone una resistencia de $(0.2V/10\text{ mA})\ 22K\Omega$ la cual se observa en la figura 3.19.

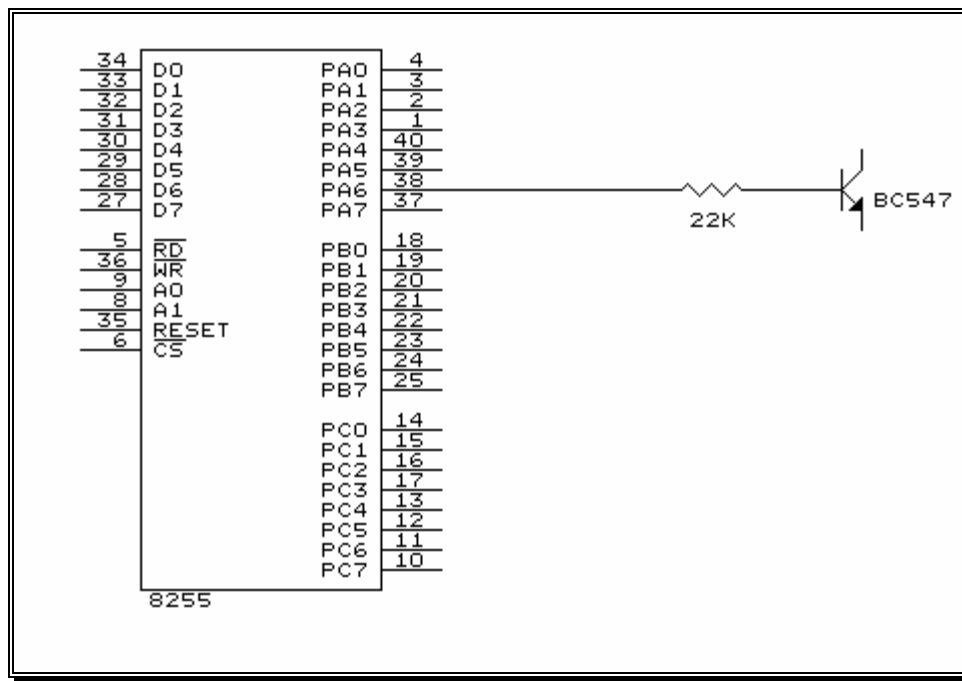


Figura 3.19 Salida de puerto por transistor.

3.4.4.4 Interfaz de CMOS a TTL

Con un voltaje mayor a 7V, la interfaz de CMOS a TTL permite leer las salidas de voltaje provenientes de los canales de los módulos PIU Transistor y PIU Relay; esto se puede realizar usando el buffer 4050 o el buffer inversor 4049 [Motorola, 1988]. Estos buffers tienen entradas que han sido modificadas para aceptar voltajes de entrada (V_{IH}) más grandes que su fuente de alimentación. Esto resulta en una conversión a nivel TTL con capacidad de manejar dos entradas TTL ($I_{OL} = 3.2\text{ mA}$) como se muestra en la figura 3.20.

El circuito TTL a manejar con el 4049 es un 74LS240 [Signetics, 1984] el cual es un buffer de tercer estado, el que está controlado por el puerto PPI1C (PC3) y este buffer a su vez se conecta al puerto PP13C (ver figura 3.21). Esto se realizó debido a que el puerto PPI3C se va a utilizar como puerto de entrada o salida.

3.4.4.5 Manejo y control de la salida de PPI3C

Como se mencionó anteriormente el PPI3C va a servir como puerto de entrada o salida; la salida de este puerto se conecta a un buffer de colector abierto (7417), el cual tiene una resistencia pull-up cuyo valor es de $1K\Omega$.

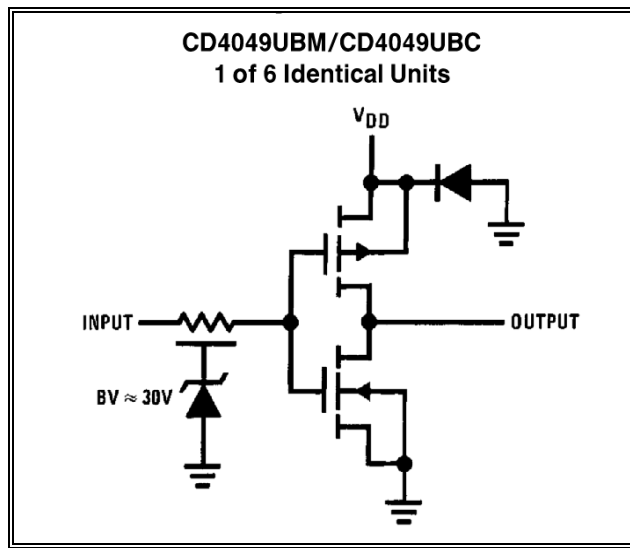


Figura 3.20 Buffer CMOS para la interfaz CMOS a TTL ($V_{DD} > 5\text{ V}$)

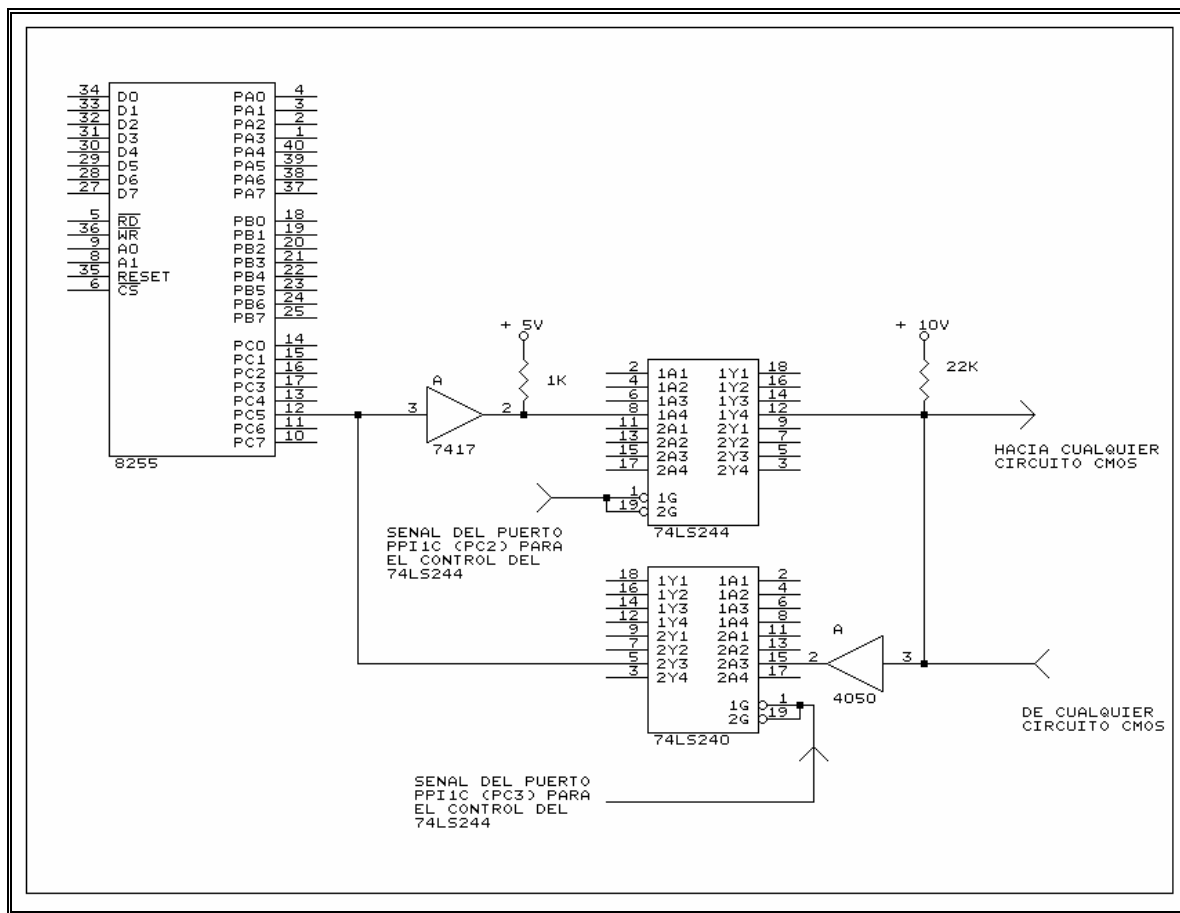


Figura 3.21 Interfaz de TTL a CMOS y CMOS a TTL.

Resumen

En este capítulo se hizo una descripción completa acerca del hardware el cual conforma nuestro diagnosticador. Se realizó una descripción de los componentes del mismo, como la PC, los módulos a probar la interfaz analógica, y la interfaz digital. Además se explicó el diseño de las tarjetas de interfaz digital y la de acondicionamiento de señales.

En el capítulo siguiente se cubren a fondo las pruebas necesarias para el diagnóstico de los módulos digitales (PIU's), así como el software de autodiagnóstico de la tarjeta de interfaz digital.

CAPÍTULO 4

SOFTWARE DE DIAGNÓSTICO APLICADO A MÓDULOS DIGITALES

En este capítulo se dirige la parte central del trabajo, ya que es aquí en donde se integra el desarrollo de los programas de diagnóstico utilizado por los módulos digitales PIU's.

En esta sección se describe la forma en la cual se diseñaron y desarrollaron los diagramas de flujo, utilizados para la elaboración de los programas de diagnóstico para los módulos digitales. Se explican paso a paso las etapas de diagnóstico basándose en las diferentes pruebas de las que consta el mismo.

Para la descripción de algunas etapas de diagnóstico, fue necesario utilizar diagramas electrónicos, con el objeto de hacer claro y flexible el diseño y desarrollo de las rutinas.

4.1 Pantalla principal y menú del Diagnosticador.

El software del diagnosticador se desarrolló y elaboró con la versión Turbo C 2.0 de Borland, teniendo como plataforma el sistema operativo DOS. Dicho software está organizado en módulos como se muestra en la figura 4.0.

Para ejecutar el programa principal de diagnóstico, se teclea desde la línea de comandos lo siguiente:

```
C:> Bendix.exe ↵ (Enter)
```

A continuación aparece el menú principal, como se muestra en la figura 4.1 en la cual se tienen las siguientes opciones:

AUTODIAGNÓSTICO: Se le realiza un diagnóstico a la interfaz digital, por medio del cual se verifica si la tarjeta funciona adecuadamente.

PIU RELAY, PIU CONTACT y PIU TRANSISTOR: Al seleccionar cualquiera de estas opciones, se realizan las rutinas de diagnóstico correspondientes a los módulos digitales.

VELOCIDAD, RTD TEMPERATURA y VIBRACION: Al seleccionar alguna de estas opciones, se realiza la rutina de diagnóstico a cada módulo analógico respectivamente.

SALIR: Se abandona el programa principal.

Todo el software de diagnóstico (como se menciona al principio de este punto) fue elaborado en lenguaje de programación “C”, eligiéndose este lenguaje por su flexibilidad y rapidez para recibir y enviar información en elementos electrónicos programables que faciliten el intercambio de datos entre los equipos y sus periféricos.

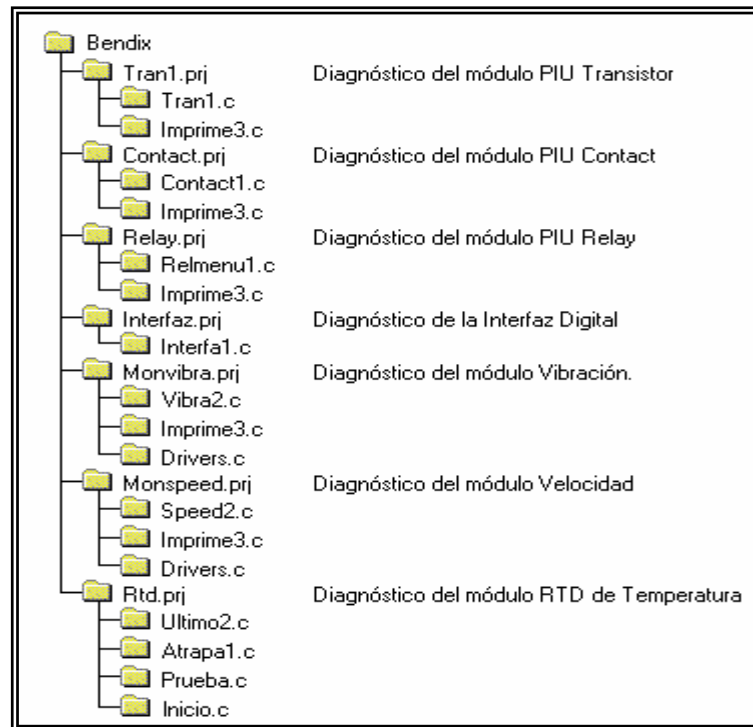


Figura 4.0 Software de diagnóstico.

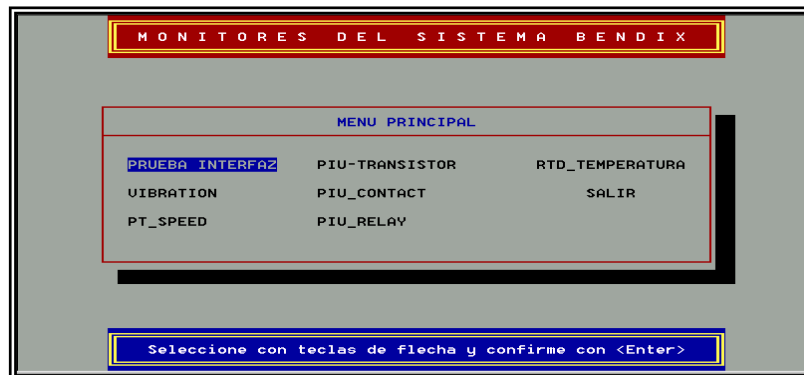


Figura 4.1 Pantalla principal del diagnosticador.

4.2 Autodiagnóstico de la Interfaz Digital.

Como se indicó al inicio de este capítulo, es importante verificar el correcto funcionamiento de la tarjeta de interfaz digital, ya que el funcionamiento óptimo de ella permitirá realizar el diagnóstico de los módulos digitales. El diagnóstico de esta interfaz consiste básicamente en generar señales de salida digitales en los CI 8255 (PPI), cuyo efecto se podrá ver en el encendido y/o apagado de los leds que se localizan en la parte frontal en el gabinete del diagnosticador. Cada led está asociado a una salida digital de los 8255. Para identificar cada salida se ha utilizado la siguiente nomenclatura.

PPIXA, PPIXB, PPIXC

PPI: Interfaz periférica programable 8255.

X: Número de 8255. La interfaz digital está formada por 3 8255. Cada 8255 contiene 3 puertos.

A, B y C: Puerto de bits. Cada puerto está formado por 8 bits, lo que da un total de 72 salidas digitales disponibles en el equipo, con su correspondiente salida luminosa (led).

4.2.1 Secuencia de diagnóstico.

Para verificar el funcionamiento de la interfaz digital es necesario realizar lo siguiente:

- a) Se selecciona del menú principal la opción de “AUTODIAGNOSTICO”, a continuación se presenta la pantalla siguiente:

Verificar que no exista Ningún módulo conectado al diagnosticador
Oprima <Return> para continuar

- b) Se activan las fuentes oprimiendo el botón MALF. A través este botón se encienden las fuentes de alimentación internas del diagnosticador. Una vez realizado esto se pregunta al usuario lo siguiente:

Activar fuentes con botón MALF Encendieron leds de fuentes ¿ S/N ?

Si la respuesta a la pregunta anterior fue negativa, se presenta la pantalla siguiente:

! VERIFIQUE LAS FUENTES !

Pulse <Return> para Salir

Si no existen problemas con las fuentes, se procede a realizar la prueba de los puertos digitales de la interfaz.

4.2.2 Procedimiento para la prueba I.

Se configuran los puertos 1, 2 y 3 como salidas (Ver figura 3.13 configuración de puertos en el capítulo 3). Se envían por PP1A, PP1B y PP1C un '1', lo cual provoca que los leds asociados a cada bit se apaguen. A continuación se pregunta al usuario lo siguiente:

DIAGNOSTICO DE LA INTERFAZ

PRUEBA DEL PUERTO 1

¿Los leds de las filas 1A,1B y 1C (2 leds) están
apagados? S/N

Si la respuesta es afirmativa, mediante el programa de diagnóstico se procede a encender los leds que se apagaron en la prueba anterior enviando '0' por PP1A, PP1B y PP1C. Una vez realizado esto se formula la pregunta siguiente:

DIAGNOSTICO DE LA INTERFAZ

PRUEBA DEL PUERTO 1

¿Los leds de las filas 1^a,1B y 1C (2 leds) están prendidos? (S/N)

Esta secuencia se repite para los dos CI 8255 restantes. Si existe una falla en alguno de los bits, se debe sustituir el elemento dañado.

Si la tarjeta no presentó ninguna falla, el equipo se encuentra LISTO para el diagnóstico de los módulos digitales.

4.3 Diagnóstico del módulo PIU RELAY.

El módulo PIU Relay es una tarjeta de tipo digital, su arquitectura está formada por 16 canales con salidas de relevador (Relays). Este módulo como se mencionó en el capítulo 1, está conectado a un microprocesador llamado PIU Controller. El módulo se comunica con el PIU Controller a través de un bus de direcciones, un bus de control y un bus de datos. Generalmente un PIU Controller admite hasta 16 módulos PIU conectados, incluyendo a los modelos PIU Transistor y PIU Relay.

A través del PIU Relay se activan varios dispositivos de campo, utilizando la salida tipo relevador.

Para que el módulo PIU Controller distinga dentro de sus rutinas de control a los módulos digitales, se configura a cada uno de ellos mediante un switch de 16 posiciones (0 –15).

A continuación se muestra en la figura 4.2 un diagrama a bloques del módulo PIU RELAY y se explica brevemente su funcionamiento. La figura nos muestra las siguientes líneas de entrada y/o salida:

D0 – D7 Bus de datos bidireccional.

A0 – A13 Bus de direcciones.

CH0 – CH15 Salidas tipo relevador del módulo PIU Relay.

R/W, STRB, DIGITAL NBL Señales de control.

Además el módulo PIU Relay está compuesto de 5 bloques, para su diagnóstico se analiza el funcionamiento de cada uno de ellos de la forma siguiente.

1) Selección del switch.

De la figura 4.3, se tiene un bloque con un switch de 16 posiciones, este switch en realidad genera cuatro valores digitales, los cuales se denominan grupo “B” (B3, B2, B1 y B0); estas señales al igual que las entradas de este bloque A13, A12, A11 y A10 (las cuales están asociadas con A3, A2, A1 y A0 llamado grupo “A”), están conectadas a un comparador de 4 bits 4585. Cada señal del grupo “A” se compara contra su similar en el grupo “B”. Si cada bit del grupo “A” es igual a su contraparte en el grupo “B”, el comparador genera en su salida un valor digital ‘1’, lo cual se verá reflejado en la salida SW de este bloque.

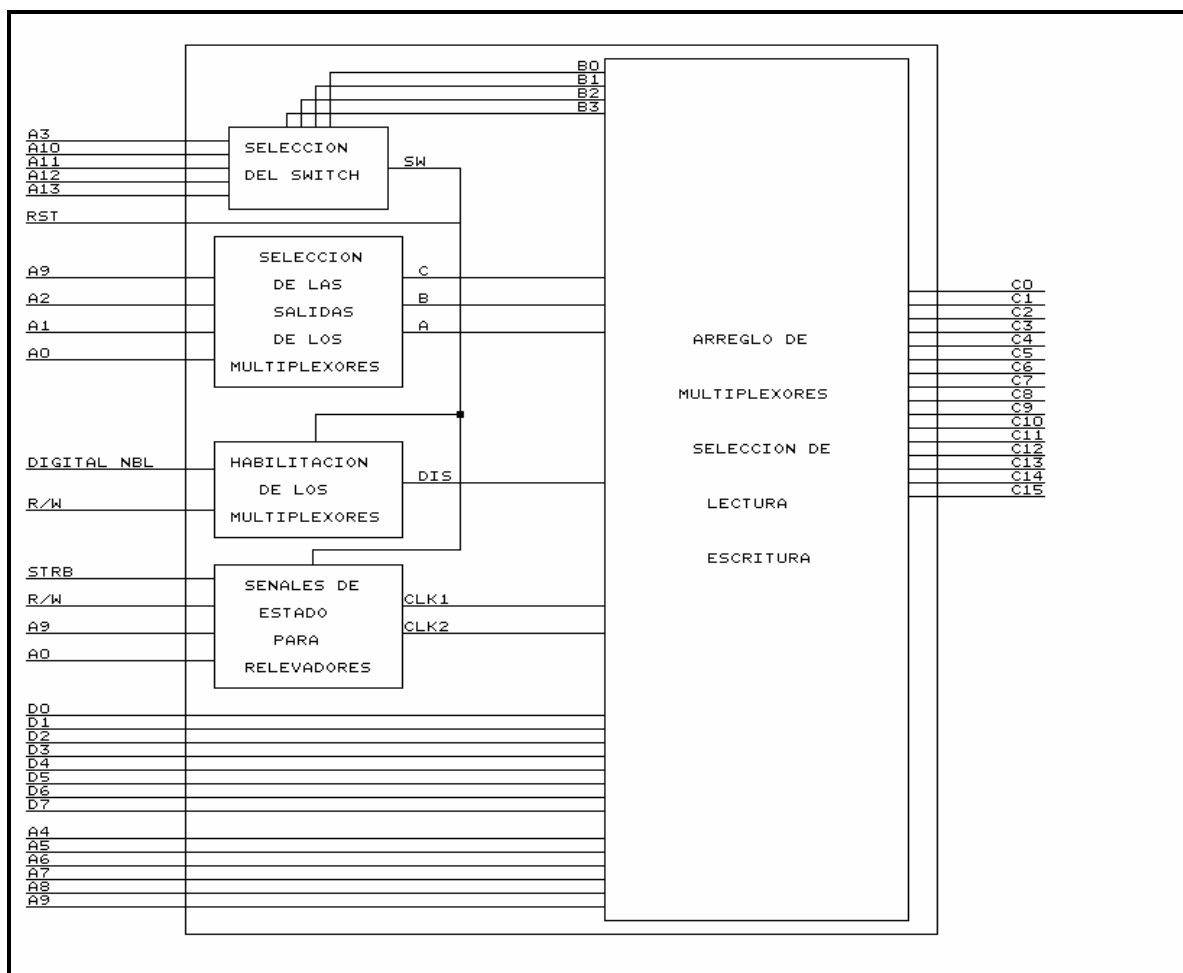


Figura 4.2 Diagrama a bloques del módulo PIU RELAY.

Tabla 4.1 Selección del switch

SWITCH	A13	A12	A11	A10	A3	SWITCH	A13	A12	A11	A10	A3
0	0	0	0	0	0	8	1	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	9	1	0	0	1	0
2	0	0	1	0	0	10	1	0	1	0	0
3	0	0	1	1	0	11	1	0	1	1	0
4	0	1	0	0	0	12	1	1	0	0	0
5	0	1	0	1	0	13	1	1	0	1	0
6	0	1	1	0	0	14	1	1	1	0	0
7	0	1	1	1	0	15	1	1	1	1	0

Por ejemplo, si el módulo está configurado internamente en la posición 7 (ver tabla 4.1), se debe enviar el valor 01110, a través de las líneas A13, A12, A11, A10 Y A3 para que a la salida SW del comparador se tenga un valor digital '1', el cual indica que la palabra que se ha enviado es la correcta.

2) Habilitación de los multiplexores.

Como se observa en la figura 4.2 del módulo se tiene un arreglo de multiplexores 4512, el cual es habilitado o deshabilitado a través de la señal DIS. Para habilitarlo se necesita que DIS tenga un nivel de entrada '0', lo cual se logra por medio de las señales DIGITAL NBL, SW y R/W (Ver figura 4.4). Este arreglo de señales se muestra en la tabla 4.2.

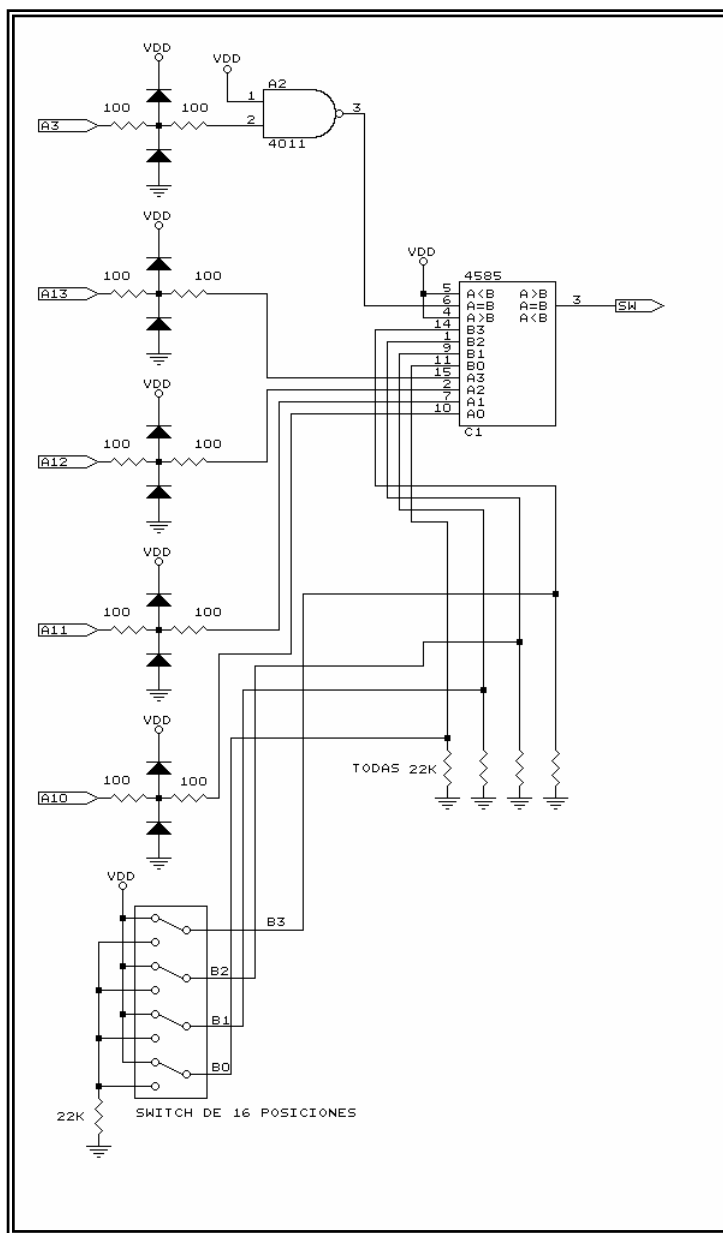


Figura 4.3 Bloque Selección del switch.

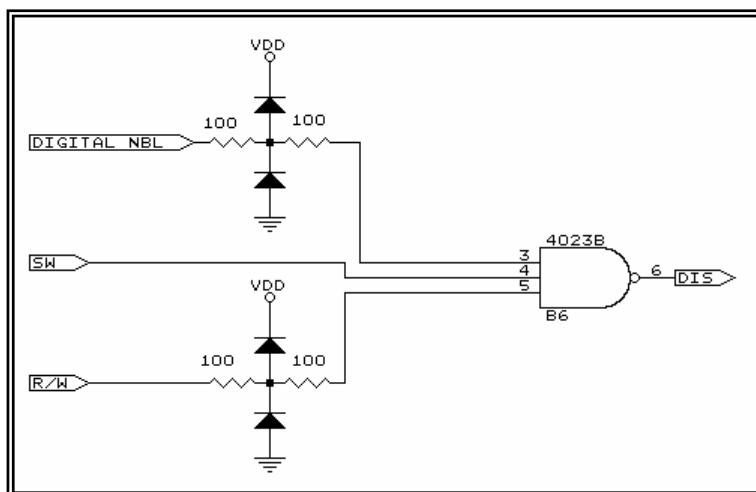


Figura 4.4 Habilitación de los multiplexores.

Tabla 4.2 Habilitación de los multiplexores.

ENTRADAS			SALIDAS
DIGITAL NBL	SW	R/W	DIS
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

Como se observa en esta tabla, la salida DIS, solo habilitará (DIS = 0) cuando todas las entradas al bloque “HABILITACION DE LOS MULTIPLEXORES” son ‘1’.

3) Selección de las salidas de los multiplexores.

Volviendo de nuevo al diagrama del módulo, tres entradas de selección del arreglo de multiplexores cuyos nombres son A, B y C son producidas por un circuito lógico formado por varias compuertas cuyas entradas son las señales A9, A2, A1 y A0 (ver figura 4.5), para este arreglo se presenta la tabla 4.3.

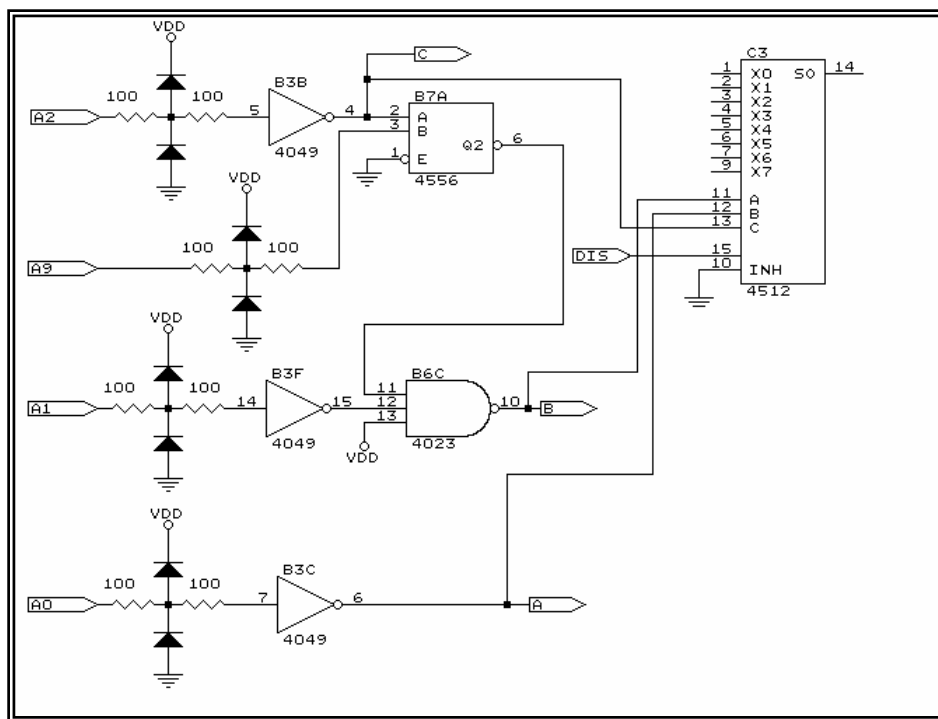


Figura 4.5 Selección de las salidas de los multiplexores.

Tabla 4.3 Selección de las salidas de los multiplexores

ENTRADAS				SALIDAS			SELECCION
A9	A2	A1	A0	C	B	A	
0	0	0	0	0	0	0	X0
0	0	0	1	0	0	1	X1
0	0	1	0	0	1	0	X2
0	0	1	1	0	1	1	X3
0	1	0	0	1	0	0	X4
0	1	0	1	1	0	1	X5
0	1	1	0	1	1	0	X6
0	1	1	1	1	1	1	X7
1	0	0	0	0	0	0	X0
1	0	0	1	0	0	1	X1
1	0	1	0	0	1	0	X2
1	0	1	1	0	1	1	X3
1	1	0	0	1	1	0	X6
1	1	0	1	1	1	1	X7
1	1	1	0	1	1	0	X6
1	1	1	1	1	1	1	X7

Las señales C, B y A son entradas de selección para el arreglo de multiplexores 4512, el cual se observa en el diagrama eléctrico del módulo.

Una vez seleccionado el canal, se pueden realizar las lecturas siguientes:

Tabla 4.4 Lecturas y escrituras realizadas al seleccionar la salida de los multiplexores.

SELECCION	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
X0	1	0	0	1	B3	B2	B1	B0
X1	0	0	A9	A8	A7	A6	A5	A4
X2	1	1	0	1	0	0	0	0
X3	1	0	0	0	0	0	0	0
X4	0	0	0	0	0	0	0	0
X5	CH7	CH6	CH5	CH4	CH3	CH2	CH1	CH0
X6	0	0	0	0	0	0	0	1
X7	CH15	CH14	CH13	CH12	CH11	CH10	CH9	CH8

De la tabla anterior se observa lo siguiente:

En el caso de seleccionar X0 se podrá leer la posición del switch mediante los bits D3, D2, D1 y D0. Debido a que si SW=1 entonces el valor digital proporcionado por los bits A13, A12, A11 y A10 será equivalente al valor digital entregado por el switch de 16 posiciones (B0, B1, B2 y B3).

Si la selección es X1, se podrá leer el estado de las líneas de dirección A9, A8, A7, A6, A5 y A4.

Si la selección es X2, X3, X4 o X6 se observa que tienen valores fijos, por ejemplo de la tabla anterior se tiene que al seleccionar X2 la salida es D0h, seleccionando X3 es 80h, para X4 es 00h y para X6 es 01h.

Al seleccionar X5, se podrá fijar el estado de los relevadores de los canales CH7 a CH0, a través de D7 – D0.

Y finalmente el estado de los canales CH8 – CH15, se podrá modificar si se selecciona la salida X7 de los multiplexores 4512 (Ver figura 4.6).

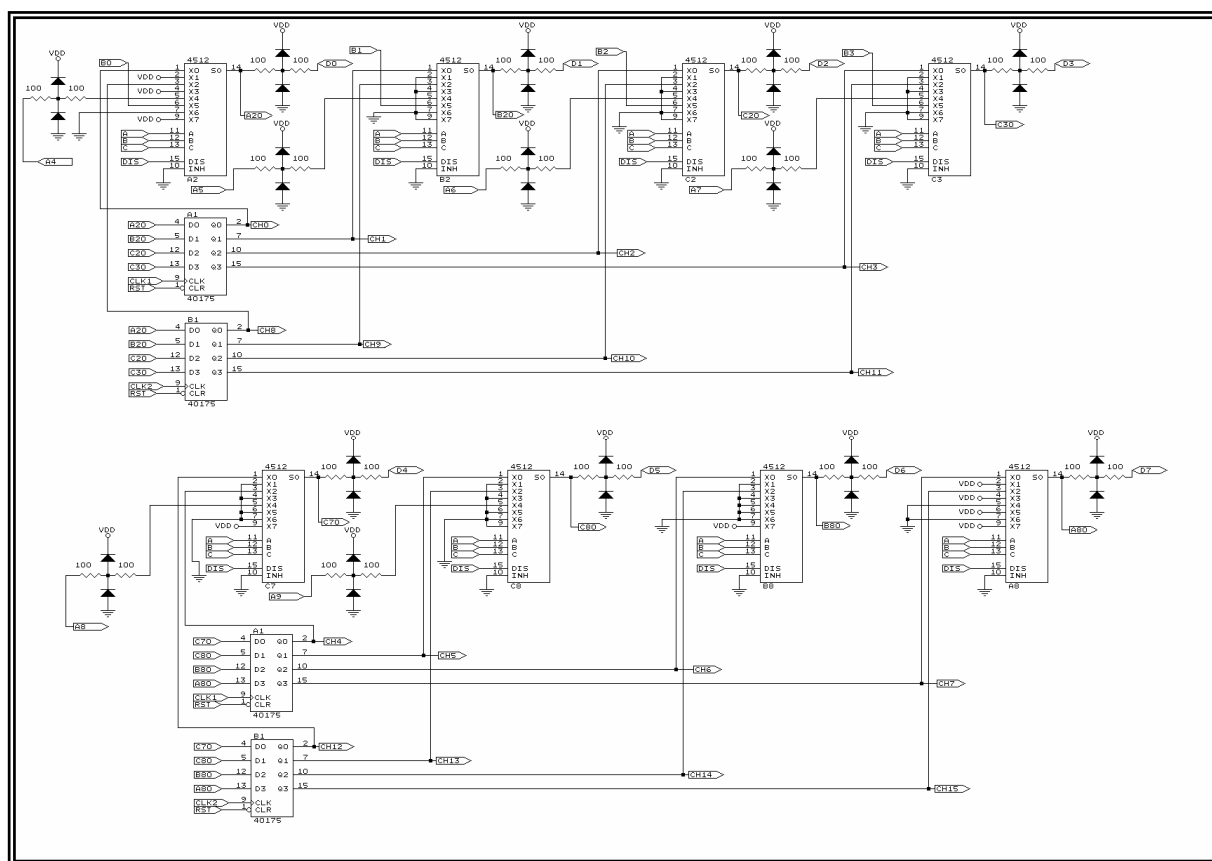


Figura 4.6 Lecturas y escrituras realizadas al seleccionar la salida de los multiplexores.

4) Señales de estado para los relevadores.

Estas señales se utilizan para el control de los CI 40175 que se muestran en la figura 4.6 y cuya lógica de control se desprende de la figura 4.7, y se representa en la tabla 4.5.

Por medio de los CI 40175, se controla la lectura y/o escritura hacia los canales de salida (relevadores). La señal CLK1 controla los canales CH0 – CH7 y CLK2 los canales CH8 – CH15. Al aplicar la señal RST (Ver figura 4.6) todos los relevadores regresan a su posición inicial.

Tabla 4.5 Generación de las señales de estado para los relevadores.

SW	STRB	R/W	A9	A0	CLK1	CLK2
1	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	1	0
1	1	0	1	0	0	0
1	1	0	1	1	0	1

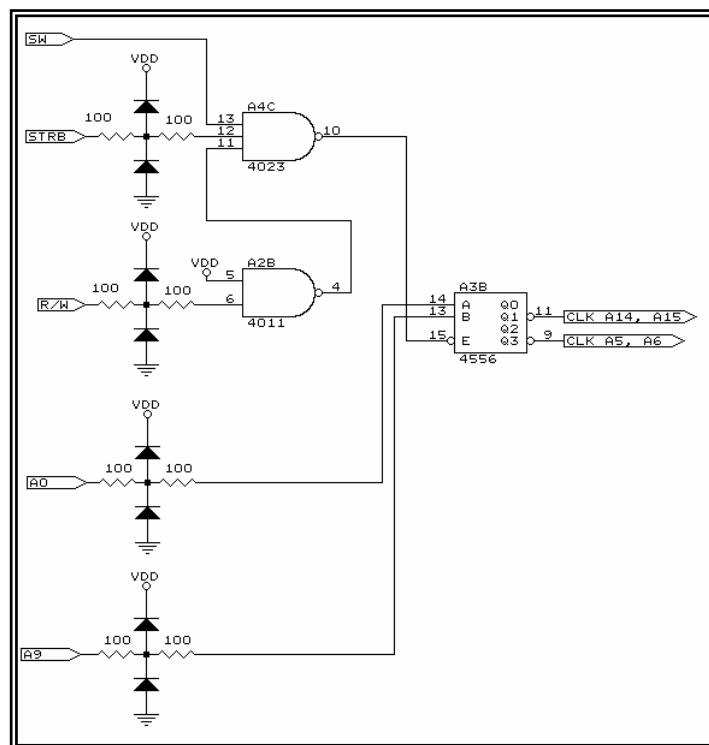


Figura 4.7 Señales de estado para los relevadores.

5) Arreglo de multiplexores (Selección de Lectura Escritura)

Una vez seleccionada la salida de los multiplexores se podrán realizar varios tipos de lectura dependiendo de la salida seleccionada. Las más importantes son las salidas de estado de los relevadores mediante la selección de X5 y X7 además de la lectura de la posición del switch mediante X1.

Como se indicó en la sección anterior, el programa fuente fue escrito en lenguaje “C”, su nombre es **relay.c**, el listado se encuentra en el apéndice “B”. Las pruebas que lo integran son las siguientes:

I.- Verificación de la alimentación.

Al energizarse el módulo se le pregunta al usuario si los leds FUENTES localizados en la parte frontal del diagnosticador, se encuentran encendidos. Si la respuesta es "S" significa que no existe un corto interno en el módulo PIU RELAY y se procede con su diagnóstico.

II.- Verificación de la posición del switch.

Se envían a través de las líneas A13, A12, A11 y A10 cuatro valores digitales, los cuales se comparan con un grupo de bits a los que se identifican como B3, B2, B1 y B0 proporcionados por un switch interno de 4 bits (Ver figura 4.3) a través del CI 4585 del

módulo. Si al comparar ambas palabras son iguales entonces se tiene a la salida del bus de datos D7 - D0 el valor de la posición del switch.

III.- Prueba de la salida X1 de los multiplexores 4512.

Al seleccionar la salida X1 del arreglo de multiplexores 4512, se debe leer el valor digital indicado en la tabla 4.8.

IV.- Prueba de la salida X4 de los multiplexores 4512.

Es similar a la prueba anterior, solo que ahora se selecciona la salida X4 de los multiplexores.

V.- Prueba de la salida X6 de los multiplexores 4512.

Se vuelve a repetir la prueba 3, ahora para la salida X6.

VI.- Verificación de los canales CH0 - CH7 (Prueba de la habilitación de los relevadores pertenecientes a los canales 0 a 7).

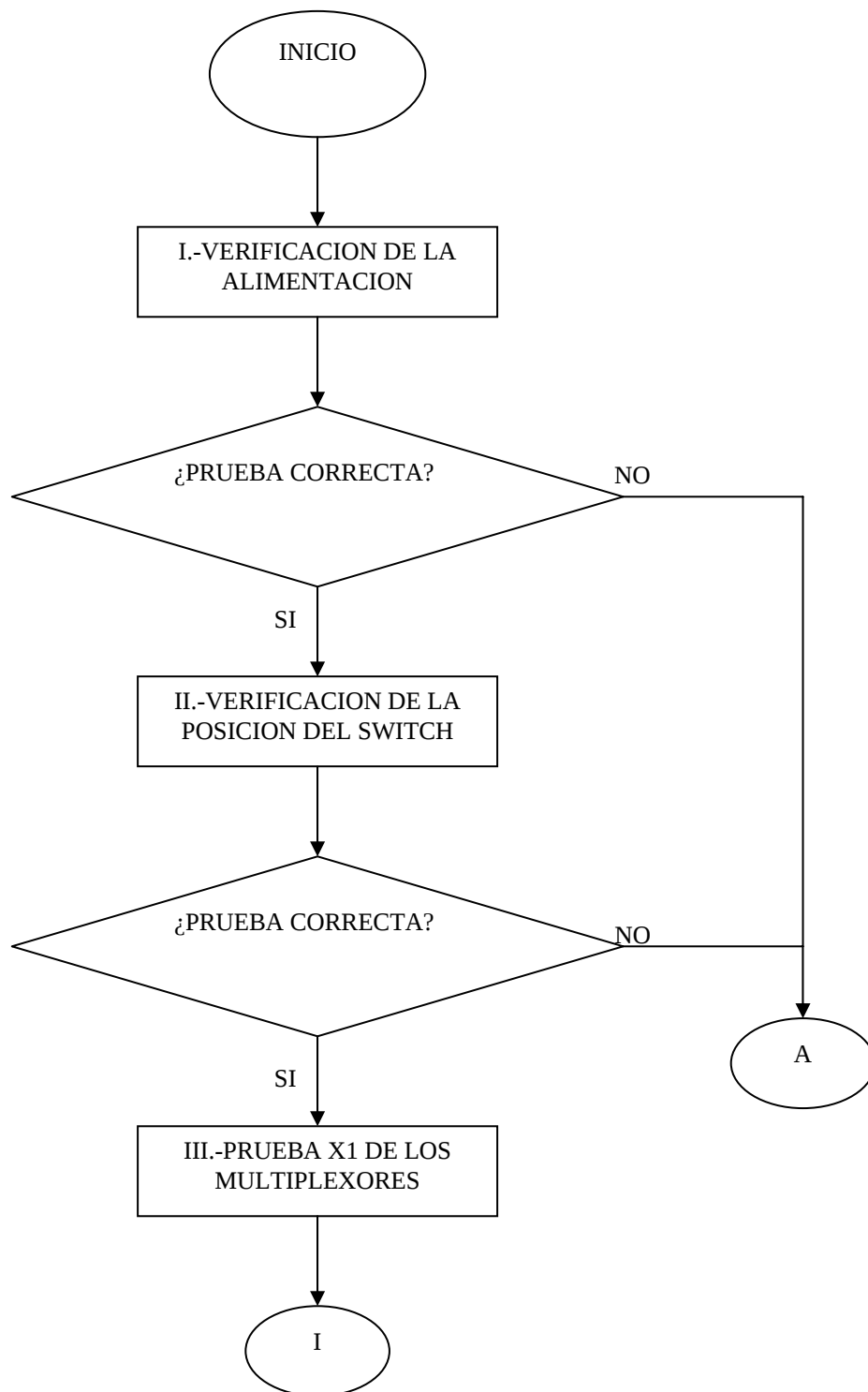
Se colocan '0's lógicos en las entradas de los FLIP-FLOPS 40175, a través del bus de datos D7 - D0. A continuación se habilitan los FLIP-FLOPS a través de la señal CLK1, generada mediante el CI 4556. A las salidas de los multiplexores se encuentran conectados los transistores que controlan los relevadores y cuyo estado se verifica a través de la salida X5 de los multiplexores 4512 en forma de '0's lógicos.

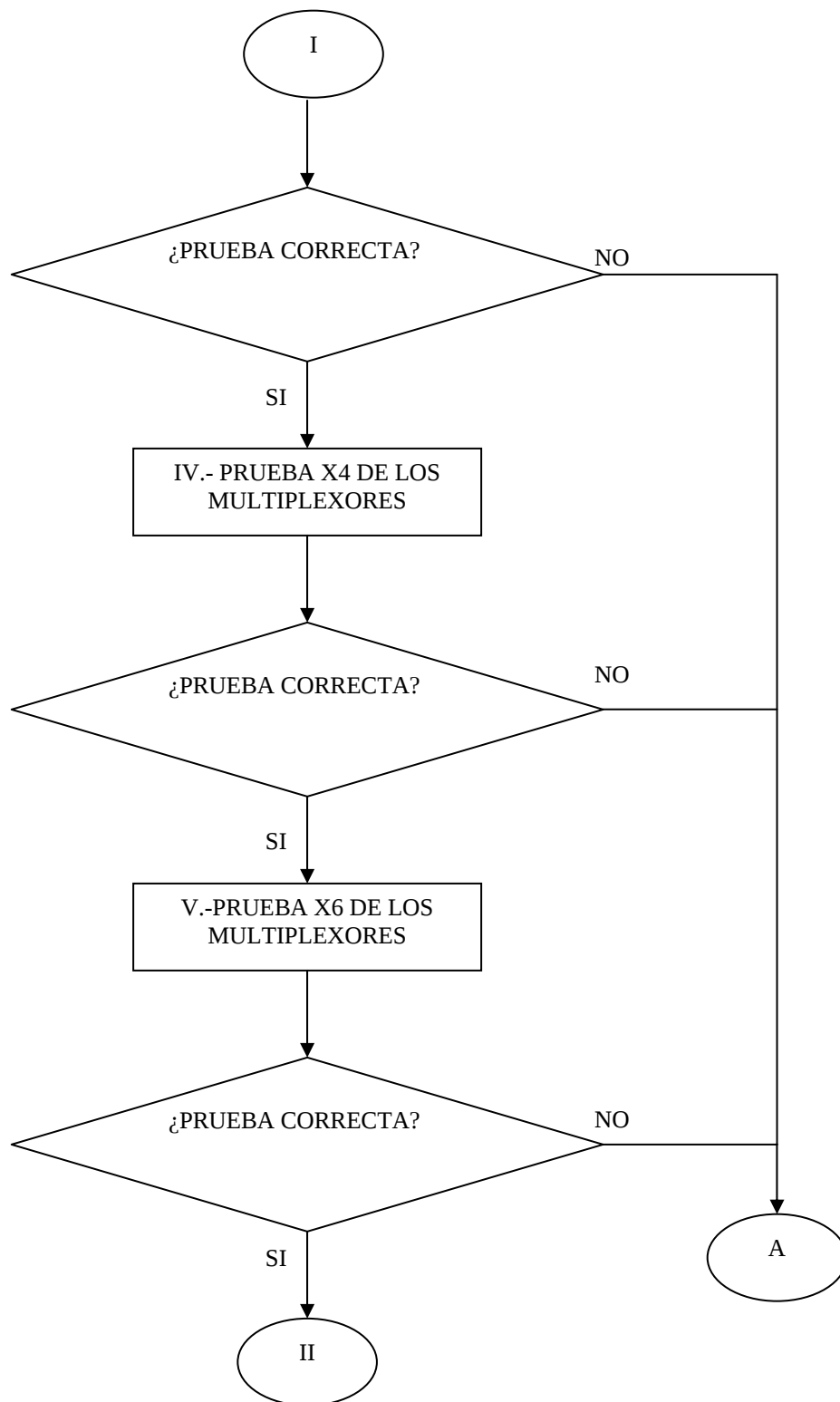
VII.- Verificación de los canales CH8 - CH15 (Prueba de la habilitación de los relevadores pertenecientes a los canales 8 a 15).

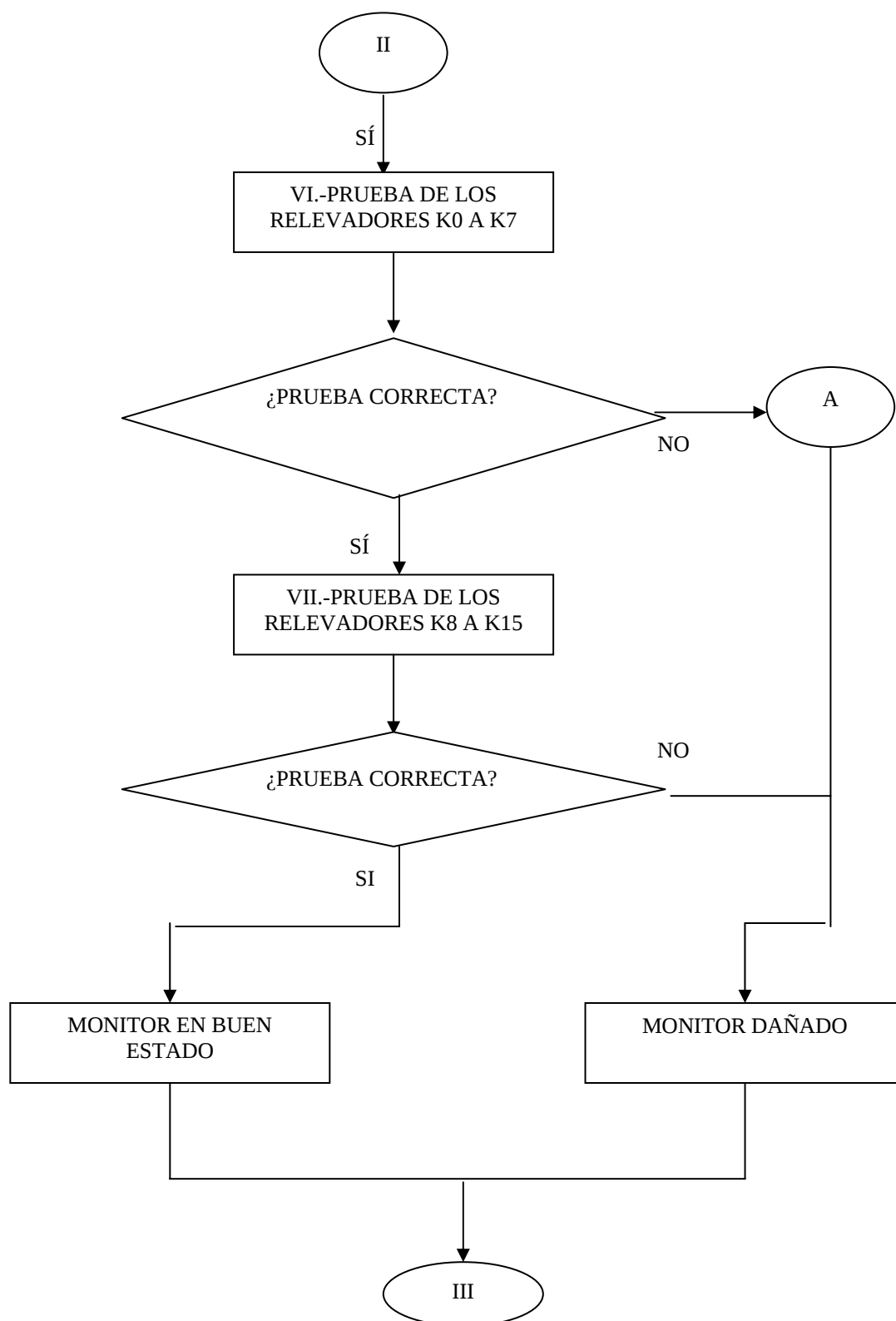
Se repite la prueba anterior, solo que ahora para los canales CH8 - CH15 del módulo. Las lecturas se realizan seleccionando la salida X7 de los multiplexores 4512.

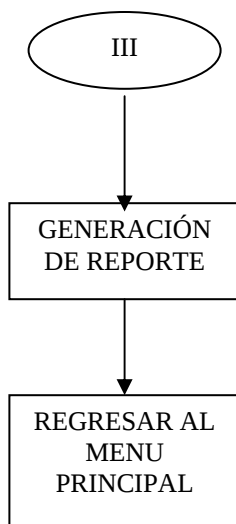
Las siete pruebas descritas anteriormente, se explican a detalle en los puntos 4.3.1 a 4.3.7. Estas pruebas también se muestran en el diagrama de flujo del diagnóstico del módulo PIU RELAY que se indica a continuación.

Diagrama de flujo del módulo de PIU RELAY.









Secuencia de diagnóstico.

La secuencia de diagnóstico que se muestra a continuación, proporciona una descripción más detallada de las pruebas, además de mostrar pantalla a pantalla cada una de ellas.

4.3.1 Procedimiento para la prueba I (Verificación de la alimentación).

Para realizar la prueba, se le indica al usuario la pregunta siguiente:

**** VERIFICACION DE ALIMENTACION ****

ESTÁN ENCENDIDOS LOS LEDS FUENTES ?

S / N

Si la respuesta fue “S”, el programa pasa a la segunda prueba. Esto significa que el módulo no tiene ningún corto interno.

4.3.2 Procedimiento para la prueba II (Prueba de la posición del switch).

Para esta prueba el programa de diagnóstico, presenta la pantalla siguiente:

**** VERIFICANDO LA POSICIÓN DEL SWITCH ****

ESPERE UN MOMENTO

Considerando que el módulo se encuentra configurado para la posición “3”, se envían los datos siguientes (ver tabla 4.1). Con ello se logra que el comparador 4585 del módulo se habilite, es decir se tiene un valor lógico 1 en su salida SW.

SWITCH	ENTRADAS					SALIDA
	A13	A12	A11	A10	A3	SW
3	0	0	1	1	0	1

Una vez activado el comparador, se necesita habilitar los multiplexores mediante la terminal DIS, en la que se debe tener un valor lógico ‘0’, para realizar esto se recurre a la tabla 4.2, la cual indica que se envíe la señalización siguiente:

ENTRADAS			SALIDAS
DIGITAL NBL	SW	R/W	DIS
1	1	1	0

Para verificar que la posición del switch es la correcta, se debe leer el estado de los bits A13, A12, A11 y A10, para ello se selecciona la salida X0 de los multiplexores (Ver tabla 4.3). Es por esto que se envían los datos siguientes:

ENTRADAS				SALIDAS			SELECCION
A9	A2	A1	A0	C	B	A	
0	0	0	0	0	0	0	X0

Debido a que el módulo está configurado para la posición 3, se tiene el valor digital siguiente (Tabla 4.4):

SELECCION	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
X0	1	0	0	1	B3 0	B2 0	B1 1	B0 1

De la cual se filtra el valor de los bits D3, D2, D1 y D0.

Si los datos obtenidos en los bits anteriores corresponden a la posición del switch, se presenta la pantalla siguiente:

**** VERIFICANDO LA POSICIÓN DEL SWITCH ****

La posición del switch es: 03

Presione <Return> para continuar

4.3.3 Procedimiento para la prueba III (Prueba de la salida X1 de los multiplexores 4512).

Para indicar esta prueba, se desplegará la pantalla siguiente:

**** PRUEBA DE X1 DE LOS MULTIPLEXORES ****

ESPERE UN MOMENTO

Se mantienen las condiciones de la prueba anterior, a excepción de lo siguiente:

- a) Se envían en las salidas A9, A8, A7, A6, A5 y A4, un valor digital '1'.
- b) Se cambia la selección de los multiplexores de X0 a X1, para ello se envía el siguiente valor digital (ver tabla 4.3).

ENTRADAS				SALIDAS			SELECCION
A9	A2	A1	A0	C	B	A	
1	0	0	1	0	0	1	X1

Una vez seleccionado X1, se procede a realizar una lectura digital a través del bus de datos D7 – D0. Esta lectura debe ser de acuerdo a la tabla 4.4, la siguiente:

SELECCION	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
X1	0	0	A9 1	A8 1	A7 1	A6 1	A5 1	A4 1

Si la prueba es correcta se pasa a la prueba IV, en caso contrario se muestra un mensaje de error y el programa regresa al menú principal.

4.3.4 Procedimiento para la prueba IV (Prueba de la salida X4 de los multiplexores 4512).

Para esta prueba el programa de diagnóstico genera la pantalla siguiente:

**** PRUEBA DE X4 DE LOS MULTIPLEXORES ****

ESPERE UN MOMENTO

Se cambia la selección de salida de los multiplexores de X1 a X4, para realizar esto se envían los datos siguientes (Tabla 4.3):

ENTRADAS				SALIDAS			SELECCION
A9	A2	A1	A0	C	B	A	
0	1	0	0	1	0	0	X4

Una vez realizado esto, se verifica que la lectura en el bus de datos sea la siguiente (Tabla 4.4):

SELECCION	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
X4	0	0	0	0	0	0	0	0

Si la lectura anterior es satisfactoria, se procede con la prueba siguiente, en caso contrario se muestra un mensaje de error y el programa regresa al menú principal.

4.3.5 Procedimiento para la prueba V (Prueba de la salida X6 de los multiplexores).

Para indicar el inicio de la prueba, el programa presenta la pantalla siguiente :

**** PRUEBA DE X6 DE LOS MULTIPLEXORES ****

ESPERE UN MOMENTO

Se selecciona la salida X6 de los multiplexores 4512, enviando la palabra de control siguiente (Tabla 4.3):

ENTRADAS				SALIDAS			SELECCION
A9	A2	A1	A0	C	B	A	
0	1	1	0	1	1	0	X6

De acuerdo a la tabla 4.4, la lectura correcta debe ser:

SELECCION	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
X6	0	0	0	0	0	0	0	1

La cual se lee a través del bus de datos D7-D0. Y como sucede en pruebas anteriores, si el valor es correcto se procede con la siguiente prueba, si no es así se muestra un mensaje de error y el programa regresa al menú principal.

4.3.6 Procedimiento para la prueba VI (Prueba de la habilitación de los relevadores pertenecientes a los canales 0 a 7).

Para el desarrollo de esta etapa, el programa presenta la pantalla siguiente:

PASAMOS AHORA A LA PRUEBA DE LOS CANALES
COLOQUE EL CONECTOR DB-25 EN LA TARJETA
RELEVADOR I
Pulse <Return> para Seguir

Por medio de esta tarjeta (RELEVADOR I), se obtiene el estado de los relevadores correspondientes a los canales CH7 – CH0.

PRUEBA DE LOS RELEVADORES: DE K0 a K7

ESPERE UN MOMENTO

Se desactivan los multiplexores 4512, enviando la palabra de control siguiente:

SWITCH	ENTRADAS					SALIDA
	A13	A12	A11	A10	A3	SW
3	0	0	1	1	1	0

Posteriormente se envía la palabra siguiente, a través de D7 – D0.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
CH7	CH6	CH5	CH4	CH3	CH2	CH1	CH0
0	0	0	0	0	0	0	0

Estos valores lógicos se aplican a los FLIP-FLOPS 40175, en sus entradas D0, D1, D2 y D3. A continuación se envía la palabra de control siguiente, para activar la salida CLK1 (ver tabla 4.5), la cual controla los canales CH0 – CH7 de los relevadores además de activar la salida SW de los multiplexores mediante un '1' lógico.

SW	STRB	R/W	A9	A3	A0	CLK1	CLK2
1	1	0	0	0	1	1	0

Se verifica que efectivamente el estado de los relevadores sea Normalmente Cerrado (NC). Lo anterior se verifica leyendo a través de la salidas X5 de los multiplexores.

Se desactivan los FLIP-FLOP's 40175 a través de la palabra de control siguiente. El desactivarlos no implica que los relevadores cambien su estado.

SW	STRB	R/W	A9	A0	CLK1	CLK2
1	1	0	0	0	0	0

Posteriormente se lee el estado de los relevadores, para ello se activa la salida X5 de los multiplexores, la lectura a través de D7 – D0 debe ser la siguiente:

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
CH7	CH6	CH5	CH4	CH3	CH2	CH1	CH0
1	1	1	1	1	1	1	1

A continuación se envía el valor digital siguiente (Ver tabla 4.3):

ENTRADAS				SALIDAS			SELECCIÓN
A9	A2	A1	A0	C	B	A	
0	1	0	1	1	0	1	X5

Se selecciona la salida X5 de los multiplexores, para modificar el estado de los relevadores. primeramente se desactivan enviando la siguiente palabra de control:

SELECCION	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
X5	CH7	CH6	CH5	CH4	CH3	CH2	CH1	CH0
	1	1	1	1	1	1	1	1

Se observa que las salidas a través de D0 – D7 son el complemento de lo que originalmente se envió. La razón es que realmente se lee el complemento de las salidas Q de los FLIP-FLOPS 40175.

Posteriormente se procede a repetir esta prueba enviando ahora por D7 – D0 el valor digital siguiente:

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
CH7	CH6	CH5	CH4	CH3	CH2	CH1	CH0
1	1	1	1	1	1	1	1

Se verifica que los relevadores se encuentran en su posición Normalmente Abierta (NA), mediante la lectura tomada en las salidas X5 de los multiplexores.

La lectura adquirida debe ser el complemento del valor digital enviado anteriormente. En caso contrario se muestra un mensaje de error y el programa regresa al menú principal.

4.3.7 Procedimiento para la prueba VII (Prueba de la habilitación de los relevadores pertenecientes a los canales 8 a 15).

Se pide al usuario realizar lo siguiente:

FAVOR DE CAMBIAR EL CONECTOR DB-25
DE TARJETA RELEVADOR I A RELEVADOR II
Pulse <Return> para Seguir

Se desactivan los multiplexores 4512 enviando la palabra de control siguiente:

SWITCH	ENTRADAS					SALIDA
	A13	A12	A11	A10	A3	SW
3	0	0	1	1	1	0

Posteriormente se envía la palabra de control siguiente, a través de D7 – D0.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
CH15	CH14	CH13	CH12	CH11	CH10	CH9	CH8
0	0	0	0	0	0	0	0

Esta palabra de control se aplica a los FLIP-FLOPS 40175 en sus entradas D0, D1, D2 y D3. A continuación se envía la palabra de control siguiente para activar la salida CLK2, la cual controla los canales CH8 – CH15 de los relevadores.

SW	STRB	R/W	A9	A3	A0	CLK1	CLK2
1	1	0	1	0	1	0	1

Se verifica que efectivamente, el estado de los relevadores es Normalmente Cerrado (NC) verificando a través de las salidas X7 de los multiplexores.

Se desactivan los multiplexores a través de la palabra de control siguiente. El desactivarlos no implica que los relevadores cambien su estado.

SW	STRB	R/W	A9	A0	CLK1	CLK2
1	1	0	1	0	0	0

Posteriormente se lee el estado de los relevadores, para ello se activan las salidas X7 de los multiplexores y la lectura a través de D7 – D0 debe ser la siguiente:

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
CH15	CH14	CH13	CH12	CH11	CH10	CH9	CH8
1	1	1	1	1	1	1	1

A continuación se envía el valor digital siguiente (Ver tabla 4.3):

ENTRADAS				SALIDAS			SELECCIÓN
A9	A2	A1	A0	C	B	A	
0	1	1	1	1	1	1	X7

Se seleccionan las salidas X7 de los multiplexores, para poder modificar el estado de los relevadores, primeramente se activan enviando la palabra de control siguiente:

SELECCION	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
X7	CH15	CH14	CH13	CH12	CH11	CH10	CH9	CH8
	1	1	1	1	1	1	1	1

Se observa que las salidas a través de D0 – D7 son el complemento de lo que originalmente se envió. La razón es que se lee realmente el complemento de las salidas Q de los FLIP-FLOPS 40175.

Se repite esta prueba enviando ahora por D7 – D0 el valor digital siguiente:

SELECCION	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
X7	CH15	CH14	CH13	CH12	CH11	CH10	CH11	CH10
	1	1	1	1	1	1	1	1

Se verifica entonces que los relevadores se encuentran en su posición Normalmente Abierta (NA), esto se verifica seleccionando las salidas X7 de los multiplexores y leyendo por el bus de datos (D7 – D0) el complemento de lo que se envió anteriormente.

Finalmente, si todas las pruebas fueron satisfactorias se muestra el mensaje de “MÓDULO EN BUEN ESTADO”. Si en alguna de ellas se detecta una falla el diagnosticador presenta el mensaje de “MÓDULO DAÑADO”, y regresa al menú principal. Por lo anterior se infiere que el programa es secuencial y la realización de cada una de las pruebas depende

del éxito de la anterior. El resultado de todas las pruebas se muestra en el reporte de diagnóstico, el cual está disponible en pantalla o vía impresora.

4.4 Diagnóstico del módulo PIU CONTACT.

El módulo PIU Contact al igual que el PIU Relay, es totalmente digital, se conecta al PIU Controller mediante un bus de direcciones (A13 – A0), un bus de datos (D7 – D0) y un bus de Control (DBCLK y DIGITAL NBL). Además de los voltajes de alimentación de la tarjeta.

Como se observa en la figura 4.8, se tiene una serie de señales de entrada cuya descripción se da a continuación.

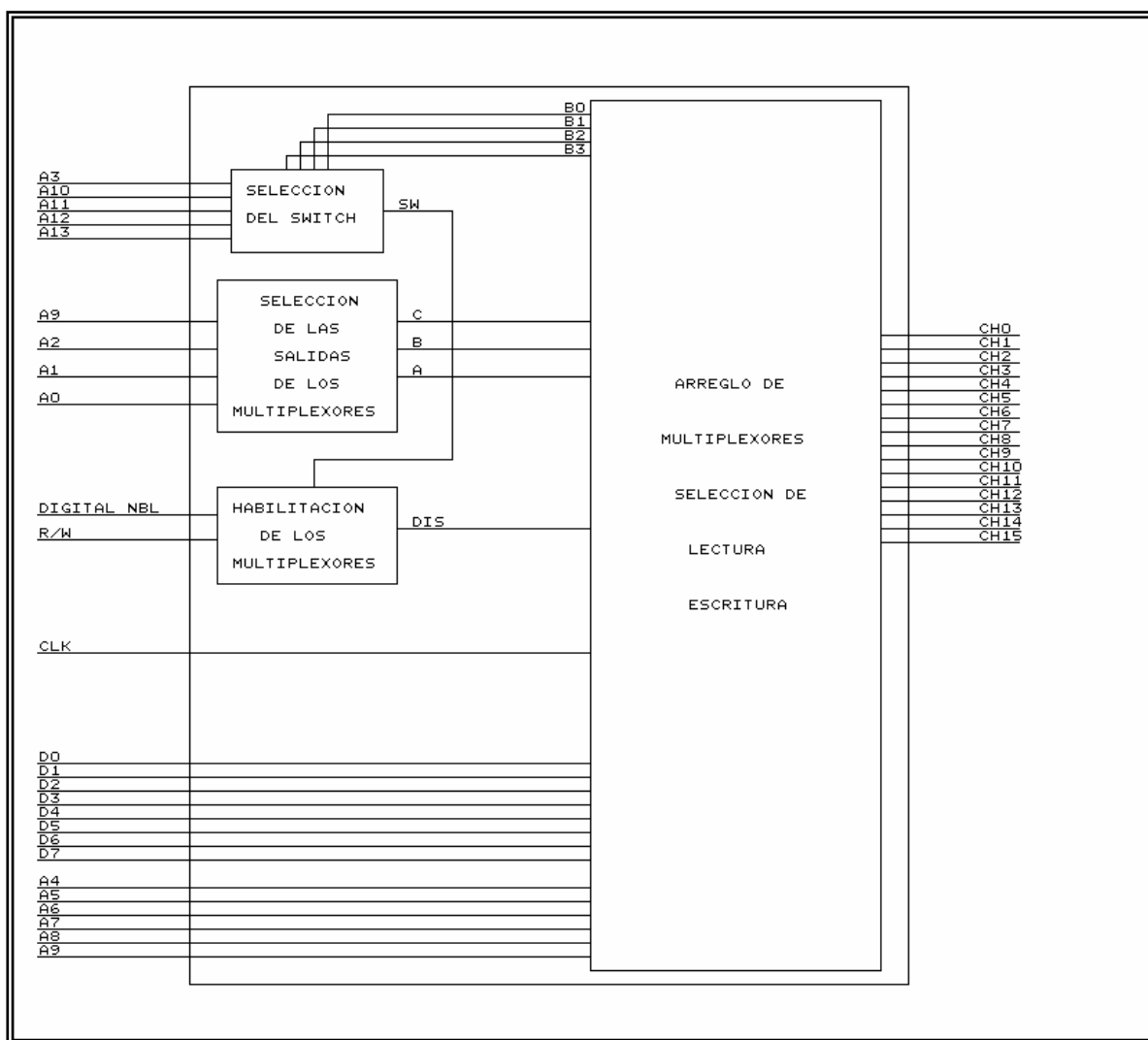


Figura 4.8 Diagrama a bloques del módulo PIU CONTACT.

- D0 – D7 Bus de datos bidireccional.
- A0 – A13 Bus de direcciones.
- CH0 – CH15 Entradas de tipo contacto del módulo PIU Contact.
- R/W y DIGITAL NBL Señales de control.

Como se observa en la figura anterior el módulo se divide en 3 bloques, los cuales son muy similares a los del módulo PIU Relay, razón por la cual sólo se incluyen los datos necesarios para el diagnóstico del módulo.

Para iniciar el diagnóstico de este módulo, se debe seleccionar la opción PIU CONTACT del menú principal del diagnosticador. Las pruebas para llevar a cabo el diagnóstico de este módulo son las siguientes:

I.- Verificación de la alimentación.

Al energizarse el módulo se le pregunta al usuario, si los leds FUENTES localizados en la parte frontal del diagnosticador se encuentran encendidos. Si la respuesta es "S", significa que no existe un corto interno en el módulo PIU Contact y se procede con su diagnóstico.

II.- Verificación de la posición del switch.

Se envían a través de las líneas A13, A12, A11 y A10 cuatro valores digitales, los cuales se comparan con un grupo de bits a los que se identifican como B3, B2, B1 y B0 proporcionados por un switch interno de 4 bits (Ver figura 4.8) a través del CI 4585 del módulo. Si al comparar ambas palabras son iguales, entonces se tiene a la salida del bus de direcciones D7 - D0 el valor de la posición del switch.

III.- Prueba de la salida X4 de los multiplexores 4512.

Al seleccionar la salida X4 del arreglo de multiplexores, se debe leer el valor digital indicado en la tabla 4.8.

IV.- Verificación de los canales CH0 -CH7.

Se colocan '0's lógicos en las entradas de los canales CH7 - CH0, los cuales se leen a través del bus de datos D7 - D0. Esto se realiza activando la salida X0 de los multiplexores 4512. Posteriormente se envían '1's lógicos en las entradas de los canales y estos deben leerse a través del bus de datos D0 - D7.

V.- Verificación de los canales CH8 - CH15.

Se repite la prueba anterior, solo que ahora para los canales CH8 - CH15 del módulo. Las lecturas se realizan a través de las salidas X2 de los multiplexores 4512.

Como se observa en las cinco pruebas anteriores, la secuencia de diagnóstico presenta similitudes con la del módulo PIU Relay, motivo por el cual se omite el diagrama de flujo

en esta sección. El diagrama de flujo anterior está localizado en el apéndice “C” de este trabajo.

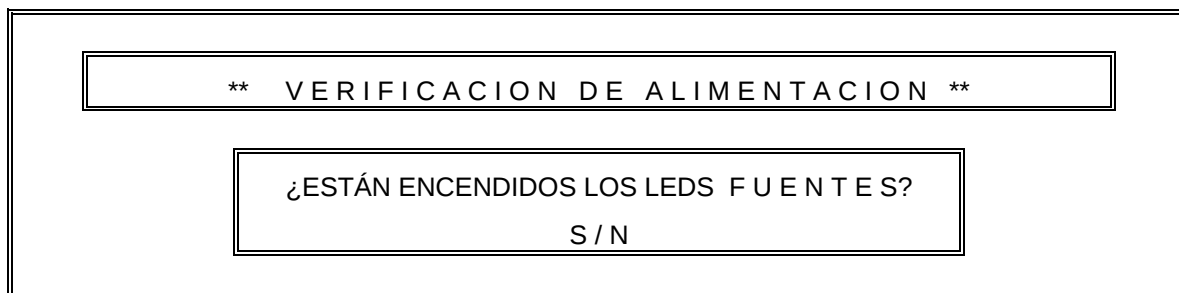
Las pruebas realizadas a este módulo están contenidas en el listado fuente del módulo llamado **contact.c** cuyas líneas de código se encuentran en el apéndice B.

Secuencia de diagnóstico

En la sección anterior se ha descrito en forma general el diagnóstico del módulo PIU CONTACT, por lo que a continuación se hará una descripción detallada de cada una de las cinco pruebas realizadas para su diagnóstico.

4.4.1. Procedimiento para la Prueba I (Verificación de la alimentación).

Al igual que en el módulo PIU RELAY, se realiza la pregunta siguiente:



Si la respuesta es afirmativa se continúa con el diagnóstico del módulo, en caso contrario el programa envía un mensaje de error, lo que indica que existe un corto en el módulo.

4.4.2 Procedimiento para la Prueba II (Verificación de la posición del switch).

Se procede a verificar la posición del switch, Para ello se recurre a la tabla 4.6. Si el módulo está configurado para la posición 5 se debe enviar el valor digital siguiente, por las líneas A13, A12, A11 y A10.

Tabla 4.6 Selección del switch (Posición 5)

SWITCH	ENTRADAS					SALIDA
	A13	A12	A11	A10	R/W	SW
5	0	1	0	1	1	1

Se verifica la posición del switch, para ello se habilitan los 8 multiplexores 4512 mediante el valor digital siguiente:

Tabla 4.7 Habilitación de los multiplexores

ENTRADAS			SALIDAS
DIGITAL NBL	SW	A3	DIS
1	1	0	0

Finalmente, la posición del switch se puede verificar a través de las terminales D7-D0, seleccionando la salida X5 de los multiplexores:

Tabla 4.8 Selección de la salida X5 de los multiplexores

ENTRADAS				SALIDAS			SELECCION
A9	A2	A1	A0	C	B	A	
1	0	0	0	1	0	1	X5

Una vez realizado lo anterior se procede a verificar los bits D3, D2, D1 y D0, cuya salida debe ser la siguiente:

Tabla 4.9 Lectura realizada al seleccionar la salida X5 de los multiplexores.

SELECCION	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
X5	1	1	0	0	B3 0	B2 1	B1 0	B0 1

Si el valor leído en estos bits, es diferente al indicado para la posición 5 del switch, significa que el switch se encuentra en otra posición o está dañado.

En caso contrario el programa indica el valor correcto de la posición del switch (Este valor corresponde a los 4 bits menos significativos de la palabra leída).

**** VERIFICANDO LA POSICIÓN DEL SWITCH ****

La posición del switch es: 05

Presione <Return> para continuar

4.4.3 Procedimiento para la Prueba III (Prueba de la salida X4 de los multiplexores 4512).

A continuación se procede a verificar la salida X4 de los multiplexores, esta salida debe ser la siguiente:

Tabla 4.10 Lectura realizada al seleccionar la salida X4 de los multiplexores.

SELECCION	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
X4	0	0	A9	A8	A7	A6	A5	A4

Se mantiene la habilitación del switch y la habilitación de los multiplexores 4512. Se envía en los bits A9 – A4 un valor digital ‘1’. Posteriormente se habilita la salida X4 de los multiplexores, para realizar esto se recurre a la tabla siguiente:

Tabla 4.11 Selección de la salida X4 de los multiplexores.

ENTRADAS				SALIDAS			SELECCIÓN
A9	A2	A1	A0	C	B	A	
1	0	0	1	1	0	0	X4

Con estas condiciones se debe leer el valor 0x3F:

Tabla 4.12 Lectura realizada al seleccionar la salida X4 de los multiplexores.

SELECCION	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
X4	0	0	A9 1	A8 1	A7 1	A6 1	A5 1	A4 1

**** PRUEBA DE X4 DE LOS MULTIPLEXORES ****

La lectura es: 0x3F

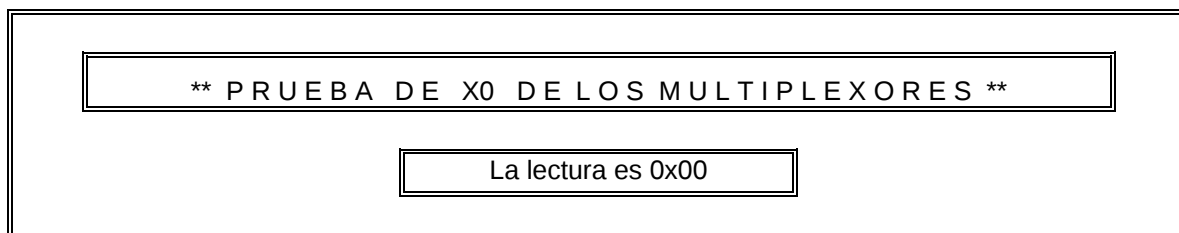
4.4.4 Procedimiento para la Prueba IV (Verificación de los canales CH0 –CH7).

A continuación se procede a verificar la entrada de los canales CH7-CH0. Se colocan '0's lógicos en la entrada de los canales, posteriormente se selecciona la salida X0 de los multiplexores mediante la combinación siguiente:

Tabla 4.13 Selección de la salida X0 de los multiplexores.

ENTRADAS				SALIDAS			SELECCIÓN
A9	A2	A1	A0	C	B	A	
0	1	0	1	0	0	0	X0

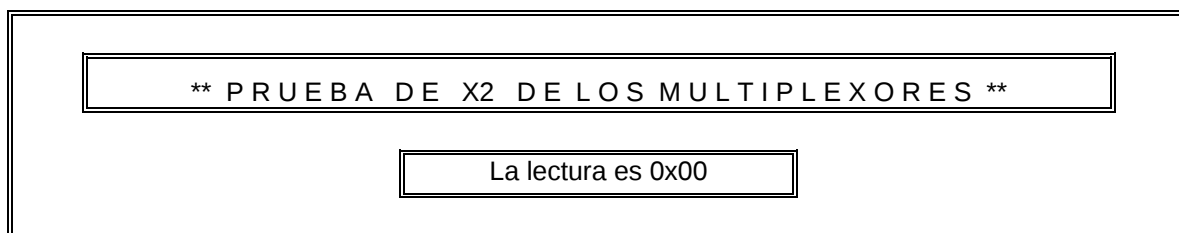
Se procede a leer 0xFF en el bus de datos D7-D0. Posteriormente se cambian las entradas de los canales a '1' lógico y se espera leer en D7-D0 un valor digital 0x00. Nótese que si se envía un '0' en la entrada del canal se leerá en el bus de datos un valor digital '1' y viceversa.

**4.4.5 Procedimiento para la Prueba V (Verificación de los canales CH8 – CH15)**

Al igual que la prueba anterior ahora se verifica el funcionamiento de los canales CH15-CH8. Se colocan '0's lógicos en la entrada de los canales, a continuación se habilita la salida X2 de los multiplexores con los datos siguientes:

Tabla 4.14 Selección de la salida X2 de los multiplexores

ENTRADAS				SALIDAS			SELECCIÓN
A9	A2	A1	A0	C	B	A	
1	1	1	1	0	1	0	X2



Se procede a leer 0xFF en el bus de datos D7-D0. Posteriormente se cambian las entradas de los canales a '1' lógico y se espera leer en D7-D0 un valor digital 0x00.

Si todas las pruebas fueron satisfactorias, el diagnosticador mostrará el mensaje de "MÓDULO EN BUEN ESTADO". En caso contrario presenta el mensaje de "MÓDULO DAÑADO". Como se observa se utiliza el mismo esquema que en el módulo anterior, incluyendo la sección de la generación de reporte.

4.5 Diagnóstico del módulo PIU TRANSISTOR.

El módulo PIU transistor es completamente digital, cuenta con 16 salidas basadas en transistores, que son utilizadas para controlar ciertos dispositivos de campo. El control de estas salidas se lleva a cabo mediante el módulo PIU Controller, el cual es un microprocesador cuyas salidas están interconectadas al módulo PIU Transistor como se muestra en la figura siguiente:

Como se observa el diagrama es muy similar a los dos módulos anteriores, motivo por el cual no se profundiza mucho en su análisis.

Para realizar el diagnóstico de este módulo, se aplican las pruebas siguientes:

I.- Verificación de alimentación.

Esta prueba es similar a la realizada en los módulos PIU RELAY y PIU CONTACT. Se energiza el módulo y se verifica que no tenga ningún corto.

II.- Verificación de la posición del switch.

Esta prueba se lleva a cabo a través de la comparación que realiza el circuito 4585 del módulo. En esta etapa se realiza el mismo procedimiento de comparación utilizado en los módulos anteriores.

III.- Verificación de la salida X4 de los multiplexores.

Se selecciona la salida X4 de los multiplexores 4512. Se envía '1's lógicos a través de los bits A9, A8, A7, A6, A5 y A4, y se debe leer a través del bus de datos D7 - D0 el valor siguiente: '00111111b' (b=binario).

IV.- Verificación de los canales CH0 - CH7.

Se activan las salidas tipo transistor de los canales CH0 a CH7 enviando primeramente por el bus de datos D7 - D0 '0's lógicos. Posteriormente se selecciona la salida X0 para leer los estados de los canales, los cuales deben ser '0's lógicos. Luego se envían '1's lógicos y se repite la misma operación.

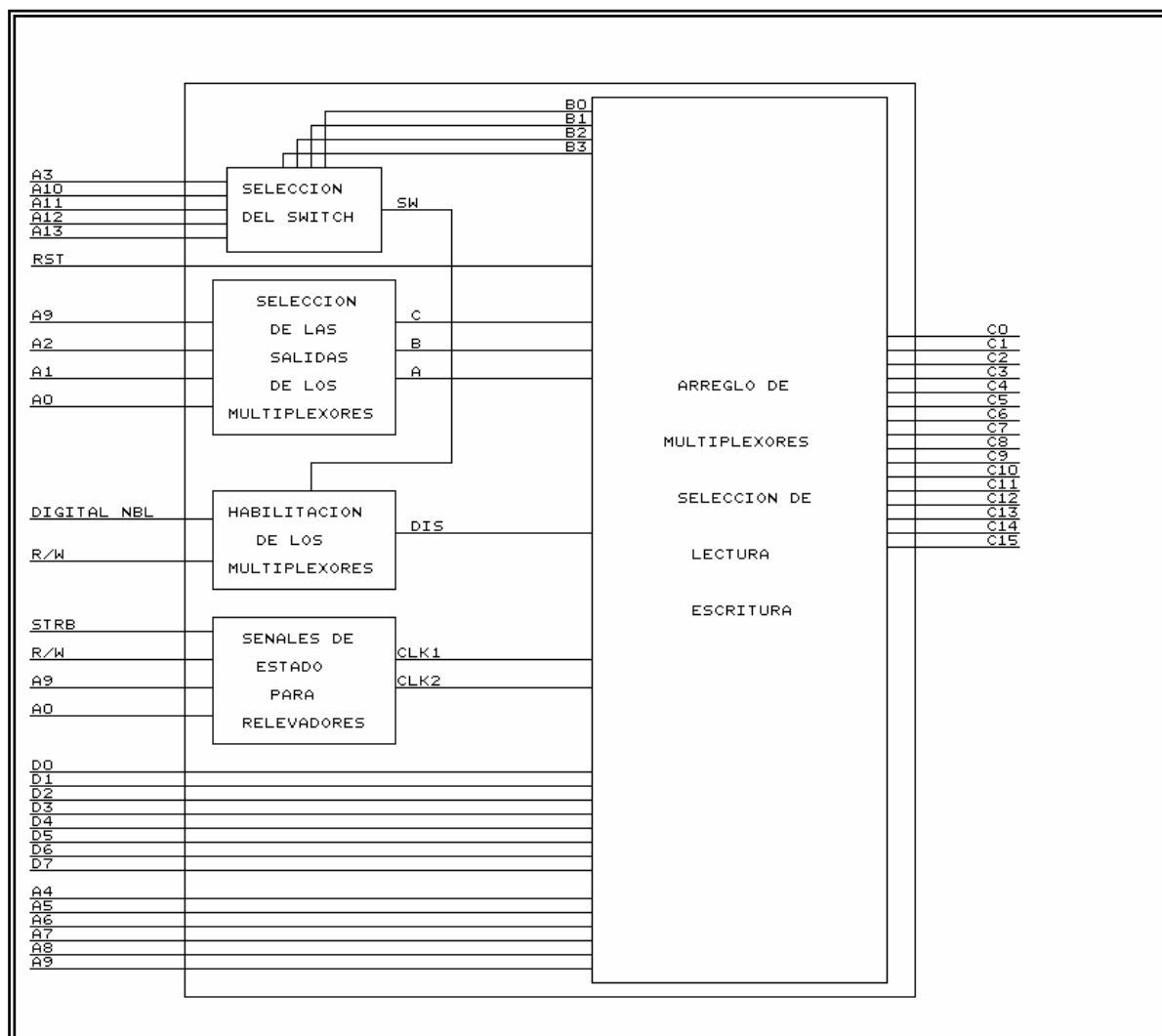


Figura 4.9 Diagrama a bloques del módulo PIU Transistor.

V.- Verificación de los canales CH0 - CH15.

Es similar a la prueba anterior, solo que en este caso se fijan las salidas de los canales CH0 a CH15, y el estado de la salida de los canales se obtiene utilizando la salida X2 de los multiplexores.

VI.- Verificación de las salidas de los transistores.

Se repiten las pruebas 4 y 5 y se verifica que cuando se envían '0's lógicos a través del bus de datos D7 - D0 se reflejen en las salidas de los transistores los cuales estarán en corte y se leerán '1's lógicos en sus salidas. Posteriormente se envían '1's lógicos y los transistores deben estar en saturación y se leen '0's lógicos.

Las pruebas mencionadas anteriormente se detallan en los puntos 4.5.1 a 4.5.6, Estas pruebas están contenidas en el listado fuente **tran.c**. El diagrama de flujo es similar al del módulo PIU RELAY (los programas fuente y los diagramas de flujo están incluidos en los apéndices B y C, respectivamente).

Una vez que se han definido en forma general las pruebas de diagnóstico, se procede a detallar cada una de ellas.

4.5.1 Procedimiento para la prueba I (Verificación de alimentación).

Verificación de la alimentación. Para esto se realiza la pregunta siguiente:

**** VERIFICACION DE ALIMENTACION ****

ESTÁN ENCENDIDOS LOS LEDS FUENTES ?
S / N

4.5.2 Procedimiento para la prueba II (Verificación de la posición del switch).

Se procede a verificar la posición del switch. Considerando que el módulo está configurado para la posición 5. Para ello se deben enviar las señales siguientes, por las líneas A13, A12, A11 y A10:

Tabla 4.15 Selección del switch (Posición 5).

SWITCH	ENTRADAS					SALIDA
	A13	A12	A11	A10	A3	SW
5	0	1	0	1	1	1

Para verificar este valor se deben habilitar los 8 multiplexores 4512, para ello se envían los datos siguientes:

Tabla 4.16 Habilitación de los multiplexores.

ENTRADAS			SALIDAS
DIGITAL NBL	SW	R/W	DIS
1	1	1	0

Finalmente la posición del switch se podrá leer en las terminales D7-D0, seleccionando la salida X5 de los multiplexores (Ver tabla 4.12). Para lograr esto se recurre a la tabla 4.6.

Tabla 4.17 Selección de la salida X5 de los multiplexores.

ENTRADAS				SALIDAS			SELECCION
A9	A2	A1	A0	C	B	A	
0	0	0	0	1	0	1	X5

Una vez realizado esto se procede a verificar los bits D3, D2, D1 y D0 cuya salida deberá ser la siguiente:

Tabla 4.18 Lectura realizada al seleccionar la salida X5 de los multiplexores.

SELECCION	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
X5	1	0	0	0	0	1	0	1

Si el valor leído en esta terminales no concuerda con el anterior, significa que el módulo se encuentra en otra posición o posiblemente se encuentre dañado. Para efectos prácticos se debe abrir el módulo y verificar en que posición se encuentra este switch.

En caso contrario el programa de diagnóstico despliega el valor correcto de la posición del switch, el cual esta representado por los 4 bits menos significativos (D3, D2, D1 y D0).

**** VERIFICANDO LA POSICIÓN DEL SWITCH ****

La posición del switch es: 05

Presione <Return> para continuar

4.5.3 Procedimiento para la prueba III (Verificación de la salida X4 de los multiplexores).

A continuación se procede a verificar la salida X4 de los multiplexores, esta salida deberá ser de acuerdo a la tabla 4.13 la siguiente:

Tabla 4.19 Lectura realizada al seleccionar la salida X4 de los multiplexores.

SELECCION	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
X4	0	0	A9 1	A8 1	A7 1	A6 1	A5 1	A4 1

Se mantiene la habilitación del switch y la habilitación de los multiplexores 4512. Se envía en los bits A9 – A4 un valor digital ‘1’. Posteriormente se habilita la salida X4 de los multiplexores, para lograr esto se recurre a la tabla 4.8.

Tabla 4.20 Selección de la salida X4 de los multiplexores.

ENTRADAS				SALIDAS			SELECCION
A9	A2	A1	A0	C	B	A	
1	1	0	1	1	0	0	X4

Y con estas condiciones se debe leer lo siguiente (0x3F):

Tabla 4.21 Lectura realizada al seleccionar la salida X4 de los multiplexores.

SELECCION	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
X4	0	0	1	1	1	1	1	1

**** PRUEBA DE X4 DE LOS MULTIPLEXORES ****

La lectura es: 0x3F

4.5.4 Procedimiento para la prueba IV. (Verificación de los canales CH0 – CH7)

Se procede a verificar el funcionamiento de los circuitos integrados A1 y A9 (FLIP-FLOPS 4175). Estos circuitos fijan la salida de los canales CH0 a CH7. Para realizar esta prueba se envía el siguiente valor digital a través del bus de datos.

Tabla 4.22 Valor digital para fijar las salidas de los canales CH0-CH7 en 0's.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	0	0	0	0	0

Esto permitirá colocar en las entradas de los FLIP-FLOPS A1 y A9 ‘0’s lógico. Enseguida se envía el siguiente valor digital el cual permite generar la señal de reloj CLK1 (‘0’ lógico) para los FLIP-FLOPS 40175. Esta señal se aplica a dos circuitos integrados con 4 salidas cada uno.

Tabla 4.23 Generación de la señal de estado para los canales CH0-CH7.

ENTRADAS					SALIDAS
STRB	R/W	SW	A9	A1	CLK1
1	0	1	0	1	0

Con estas condiciones a la salida de los FLIP-FLOPS tendrán un valor lógico de '0' el cual se mantendrá aun cambiando el valor de A9 de '1' a '0' lógico. Los estados de estas salidas se leen a través de X0 de los multiplexores. Para ello se envía la siguiente palabra de control:

Tabla 4.24 Selección de la salida X0 de los multiplexores.

ENTRADAS				SALIDAS			SELECCIÓN
A9	A2	A1	A0	C	B	A	
0	1	0	1	0	0	0	X0

Y finalmente se lee a través del bus de datos:

Tabla 4.25 Lectura realizada al seleccionar la salida X0 de los multiplexores.

SELECCION	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
X0	0	0	0	0	0	0	0	0

Esta prueba se repite de nuevo, enviando '1's al principio y las lecturas a través del bus de datos deben ser '1's.

4.5.5. Procedimiento para la prueba V. (Verificación de los canales CH0 – CH15)

En esta prueba se verifica las salidas de los dos FLIP-FLOPS restantes B1 y B9. Estos circuitos permiten fijar la salida de los canales CH8 a CH15. Para realizar esto primeramente se envía el siguiente valor digital a través del bus de datos D0-D7.

Tabla 4.26 Valor digital para fijar las salidas de los canales CH8-CH15 en 0's.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	0	0	0	0	0	0

Esto permitirá colocar en las entradas de los FLIP-FLOPS B1 y B9 '0's lógicos. Enseguida se envía a la señal E de los FLIP-FLOPS un '0' lógico siguiendo la siguiente lógica:

Tabla 4.27 Generación de la señal de estado para los canales CH0-CH7.

ENTRADAS					SALIDAS
STRB	R/W	SW	A9	A1	CLK2
1	0	1	1	1	0

Con estas condiciones a la salida de los FLIP-FLOPS tendrán un valor lógico de '0'. Los estados de estas salidas se leen a través de la salida X2 de los multiplexores. Para ello se envía la siguiente palabra de control:

Tabla 4.28 Selección de la salida X2 de los multiplexores.

ENTRADAS				SALIDAS			SELECCION
A9	A2	A1	A0	C	B	A	
1	1	1	1	0	1	0	X2

Y finalmente se debe leer a través del bus de datos:

Tabla 4.29 Lectura realizada al seleccionar la salida X2 de los multiplexores.

SELECCION	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
X2	0	0	0	0	0	0	0	0

Esta prueba se repite de nuevo, enviando '1s' al principio y las lecturas a través del bus de datos deben ser '1s'.

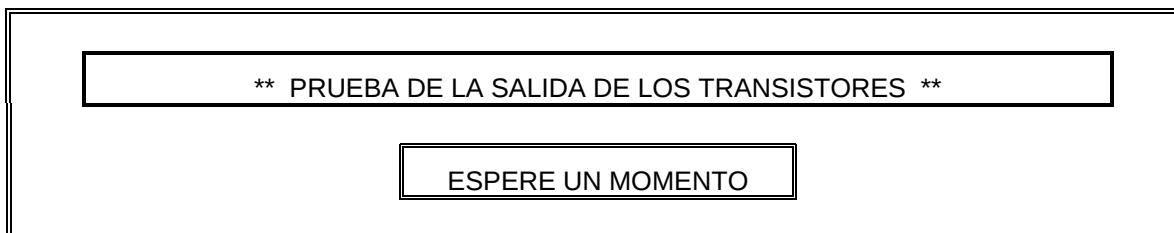
**** PRUEBA DE LOS FLIP FLOPS 14175 ****

Lectura realizada: 0x00

4.5.6. Procedimiento para la prueba VI (Verificación de las salidas de los transistores).

Una vez probadas las salidas de los FLIP-FLOPS 40175 se procederá a verificar la salida de los canales CH0 a CH15, para ello se repiten las secuencias de los puntos 4.3.3. y 4.3.4. Fijando primeramente las salidas de los FLIP-FLOPS 40175 en '0' lógico. Estas salidas se verán reflejadas en las terminales de los canales como '0's lógicos. Posteriormente se envía

‘1’s a través de los FLIP-FLOPS y la respuesta en las terminales de los canales serán como ‘1’s lógicos



Si todas las pruebas fueron satisfactorias el diagnosticador presentará el mensaje de **MÓDULO EN BUEN ESTADO**. En caso contrario presentará el mensaje de **MÓDULO DAÑADO**. Al igual que en los módulos anteriores se genera un reporte de diagnóstico el cual se muestra en pantalla o en su defecto se envía a la impresora.

Resumen

En este capítulo se describieron las rutinas de diagnóstico utilizadas en los módulos digitales (PIU's), se hizo una descripción de las señales que utiliza cada uno de ellos, con el fin de dar de una manera más clara y rápida la forma en la que se desarrolló y elaboró el software de diagnóstico.

En el siguiente capítulo se describe el software de diagnóstico, el cual fué diseñado y desarrollado para los módulos analógicos; es decir, en la sección siguiente se tratará con lo relacionado a las etapas de diagnóstico para los módulos analógicos, de manera similar como se atendieron a los módulos digitales en este capítulo.

CAPÍTULO 5

SOFTWARE DE DIAGNÓSTICO APLICADO A MÓDULOS ANALÓGICOS

En este capítulo se describe la manera en la cual fueron diseñados y desarrollados los programas de diagnóstico dirigidos hacia los módulos analógicos.

A diferencia de los módulos digitales, en esta sección se implementan circuitos electrónicos (descritos en el capítulo 3) para simular señales analógicas, con el objeto de realizar un buen diagnóstico y calibración de los módulos.

Para la descripción de algunas etapas del diagnóstico y la calibración, fué necesario utilizar los diagramas electrónicos y las tablas de especificación del fabricante [Continental Control..., 1982], con el objeto de hacer confiable el diseño y desarrollo de las rutinas.

5.1 Diagnóstico del módulo RTD de temperatura.

El módulo RTD, es utilizado para sensar temperaturas en varias partes del sistema por medio de las señales de entrada recibidas desde los elementos transductores de temperatura (RTD). El módulo está formado por ocho canales, cada uno de los cuales proporciona una señal de salida acondicionada y un nivel simple de switcheo para cada entrada de los RTD.

Para realizar el diagnóstico del módulo de temperatura, es necesario conocer sus señales de entrada y salida, con el objeto de hacer más entendible el diagnóstico. Por lo anterior se presenta un diagrama que muestra estas señalización.

De la figura 5.1 se observa:

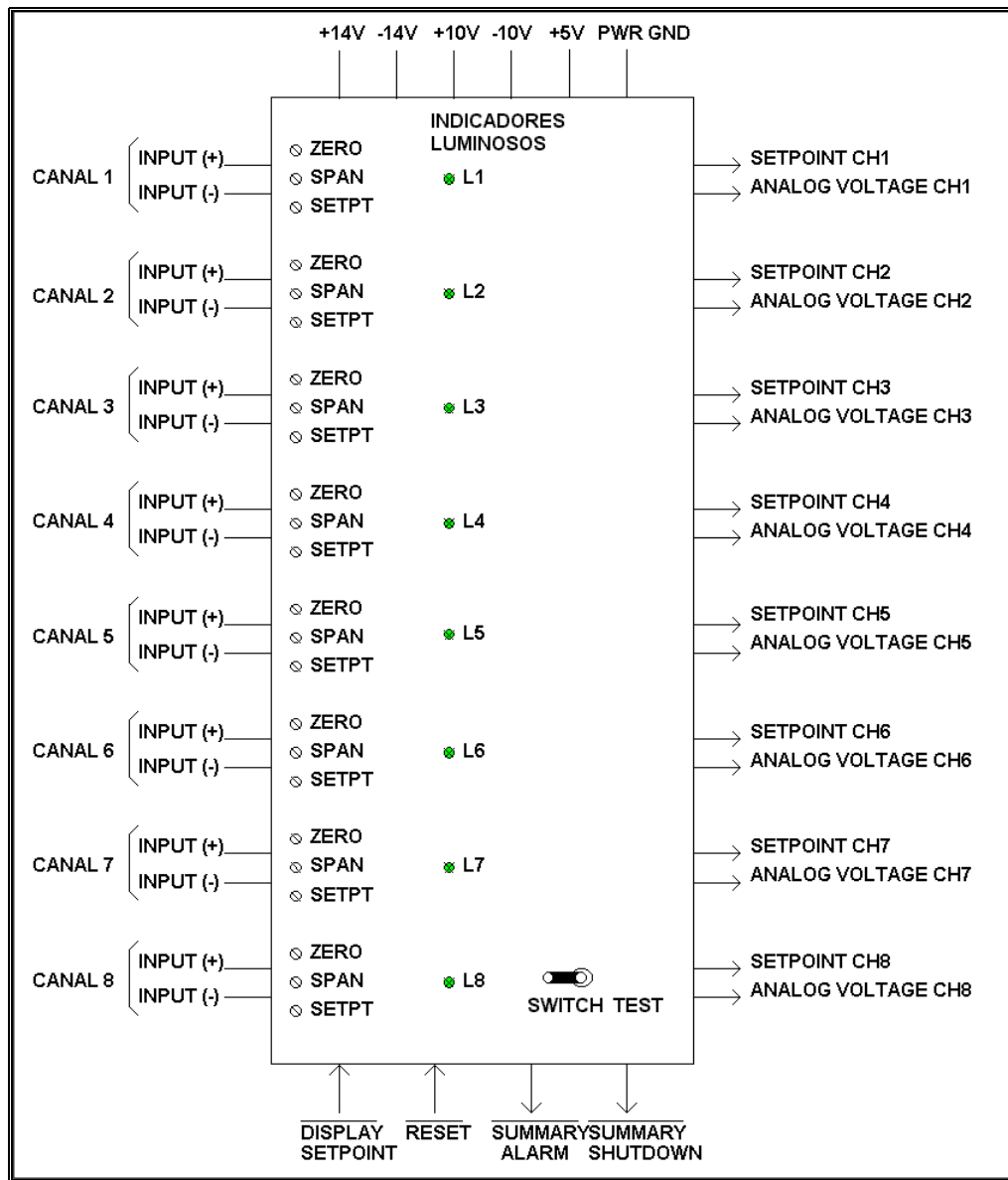


Figura 5.1 Diagrama de entradas y salidas del módulo RTD de Temperatura.

Señales lógicas de entrada.

El módulo recibe dos señales lógicas de entrada, RESET y DISPLAY SETPOINT. Un nivel bajo en la terminal RESET, apaga los indicadores encendidos a causa de una condición de alarma o shutdown detectada en el canal. Un nivel lógico cero en la terminal DISPLAY SETPOINT, permite verificar el nivel de voltaje de setpoint (Setpoint es el voltaje nominal de operación del canal), en la terminal ANALOG VOLTAGE del canal que se desea verificar.

Señales lógicas de salida.

El módulo genera las siguientes señales de salida: SUMMARY ALARM, SUMMARY SHUTDOWN y la señal de SETPOINT en cada uno de los ocho canales. La señal de SUMMARY ALARM, representa la sumatoria de todos los canales configurados como canales de alarma y cambia de un nivel alto a un nivel bajo, cuando uno o más canales del módulo alcanzan este nivel de setpoint. La señal de SUMMARY SHUTDOWN, representa la sumatoria de todos los canales configurados como canales de shutdown y al igual que la anterior, tiene un cambio de nivel alto a un nivel bajo cuando los niveles de entrada alcanzan el nivel de shutdown, este nivel indica un nivel de voltaje en donde el módulo detecta un punto crítico. La señal de SETPOINT, para cualquiera de los ocho canales es baja cuando el canal respectivo alcanza el nivel de setpoint, pudiéndose observar a través de los indicadores de cada canal.

Señales analógicas de entrada.

Las señales analógicas de entrada, consisten en la caída de voltaje a través de cada elemento RTD, medida entre las terminales INPUT(+) e INPUT(-).

Señales analógicas de salida.

Las señales analógicas de salida, representan la temperatura detectada en cada RTD, esta señal se encuentra en el rango de 0 - 5V, voltaje proporcional a la temperatura detectada por el RTD.

Indicadores

El módulo tiene ocho indicadores (uno por canal) localizados en el panel frontal, son denotados de CHAN1 a CHAN8, respectivo a cada canal. Cada indicador enciende cuando la señal de entrada del canal alcanza el setpoint asignado. Estos indicadores se pueden verificar a través de un switch denominado TEST, ubicado en la parte frontal del módulo.

Potenciómetros de Ajuste.

Cada uno de los ocho canales del Módulo RTD tiene tres potenciómetros de ajuste: span, zero y setpoint. Estos pots de ajuste están localizados en el panel frontal del módulo. Las funciones de los pots de ajuste son idénticas en cada canal y se describen a continuación:

Potenciómetro	Función
ZERO 0°F	Usado para ajustar la salida de voltaje a cero cuando la temperatura de entrada es de 0°F (1.77°C).
SPAN 400°F	Usado para ajustar la salida de voltaje a 5 V cuando la temperatura de entrada es de 400°F (204.44°C).
SETPOINT	Usado para ajustar el nivel de Setpoint del canal (Alarm o Shutdown).

Secuencia de diagnóstico del módulo de temperatura RTD.

I.- Revisión de la alimentación del módulo. Se alimenta el módulo y se verifica que no tenga ningún corto interno. Esto se verifica mediante los led's indicadores de fuentes del diagnosticador.

II.- Prueba de las lámparas indicadoras. Se acciona el switch TEST, una vez accionado deberán encenderse todas las lámparas del módulo. Se pregunta al usuario si encienden todas las lámparas pertenecientes al módulo.

III.- Calibración del nivel ZERO del canal 1. Se genera en la entrada del canal 1 (INPUT(+) e INPUT(-)), la señal en milivoltaje que se generaría con una temperatura de 0°F (ver hojas de calibración en el apéndice D). Con esta condición se calibra la salida ANALOG VOLTAGE CH1 a 0.00 Volts mediante el potenciómetro ZERO localizado en la parte frontal del módulo.

IV.- Calibración del nivel de SPAN del canal 1. Se genera en la entrada del canal 1, una señal de milivoltaje correspondiente a 400°F (Ver apéndice D), con esta señal se calibra la salida ANALOG VOLTAGE CH1 a 5.00 Volts mediante el potenciómetro SPAN localizado en el frente del módulo.

V.- Calibración del nivel de SETPOINT del canal 1. Se genera una señal de milivoltaje correspondiente al nivel de SETPOINT especificado en las hojas de calibración. Con estas condiciones se calibra la salida de voltaje ANALOG VOLTAGE CH1 al valor especificado. Una vez calibrado este nivel de voltaje, se verifica que en la terminal SETPOINT CH1 exista un '0' lógico.

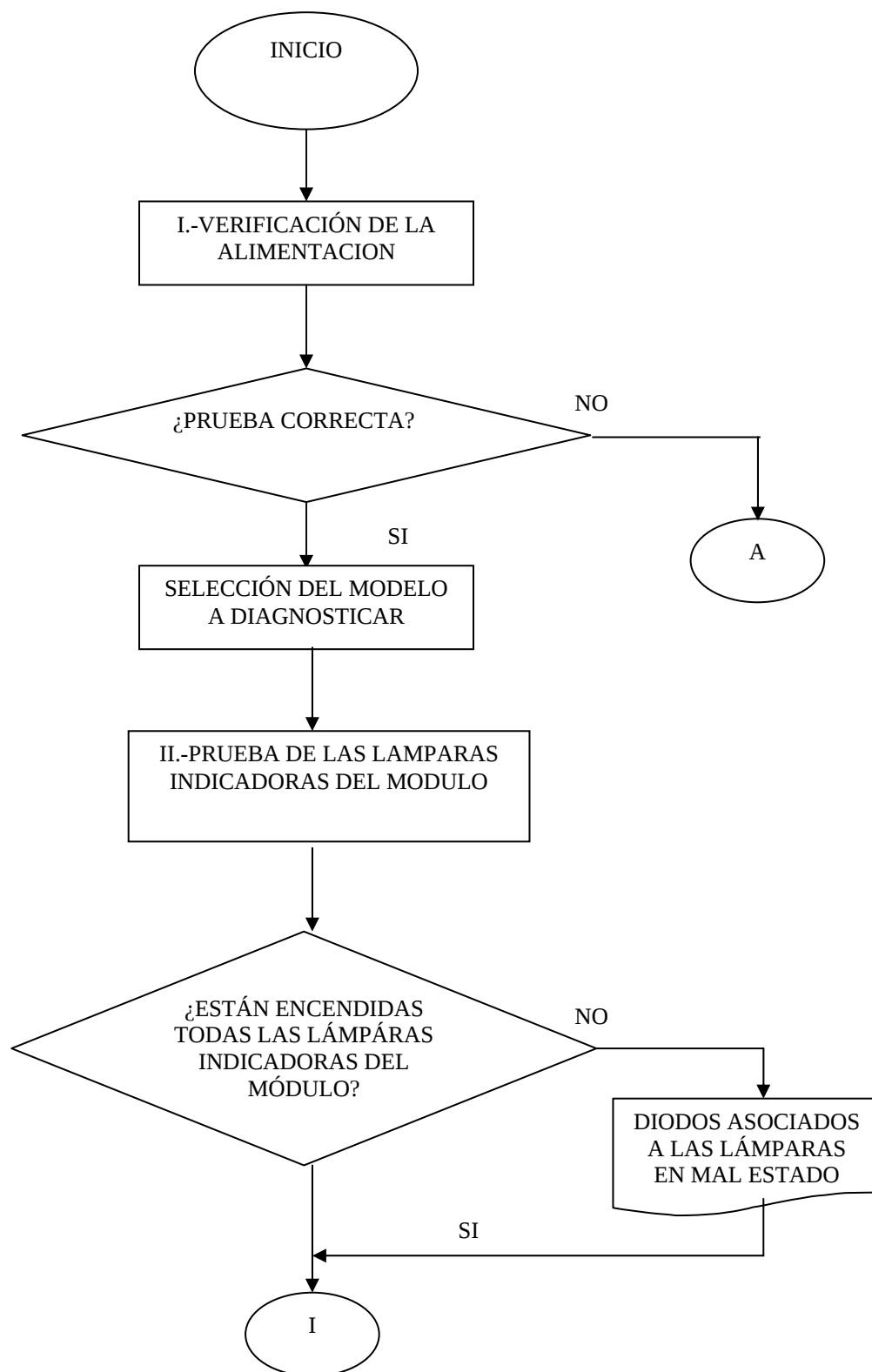
VI.- Lectura digital SUMMARY ALARM. Si el canal 1 está conectado a la salida SUMMARY ALARM, se verifica que en esta terminal exista un '0' lógico.

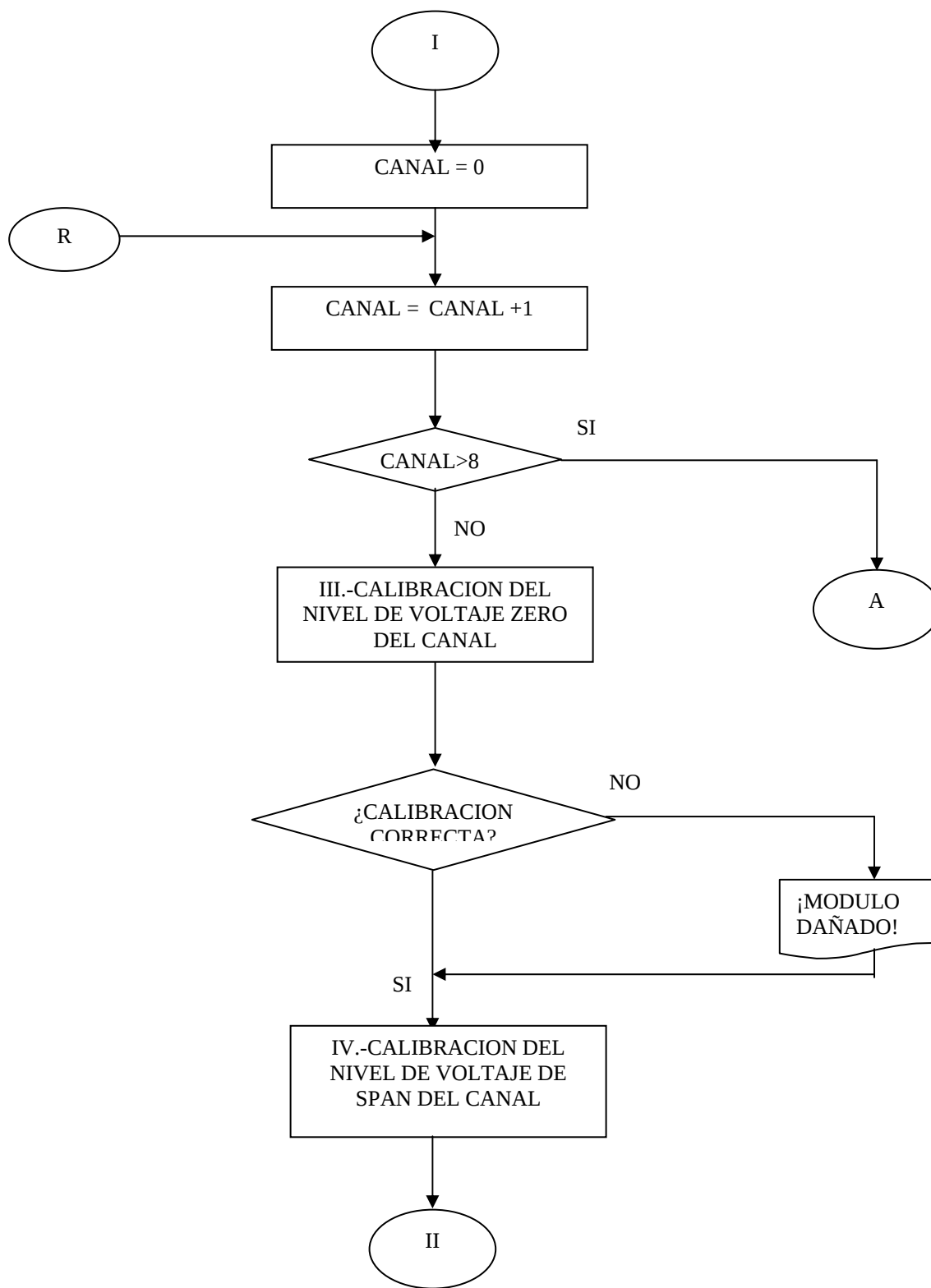
VII.- Lectura digital SUMMARY SHUTDOWN. En caso contrario, el canal está conectado a la salida SUMMARY SHUTDOWN y por lo tanto, el diagnosticador verifica la existencia de un '0' lógico.

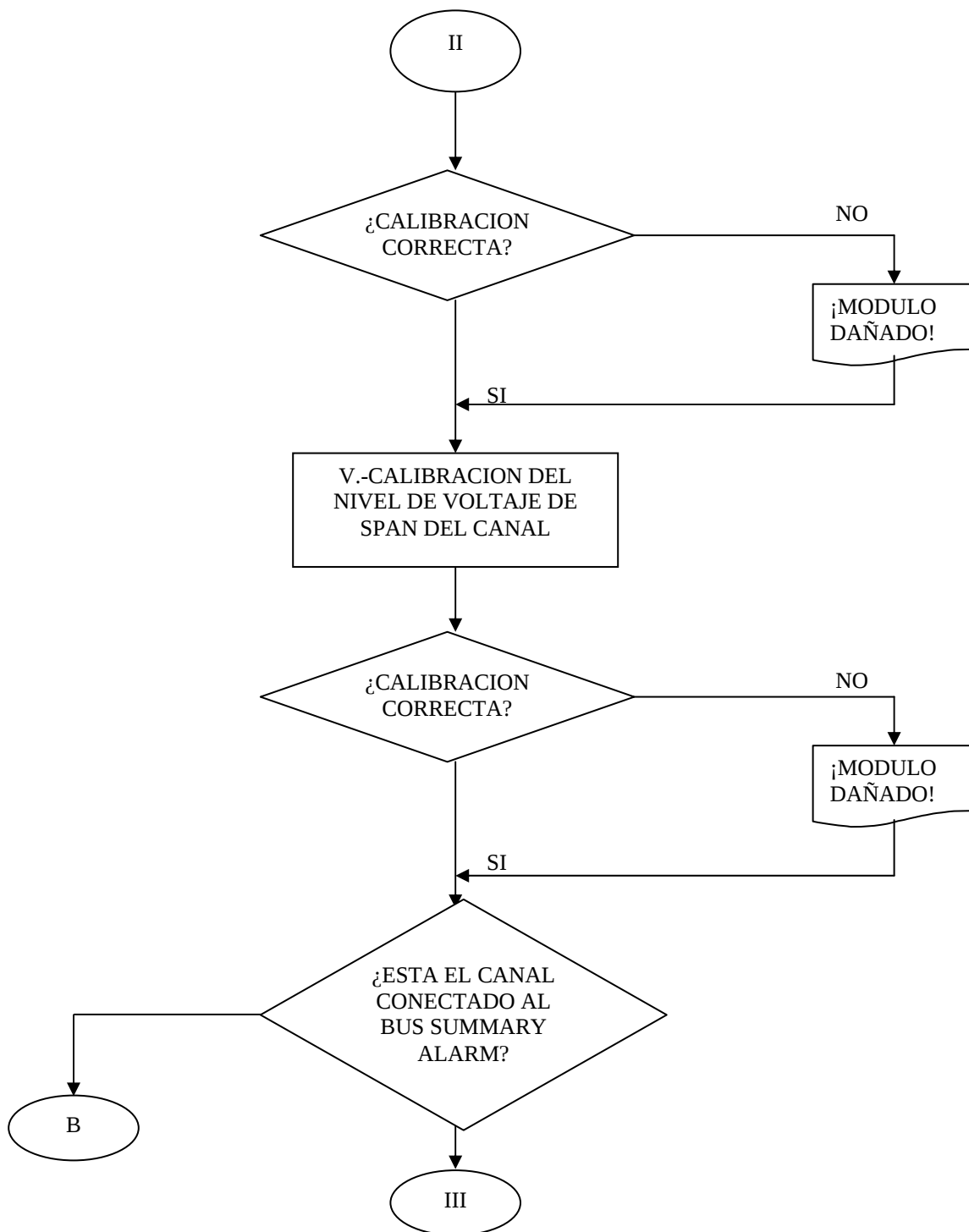
Los pasos 3 a 7 se repiten para la calibración de los canales restantes.

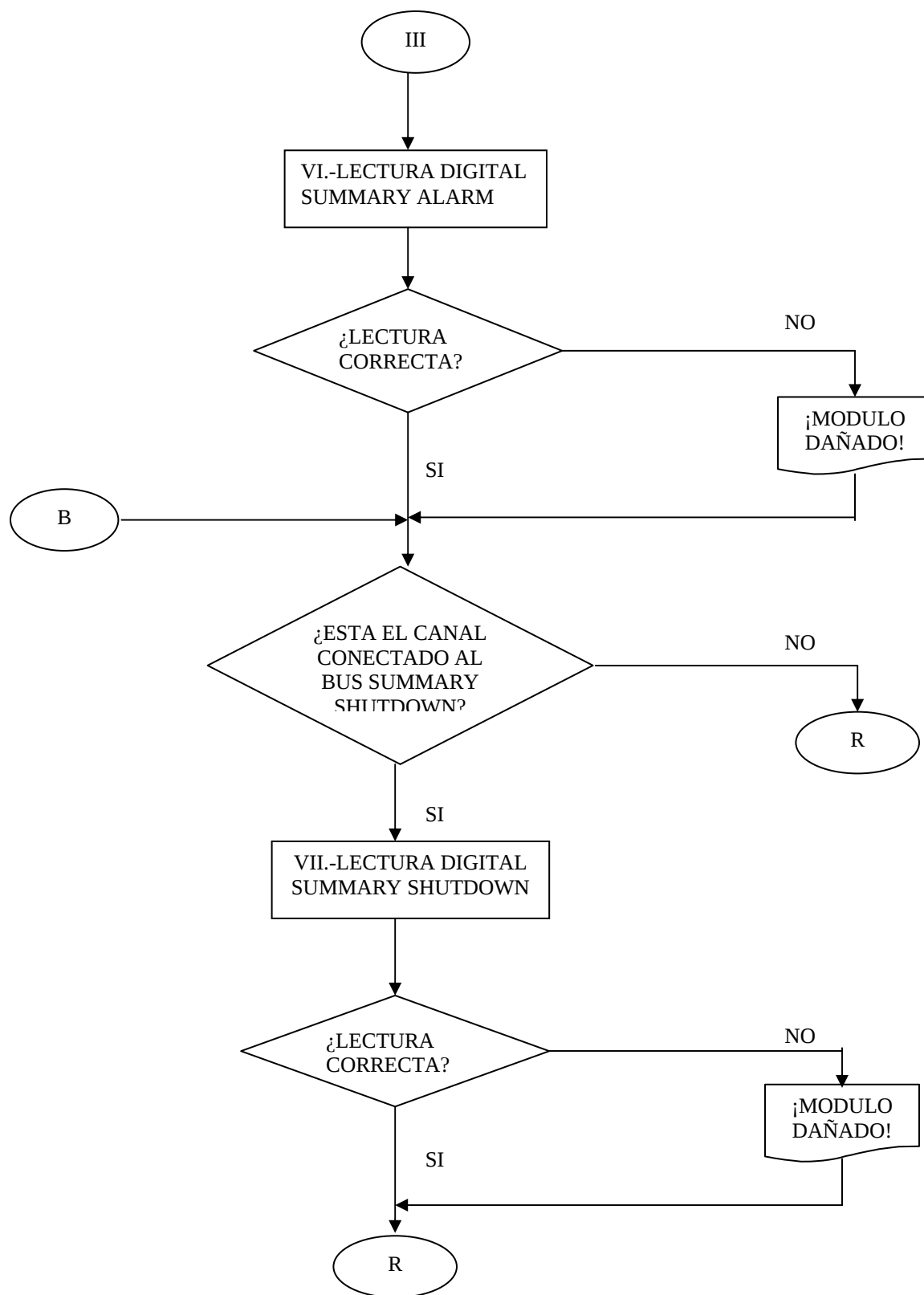
A continuación se presenta el diagrama de flujo para el diagnóstico del módulo RTD de temperatura; el programa fuente escrito en lenguaje "C" se llama **rtd.c** y su listado se encuentra en el apéndice "B". El diagnóstico consiste en 7 pruebas, descritas a detalle en las siguientes secciones.

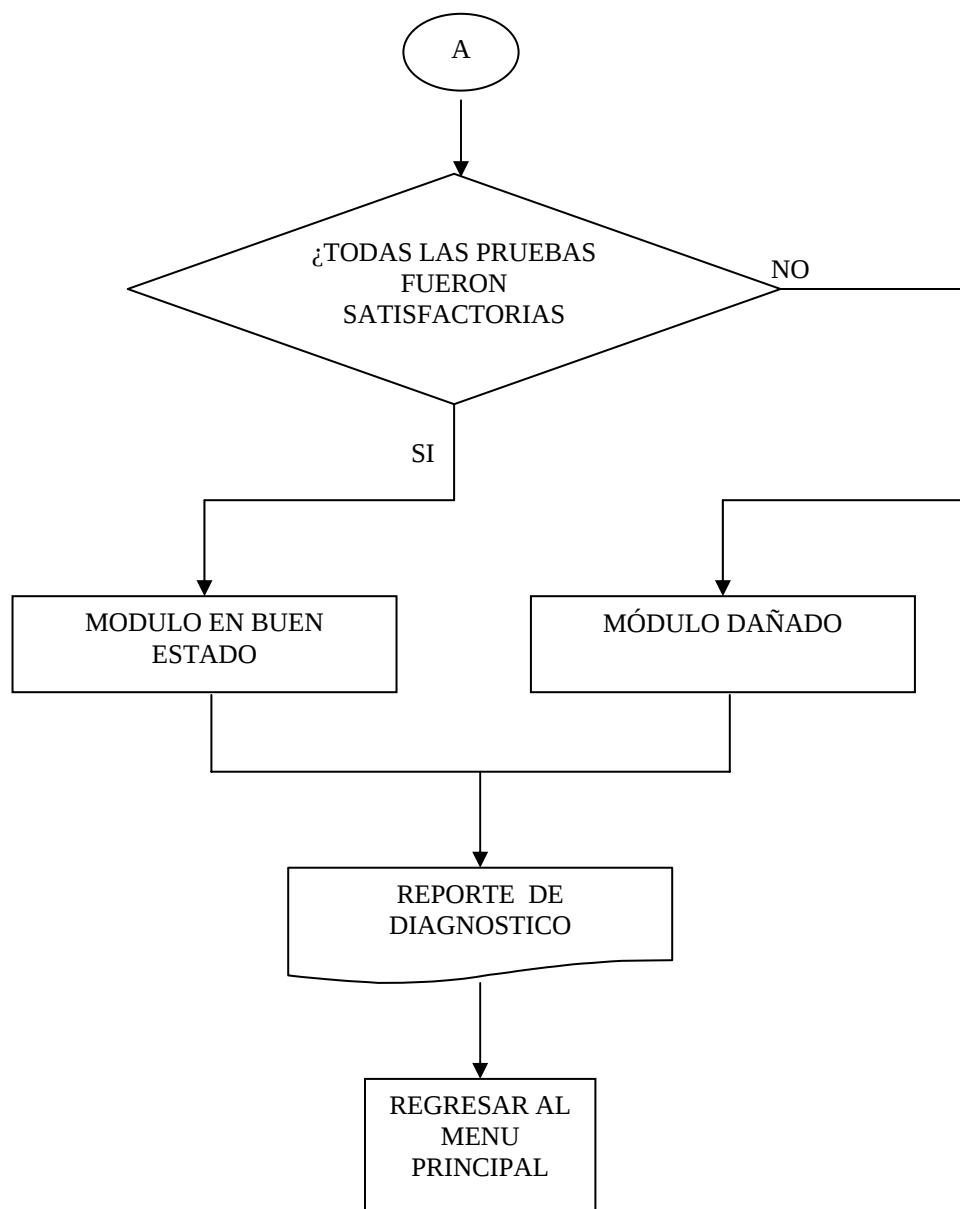
Diagrama de flujo del módulo RTD de Temperatura.











Al ejecutar el programa principal del software de diagnóstico, aparece una ventana mostrando un menú con los diferentes módulos (ver figura 5.2).

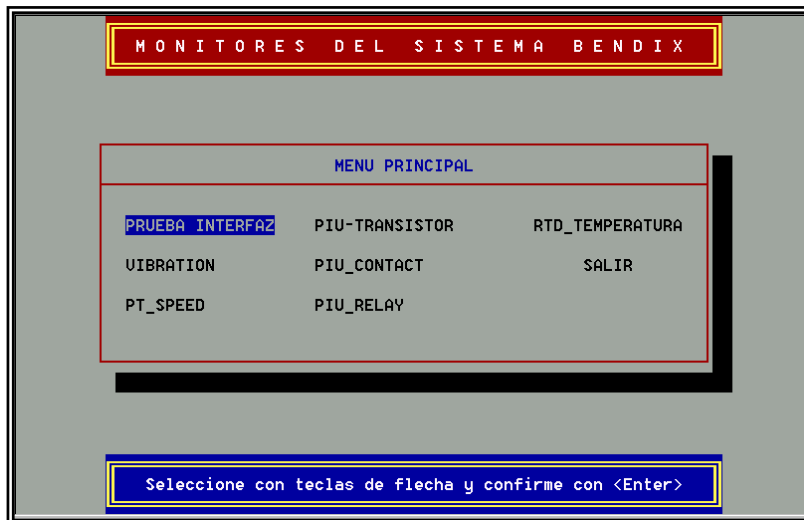


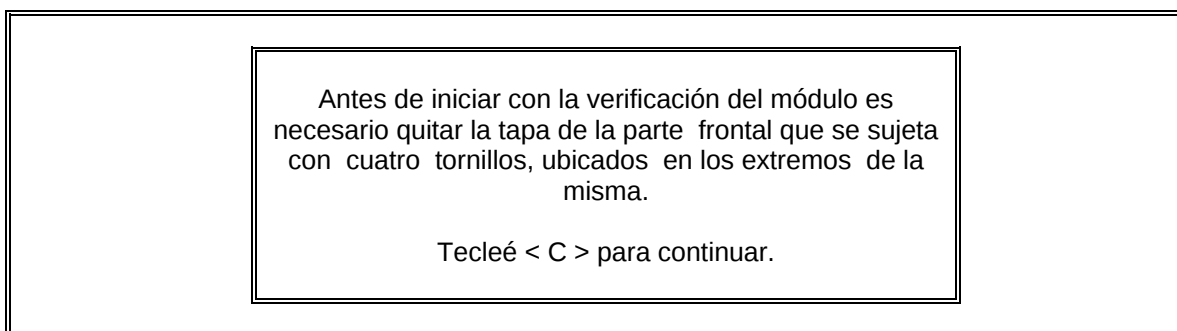
Figura 5.2 Pantalla principal del diagnosticador.

Al seleccionar alguna opción (para este caso el del módulo RTD de Temperatura), se inician las pruebas para su diagnóstico y calibración.

Seleccionado el módulo, se presenta la pantalla siguiente:



Para realizar el diagnóstico y calibración de este módulo, es necesario considerar las instrucciones siguientes:



A continuación, se pide al usuario colocar el módulo en la ranura correspondiente y realizar las indicaciones siguientes:

Una vez retirada la tapa de la parte frontal, debe realizar lo siguiente:

- 1.- Desactivar fuentes con el botón MALF.
- 2.- Conecte el módulo dentro del conector correspondiente.
- 3.- Encienda las fuentes de la interfaz.
- 4.- Verifique que estén encendidos los leds de las fuentes.

Tecleé < C > para continuar.

5.1.1 Procedimiento para la prueba I (Verificación de la alimentación).

En esta etapa se le pide al usuario verificar los leds indicadores de fuentes, bajo la pregunta siguiente:

¿ Encienden todos los leds indicadores de fuentes del gabinete de la interfaz (S/N) ?

Si la respuesta es negativa, implica que existe un corto en el módulo en diagnóstico, por lo tanto el programa genera el mensaje siguiente:

MÓDULO DAÑADO
REVISAR FUENTES

PRESIONE CUALQUIER TECLA PARA SALIR

Si el módulo no presentó falla en la prueba anterior, el programa seguirá su secuencia de diagnóstico.

A continuación, se presenta un menú, para seleccionar el tipo de módulo de temperatura, debido a que existen 4 tipos con diferentes parámetros de calibración.

SELECCIONE EL MODELO A DIAGNOSTICAR

MÓDULOS

MOD. RT15-23

MOD. RT15-24

MOD. RT15-25

MOD. RT15-26

SALIR

Seleccione con flechas y confirme con <Enter>

5.1.2 Procedimiento para la prueba II (Lámparas indicadoras del módulo).

Siguiendo con la secuencia de diagnóstico, se procede a verificar el funcionamiento de todas las lámparas indicadoras localizadas en la parte frontal del módulo, por lo tanto se presenta la pantalla siguiente:

PRUEBA DEL LAMP TEST

Para esta prueba es necesario:

Mover hacia la derecha la palanca del 'switch' localizado en la parte inferior del módulo, y observar si encienden las lámparas.

Teclee <C> para continuar.

Una vez realizado lo anterior, el usuario observará si todos los indicadores están funcionando correctamente, para confirmar lo anterior se realiza la pregunta siguiente:

PRUEBA DEL LAMP TEST

¿ Encienden todas las lámparas que corresponden a los canales del módulo (S/N)?

Si la respuesta a la pregunta anterior fue negativa, se presenta el mensaje siguiente :

diodos asociados a las lámparas en mal estado

PRESIONE CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR

Esto significa que existen lámparas fundidas o diodos asociados dañados.

A continuación, se procede a calibrar los niveles de salida de todos los canales del módulo, a través de los pots de ajuste correspondientes. En el Anexo D se dan las tablas de calibración dependiendo del modelo que se está diagnosticando. Para las pruebas siguientes se utilizan los valores correspondientes al modelo RT15-24, estos valores se muestran a continuación.

Tabla 5.1 Voltajes de calibración del módulo RTD modelo RT15-24.

CANAL	TEMPERATURA SETPOINT	IMPEDANCIA DEL RTD	VOLTAJE EQUIVALENTE EN LA ENTRADA DEL CANAL	SALIDA ANALOGICA VOLTAJE SETPOINT	CONFIGURACIÓN DEL CANAL
1	15.55 °C	127.49 Ω	192.65 mV	2.000 $\pm$ 0.025V	SHUTDOWN
2	126.66 °C	149.53 Ω	225.21 mV	3.250 $\pm$ 0.025V	SHUTDOWN
3	121.11 °C	147.40 Ω	222.07 mV	3.125 $\pm$ 0.025V	ALARM
4	65.55 °C	125.87 Ω	190.25 mV	1.857 $\pm$ 0.025V	ALARM
5	121.11 °C	147.40 Ω	222.07 mV	3.125 $\pm$ 0.025V	ALARM
6	121.11 °C	147.40 Ω	222.07 mV	3.125 $\pm$ 0.025V	ALARM
7	121.11 °C	147.40 Ω	222.07 mV	3.125 $\pm$ 0.025V	ALARM
8	121.11 °C	147.40 Ω	222.07 mV	3.125 $\pm$ 0.025V	ALARM

Cabe mencionar que para calibrar los niveles “ZERO” y “SPAN” se recurre a los valores siguientes:

Tabla 5.2 Niveles de voltaje ZERO y SPAN para todos los canales del módulo.

NIVEL	TEMPERATURA	IMPEDANCIA DEL RTD	VOLTAJE EQUIVALENTE EN LA ENTRADA DEL CANAL	SALIDA ANALOGICA VOLTAJE
ZERO	-17.77 °C	92.82Ω	141.00 mV	0.000 ± 0.025V
SPAN	204.44 °C	179.01Ω	268.42 mV	5.000 ± 0.025V

Los valores de calibración se calculan basándose en la fórmula siguiente (Ver capítulo 3 sección 3.3.5.1):

$$V_E = \frac{RTD * 10V}{RTD + 6.49 K}$$

Donde RTD es la impedancia que presenta el módulo a una temperatura de 0°F (-17.77°C) esta impedancia es de 92.82 Ω (Ver tabla 5.2), sustituyendo valores se tiene:

$$V_E = \frac{92.82\Omega * 10V}{92.82\Omega + 6.49K} = 141.00mV$$

5.1.3 Procedimiento para prueba III (Calibración del nivel de voltaje ZERO del canal).

Primeramente, se procede a calibrar el nivel ZERO del canal uno del módulo en diagnóstico. Para este fin el programa genera la señal de voltaje correspondiente a la prueba ZERO (141.00mV).

CALIBRANDO EL CANAL N° 1

Voltaje de ZERO a 0 ± 0.025V

Para esta calibración es necesario:

Ajustar el potenciómetro ZERO del canal 1, el cual se encuentra en la parte frontal del módulo.

Teclee <C> para continuar.

Una vez localizado el potenciómetro de ajuste, el programa muestra una pantalla a través de la cual, el usuario podrá visualizar el voltaje de salida del canal en turno (mostrado como

un valor XX.XXXX en la pantalla), que será calibrado utilizando el potenciómetro ZERO. La pantalla citada se presenta a continuación:

CALIBRANDO EL CANAL N° 1
Voltaje de ZERO a $0 \pm 0.025V$ XX.XXX Volts.
Pulse <Enter> cuando el voltaje esté dentro del rango. Pulse <Esc> cuando no pueda calibrar el canal.

Si la calibración no se pudo realizar (es decir se pulsó la tecla < Esc >), se muestra el mensaje siguiente:

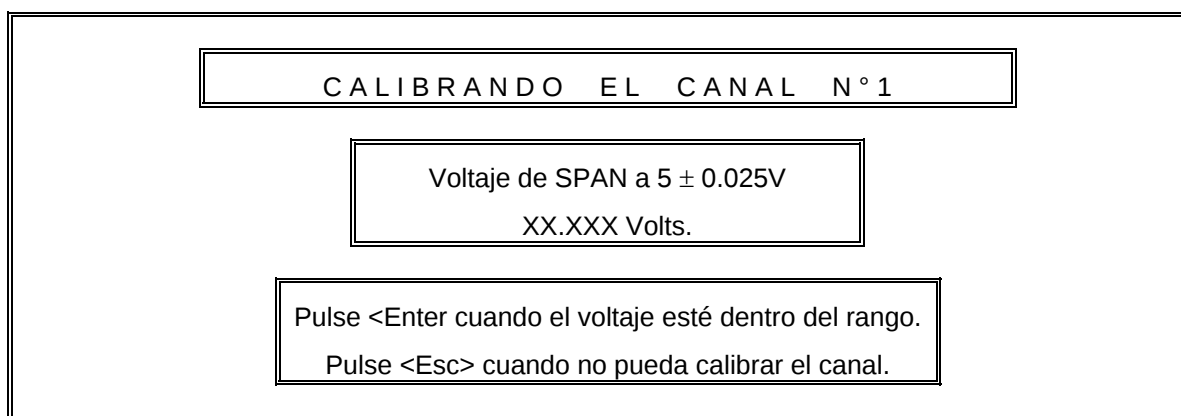
CALIBRANDO EL CANAL N° 1
MÓDULO DAÑADO
PRESIONE CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR

5.1.4 Procedimiento para la prueba IV(Calibración del nivel de voltaje SPAN del canal).

Una vez calibrado el nivel de temperatura ZERO, se procede a calibrar el nivel de SPAN. De acuerdo a la tabla 5.2, el valor correspondiente de SPAN en este canal es igual a 268.42 mV. Para hacer el ajuste, se presenta la pantalla siguiente:



Una vez localizado el potenciómetro de ajuste, el programa presenta la pantalla siguiente, la cual permitirá al usuario visualizar el nivel de voltaje que se está ajustando.



5.1.5 Procedimiento para la prueba V (Calibración del nivel de voltaje SETPOINT del canal).

Si la calibración se pudo realizar, se procede a calibrar el detector de nivel del canal, para este fin el diagnosticador genera el voltaje correspondiente, especificado en la tabla 5.2; se observa que para el canal 1 es de 192.65 mV. Para lograr esta calibración el programa presenta el mensaje siguiente:

CALIBRANDO EL CANAL N° 1

Voltaje de SETPOINT a $2 \pm 0.025V$

Para esta calibración es necesario:

Ajustar el potenciómetro SETPT del canal 1, el cual se encuentra en la parte frontal del módulo.

OBSERVAR QUE PRENDA LA LÁMPARA DEL CANAL

Teclee <C> para continuar.

Una vez localizado el potenciómetro de ajuste, el diagnosticador permite leer el voltaje al cual se está calibrando, a través de la pantalla siguiente:

CALIBRANDO EL CANAL N° 1

Voltaje de SETPT a $2 \pm 0.025V$
XX.XXX Volts.

Pulse <Enter> cuando el voltaje este dentro del rango.

Pulse <Esc> cuando no pueda calibrar el canal.

Si la calibración se pudo realizar (es decir, se prendió la lámpara del canal), el diagnosticador procede a leer en la terminal SETPOINT CH1 un valor digital '0'. Si la lectura fue la esperada, se presenta el mensaje siguiente:

CALIBRANDO EL CANAL N° 1

Lectura de voltaje digital SETPT Canal N°1

LECTURA CORRECTA

5.1.6 Procedimiento para la prueba VI (Lectura digital SUMMARY ALARM).

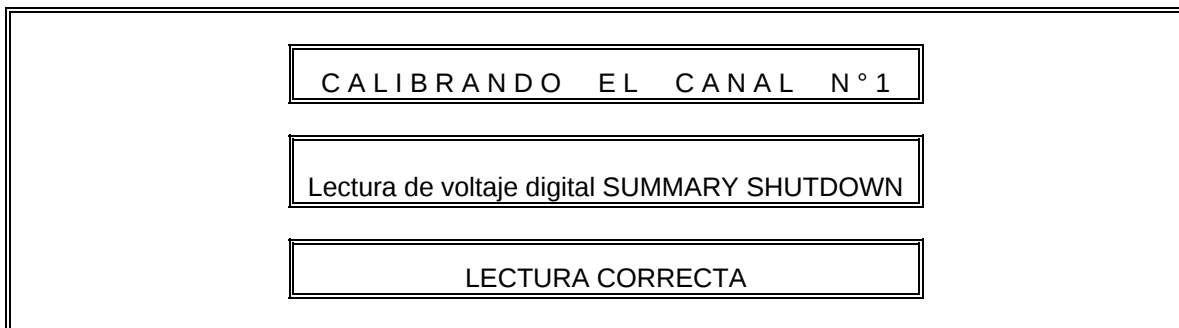
Si el canal bajo prueba está conectado al bus SUMMARY ALARM, el diagnosticador procede a leer en la terminal del mismo nombre un valor digital de '0'. Para este fin se presenta el mensaje siguiente:



En caso de que la lectura sea incorrecta, se presenta el mensaje de “MÓDULO DAÑADO” y se continúa con el diagnóstico.

5.1.7 Procedimiento para la prueba VII (Lectura digital SUMMARY SHUTDOWN).

Si el canal en diagnóstico está conectado al bus SUMMARY SHUTDOWN, se procede a leer un cero lógico en la terminal del mismo nombre; si la lectura fue correcta se presenta el mensaje siguiente:



Para la calibración de los canales restantes se repiten los pasos del III a VII.

Si todas las pruebas anteriores fueron correctas, entonces el diagnosticador presenta el mensaje de “MÓDULO EN BUEN ESTADO”. De manera contraria, aparece el mensaje de “MÓDULO DAÑADO”.

De esta forma se cumple con la secuencia de calibración del módulo RTD de temperatura, especificada por el manual del fabricante. Para que el usuario corrobore esto se presenta al

final un reporte a través de la pantalla, con la opción de imprimirlo para tener una referencia de la etapa del diagnóstico en la que se detectaron falla(s), si es que existieron.

El reporte de diagnóstico es un documento que presenta las diferentes pruebas que se realizaron, notificando si existen fallas, así como un encabezado con datos generales y datos del módulo. El reporte siguiente muestra un ejemplo del documento.

PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN SISTEMAS DE COMPRESIÓN LABORATORIO DE ELECTRÓNICA KM 4.5. MÓDULO RTD DE TEMPERATURA. MODELO: RT-1524 OPERADOR: JACINTO PÉREZ. FECHA: 15-07-99 CALIBRACIÓN DEL CANAL 1. Calibración del voltaje ZERO (0°F) Correcta. Calibración del voltaje SPAN (400°F) Correcta. Calibración del voltaje SETPOINT (60°F) Correcta. Lectura de voltaje digital SUMMARY SHUTDOWN Correcta. CALIBRACIÓN DEL CANAL 2. Calibración del voltaje ZERO (0°F) Correcta. Calibración del voltaje SPAN (400°F) Correcta. Calibración del voltaje SETPOINT (260°F) Correcta. Lectura de voltaje digital SUMMARY SHUTDOWN Correcta. CALIBRACIÓN DEL CANAL 3. Calibración del voltaje ZERO (0°F) Correcta. Calibración del voltaje SPAN (400°F) Correcta. Calibración del voltaje SETPOINT (250°F) Correcta. Lectura de voltaje digital SUMMARY ALARM Correcta.
--

CALIBRACIÓN DEL CANAL 4.

Calibración del voltaje ZERO (0°F) Correcta.

Calibración del voltaje SPAN (400°F) Correcta.

Calibración del voltaje SETPOINT (150°F) Correcta.

Lectura de voltaje digital SUMMARY ALARM Correcta.

Calibración del voltaje SETPOINT (150°F) Correcta.

Lectura de voltaje digital SUMMARY ALARM Correcta.

CALIBRACIÓN DEL CANAL 5.

Calibración del voltaje ZERO (0°F) Correcta.

Calibración del voltaje SPAN (400°F) Correcta.

Calibración del voltaje SETPOINT (250°F) Correcta.

Lectura de voltaje digital SUMMARY ALARM Correcta.

CALIBRACIÓN DEL CANAL 6.

Calibración del voltaje ZERO (0°F) Correcta.

Calibración del voltaje SPAN (400°F) Correcta.

Calibración del voltaje SETPOINT (250°F) Correcta.

Lectura de voltaje digital SUMMARY ALARM Correcta.

CALIBRACIÓN DEL CANAL 7.

Calibración del voltaje ZERO (0°F) Correcta.

Calibración del voltaje SPAN (400°F) Correcta.

Calibración del voltaje SETPOINT (250°F) Correcta.

Lectura de voltaje digital SUMMARY ALARM Correcta.

CALIBRACIÓN DEL CANAL 8

Calibración del voltaje ZERO (0°F) Correcta.

Calibración del voltaje SPAN (400°F) Correcta.

Calibración del voltaje SETPOINT (250°F) Correcta.

Lectura de voltaje digital SUMMARY ALARM Correcta.

DIAGNÓSTICO: MÓDULO EN BUEN ESTADO.

Figura 5.3 Reporte de diagnóstico del módulo RTD de temperatura.

5.2 Diagnóstico del módulo de velocidad.

El módulo de velocidad es un dispositivo de 2 canales que convierte la frecuencia proveniente de 2 puntas de prueba magnética o tipo proximitor a un voltaje de corriente

directa. Este módulo es típicamente utilizado en los productores de gas y en la turbina de potencia.

Para realizar el diagnóstico del módulo de velocidad, es necesario tener referencia de sus entradas y salidas electrónicas. A continuación se expone un diagrama en el cual se ilustran estas señales.

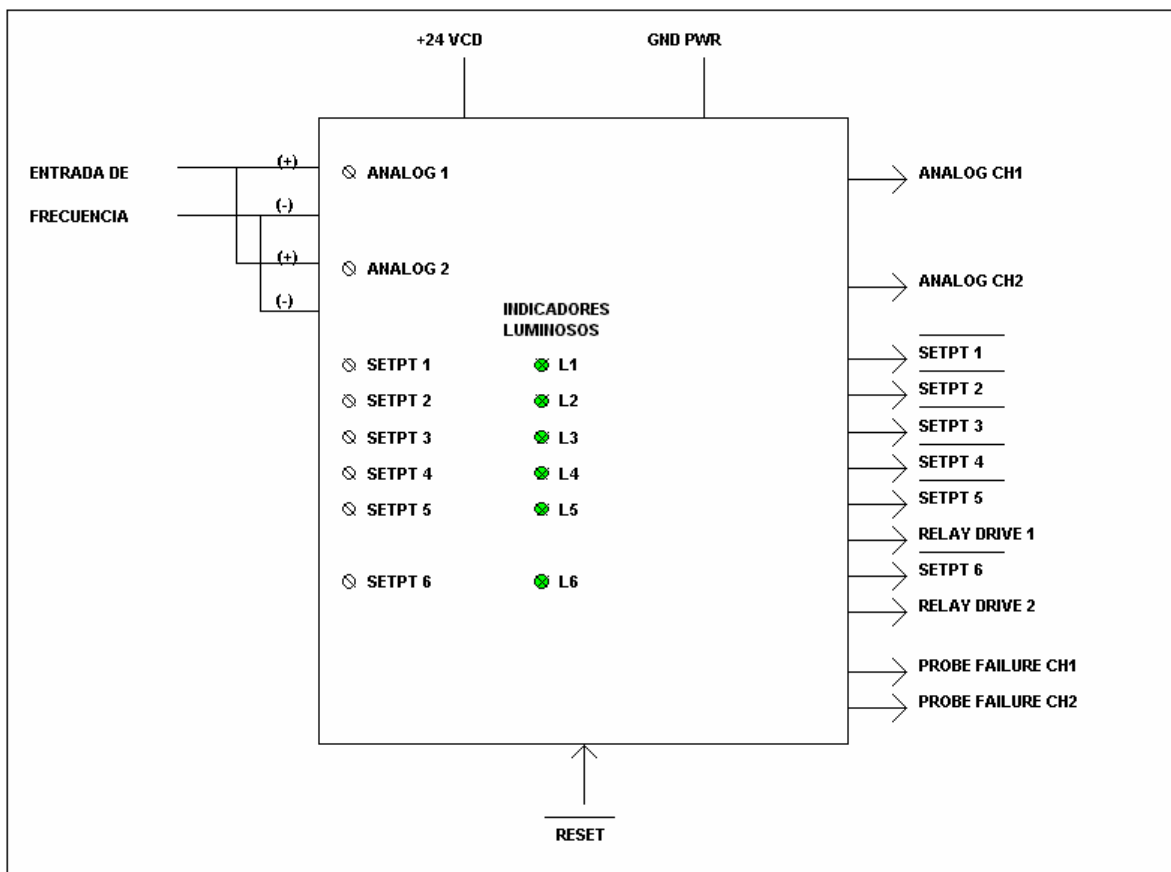


Figura 5.4 Diagrama general de entradas y salidas del módulo de velocidad.

Como se observa en la figura 5.4, para el diagnóstico del módulo de velocidad se define lo siguiente:

a) Entradas analógicas del módulo de velocidad.

Este módulo tiene dos canales de entrada (ANALOG 1 y ANALOG 2), la señal que se alimenta a estos canales es una señal de frecuencia con una amplitud entre 5 y 20 Vpp, proveniente de los sensores de velocidad.

b) Salidas analógicas del módulo de velocidad.

Se tienen dos salidas de voltaje (ANALOG CH1 y ANALOG CH2), con rango de 0 – 5 V proporcional a la entrada de frecuencia.

c) Señales lógicas.

SETPT1 a SETPT6. Estas señales indican cuándo la entrada de frecuencia alcanza un determinado nivel en Hz. Por ejemplo se puede fijar el SETPT1 para que se dispare a una frecuencia de 392Hz. Cuando se alcance esta frecuencia la lámpara L1 asociada al SETPT1 se encenderá y en esta salida se tiene un “1” lógico.

RELAY DRIVE1 y RELAY DRIVE 2. En estas salidas generalmente van conectados dos relevadores, los cuales se activan en el caso de RELAY DRIVE1, cuando se activa el SETPT5; y para RELAY DRIVE2 cuando se activa SETPT6. La acción de estos relevadores es cerrar la válvula principal de combustible de la turbina.

PROBE FAILURE CH1 y PROBE FAILURE CH2. Permiten probar si el sensor de velocidad está abierto, esto es básicamente detectando la impedancia de entrada del sensor que en condiciones normales no debe exceder los 10 K Ω . Si se excede este valor de impedancia, se considera que el sensor de velocidad está abierto.

d) Potenciómetros de ajuste.

ANALOG 1 y ANALOG 2. Permiten calibrar el rango de salida en voltaje de los dos canales, cuyo valor se ve reflejado en las terminales ANALOG CH1 y ANALOG CH2. Este rango se encuentra entre los 0 y 5 V.

SETPT1 a SETPT6. Permiten fijar los niveles de activación (“1” o ‘0’ lógico) de SETPT1 a SETPT6. Se considera que el nivel está calibrado cuando a determinada frecuencia especificada en el manual de calibración, se enciende la lámpara asociada; por ejemplo se considera que el SETPT1 está activado cuando al alcanzarse la frecuencia de activación, la lámpara L1 se enciende y en la terminal asociada se tiene un nivel “1” lógico.

Secuencia de diagnóstico del módulo de velocidad.

I.- Revisión de la alimentación del módulo. Se alimenta el módulo y se verifica que no tenga ningún corto interno. Esto se comprueba a través de los led’s indicadores de fuentes del diagnosticador.

II.- Prueba del Reset. Se deshabilita la entrada de frecuencia en los dos canales del módulo. A continuación se envía un ‘0’ lógico a través de la terminal RESET verificándose que en las salidas SETPT1 a SETPT6 exista un “1” lógico y en las salidas RELAY DRIVE 1 y RELAY DRIVE 2 un ‘0’ lógico.

III.- Prueba de los detectores de punta (punta inactiva). Se envía un “1” lógico en la terminal RESET y se verifica que las salidas PROBE FAILURE 1 y PROBE FAILURE 2 tengan un ‘0’ lógico.

IV.- Prueba de los detectores de punta (punta activa). Se genera una frecuencia equivalente al 100% de velocidad (Ver anexo D) en la entrada de los canales 1 y 2. Con estas condiciones se verifica que las salidas PROBE FAILURE 1 y PROBE FAILURE 2 tengan un “1” lógico.

V.- Calibración de los canales 1 y 2 (100% de velocidad). Manteniendo las condiciones del punto 4 se calibran las salidas de los canales 1 y 2. La salida de voltaje en ANALOG CH1 y ANALOG CH2 debe ser de 4.16 Volts. Este valor podrá calibrarse si es necesario a través de los potenciómetros ANALOG1 y ANALOG2 respectivamente.

VI.- Calibración de los canales 1 y 2 (120% de velocidad). Se incrementa la frecuencia de entrada a un valor equivalente al 120% de velocidad. Con estas condiciones la salida de voltaje en las terminales ANALOG CH1 y ANALOG CH2 deberá ser de 5.00 Volts. En caso de un reajuste éste podrá realizarse mediante los potenciómetros ANALOG CH1 y ANALOG CH2 respectivamente. También se verifica que las lámparas L5 y L6 se enciendan.

VII.- Prueba del Reset. Se quita la señal de frecuencia en la entrada de los canales 1 y 2. Con estas condiciones los led's indicadores L5 y L6 quedarán encendidos. Para apagarlos el diagnosticador envía un ‘0’ lógico en la terminal RESET.

VIII.- Calibración del setpoint 1. Se genera en la entrada de los canales 1 y 2 la frecuencia necesaria para calibrar el SETPT1 (ver anexo D). Si la lámpara L1 asociada al SETPT1 se encuentra apagada, se gira el pot SETPT1 a la izquierda hasta encenderla. Una vez encendida se verifica en la terminal SETPT1 un ‘0’ lógico. Posteriormente se gira el pot SETPT1 a la derecha hasta apagar L1, verificándose además la existencia de un “1” lógico en SETPT1. Por último se gira el pot muy suavemente a la izquierda hasta que la lámpara se encienda.

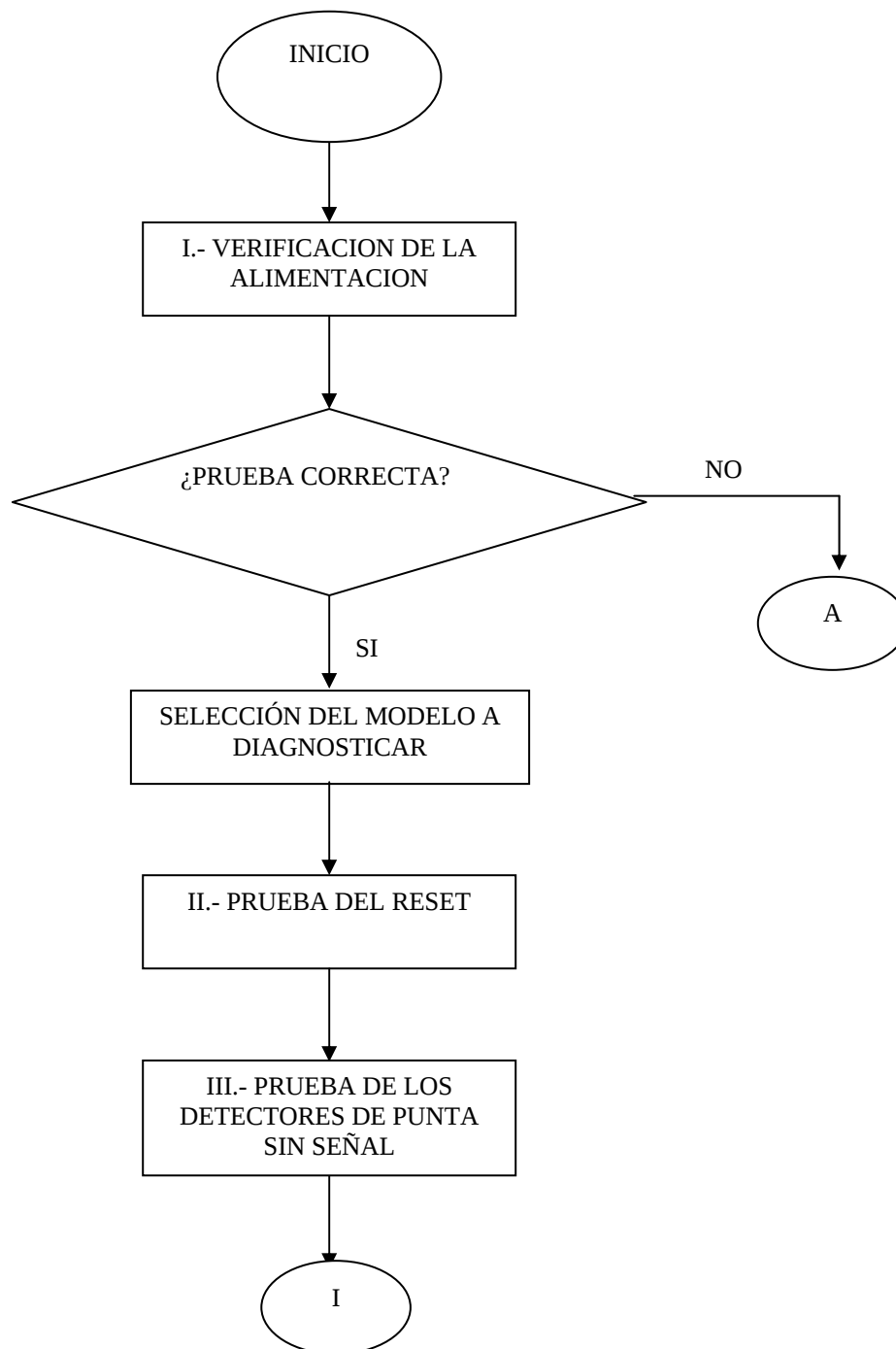
IX.- Calibración de los setpoints 2, 3 y 4. Se repite el paso 8 para los setpoints 2,3 y 4.

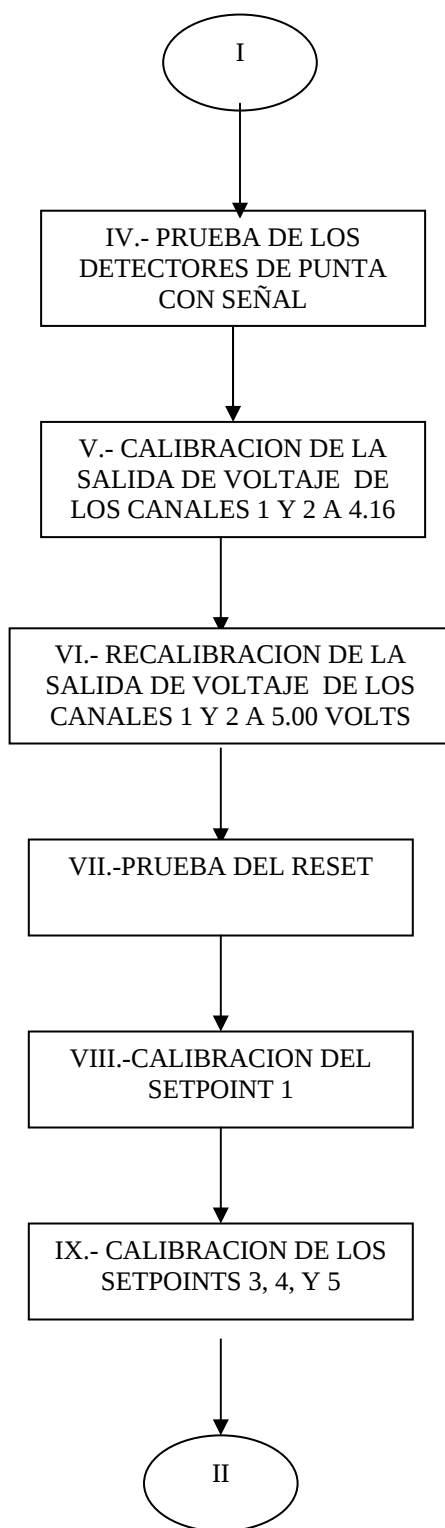
X.- Calibración de los setpoints 5 y 6. Se genera en la entrada de los canales 1 y 2 la frecuencia necesaria para calibrar el SETPT5 y el SETPT6 (ver anexo D). Si las lámparas L5 y L6 se encuentran apagadas se giran los pots SETPT5 y SETPT6 a la izquierda hasta encenderlas. Se envía un “1” lógico en la terminal RESET por 1 segundo. Una vez encendidas L5 y L6 se verifica en las terminales SETPT5 y SETPT6 un ‘0’ lógico. Posteriormente se giran los pots SETPT5 y SETPT6 a la derecha hasta apagar las lámparas asociadas, verificándose además la existencia de un “1” lógico en las terminales del mismo nombre. Por último se giran los pots muy suavemente a la izquierda hasta que las lámparas vuelvan a encender.

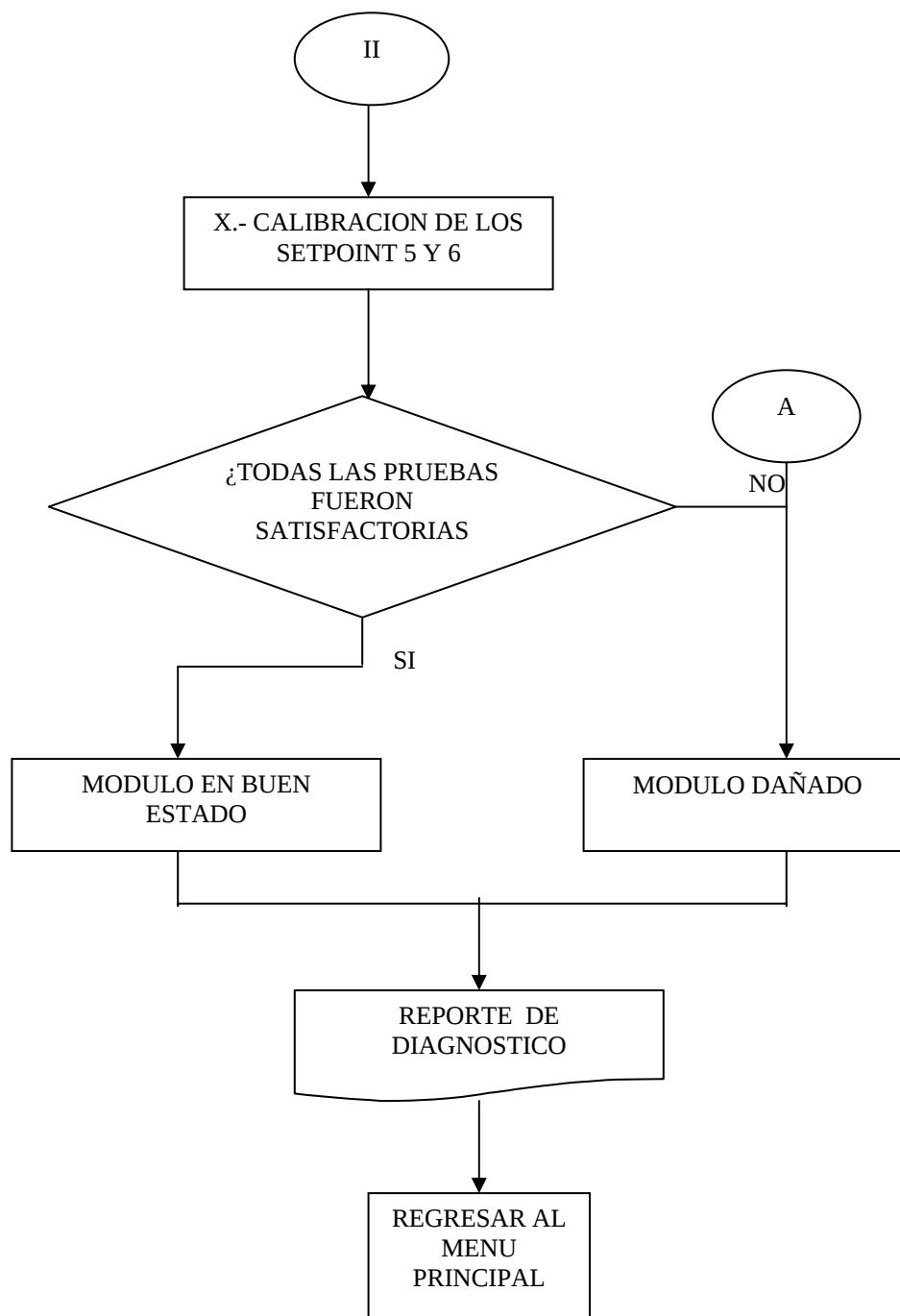
El diagrama de flujo para el diagnóstico del módulo de VELOCIDAD, aparece a continuación. Dicho diagnóstico consta de 11 pruebas, las que se describen en las

secciones siguientes. El programa fuente está escrito en lenguaje “C” y se llama **velmod.c** y su listado se encuentra en el apéndice “B”.

Diagrama de flujo del módulo de Velocidad.

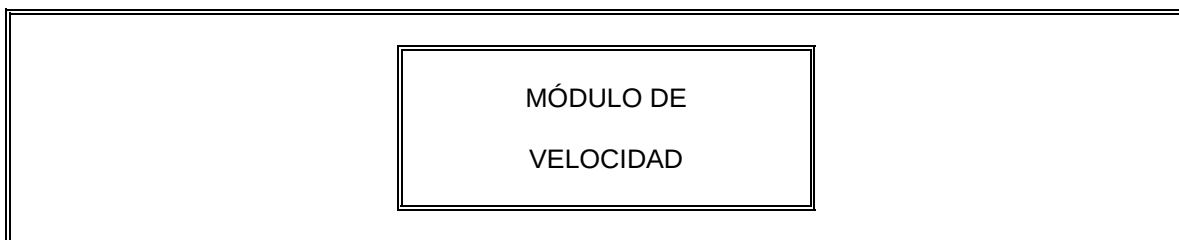




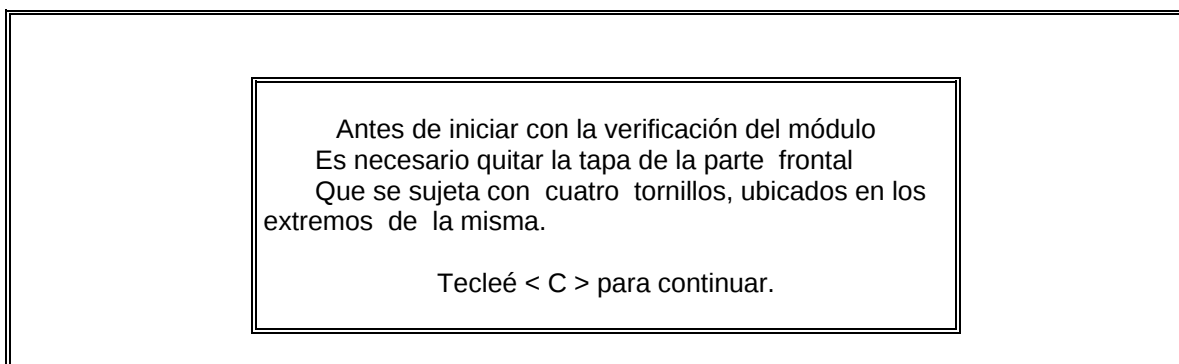


Seleccionando del menú principal (figura 5.2) la opción de diagnóstico para el módulo de velocidad, se inicia la secuencia de diagnóstico y calibración basada en el manual del fabricante.

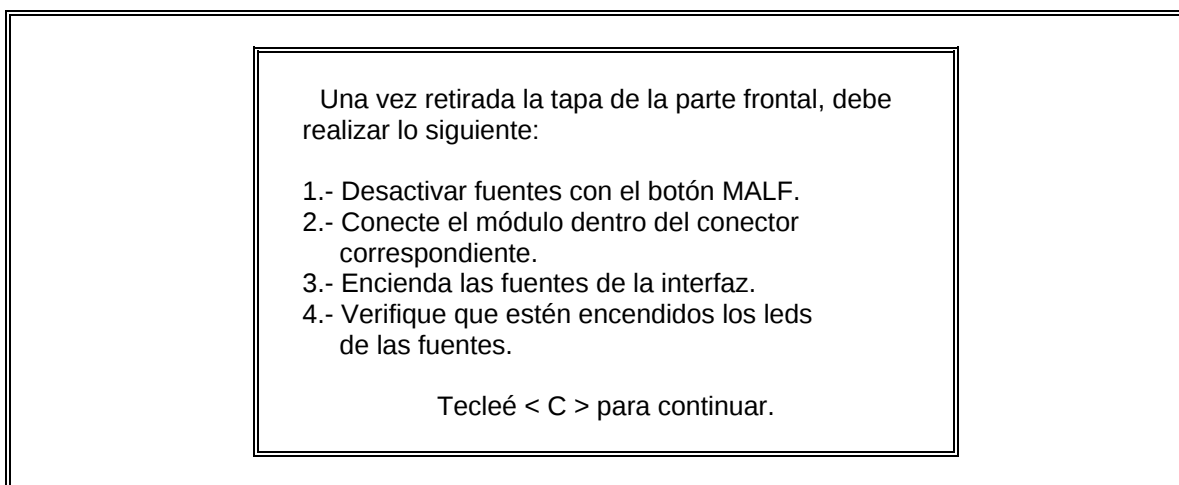
Para esta prueba el programa desplegará la pantalla siguiente:



Al igual que en el diagnóstico del módulo RTD de temperatura, se tiene la necesidad de acceder a los potenciómetros de ajuste, y realizar las instrucciones siguientes:



Una vez realizado lo anterior, es necesario establecer la comunicación entre el módulo y el equipo, y realizar las instrucciones siguientes:



5.2.1 Procedimiento para la prueba I (Verificación de la alimentación).

Como se muestra en la pantalla anterior, se le pide al usuario verificar los leds indicadores de fuentes, para validar tal evento se realiza la pregunta siguiente:

¿ Encienden todos los leds indicadores de fuentes del gabinete de la interfaz (S/N)?

Si la respuesta es negativa, implica que existe un corto en el módulo en diagnóstico, por lo tanto el programa genera el mensaje siguiente:

MÓDULO DAÑADO
REVISAR FUENTES

PRESIONE CUALQUIER TECLA PARA SALIR

Si el módulo no presentó cortos internos, se continúa con el diagnóstico y calibración del módulo de velocidad.

Continuando con las pruebas, se presenta un menú para seleccionar entre los diferentes tipos de módulos para monitorear velocidad. Como se mencionó en la sección 3.2, existen dos tipos de módulos de velocidad: los que se utilizan con la turbina de potencia y los que se usan en el generador de gases. El modelo correspondiente a la turbina de potencia es el SM18-4 y el utilizado en el generador de gases es el modelo SM11-7.

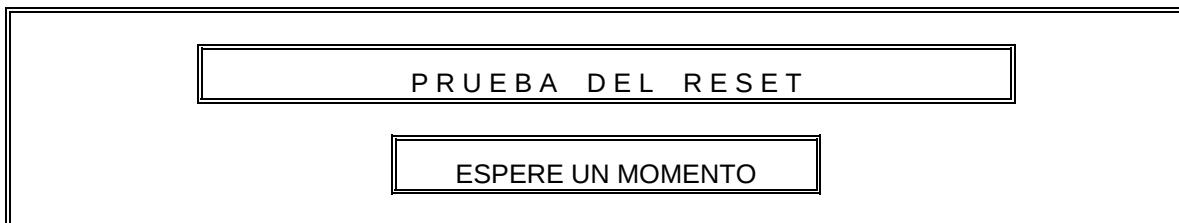
SELECCIONE EL MODELO A DIAGNOSTICAR

MÓDULOS
MOD. SM18-4.
MOD. SM11-7
SALIR

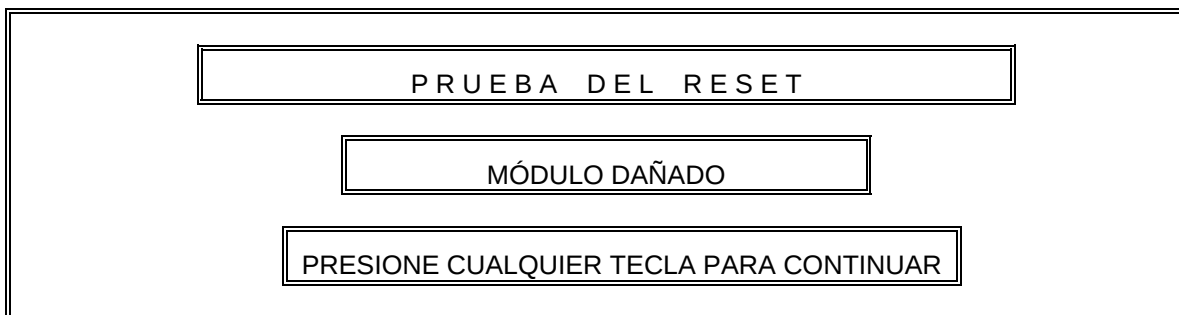
Seleccione con flechas y confirme con <Enter>

5.2.2 Procedimiento para la prueba II(Prueba del RESET).

Para esta prueba, es necesario enviar a la terminal RESET un '0' lógico, para apagar todos los indicadores luminosos (si alguno de ellos estuviese encendido), mostrando el mensaje siguiente:



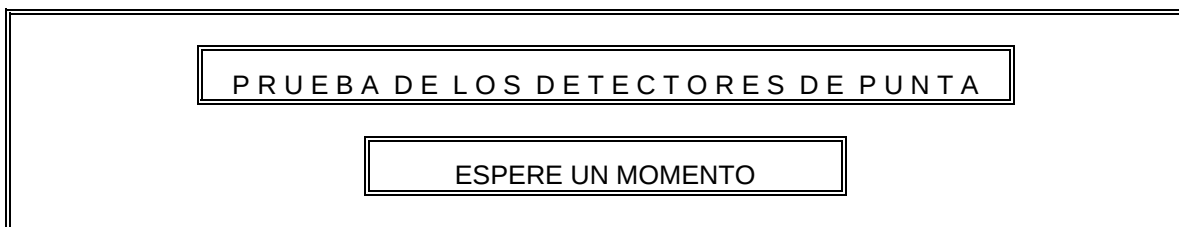
El diagnosticador verificará en las terminales SETPT1 a SETPT 6 la existencia de 5 Volts (1 lógico), lo cual significa que todas las lámparas indicadoras deberán estar apagadas, además de verificar en las salidas RELAY DRIVER la existencia de un '0' lógico. Si estas condiciones no se presentan en el módulo, el diagnosticador genera el mensaje siguiente:



En caso contrario, se continúa con la prueba siguiente.

5.2.3 Procedimiento para la prueba III (Prueba de los detectores de punta sin señal).

A continuación, el diagnosticador procede a verificar el funcionamiento del circuito detector de puntas. Este circuito verifica la impedancia del sensor de velocidad (punta de prueba), la impedancia no debe exceder los 10 K Ω . El diagnosticador inhabilitará el circuito simulador de las puntas de prueba, para provocar que en la entrada de los canales uno y dos, exista una impedancia de entrada infinita (Punta de prueba abierta). Para indicar al usuario la realización de esta prueba, se presenta la pantalla siguiente:



Con las condiciones anteriores, el diagnosticador procede a verificar la existencia de un voltaje de 0 a 0.5 Volts ('0' lógico) en las terminales PROBE FAILURE CH1 y PROBE FAILURE CH2 (Ver figura 5.4). Además como no existe señal de entrada, el diagnosticador verifica en las terminales ANALOG CH1 y ANALOG CH2 la existencia de 0.0 Volts. Si las condiciones anteriores no se cumplen, se genera el mensaje siguiente:

PRUEBA DE LOS DETECTORES DE PUNTA

MÓDULO DAÑADO

PRESIONE CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR

En caso contrario, se continúa con la prueba siguiente.

5.2.4 Procedimiento para la prueba IV (Prueba de los detectores de punta con señal).

Ahora el diagnosticador procede a activar el circuito simulador de la punta de prueba, generando una frecuencia equivalente al 100% de velocidad (7050 Hz). Este valor se verifica en la tabla siguiente.

Tabla 5.3 Señales de entrada para la calibración de los canales 1 y 2 del módulo de velocidad

Velocidad Zero	0 R.P.M.	0 Hz.	0.000V
100% Velocidad	9000 R.P.M.	7050 Hz.	4.167V
Velocidad Span	10800 R.P.M.	8460 Hz.	5.000V

Con la punta presente en la entrada de ambos canales, se procede a verificar el funcionamiento del circuito sensor de puntas del módulo. Para indicar dicha prueba, se genera el mensaje siguiente:

REVISANDO ENTRADAS DE PUNTAS ACTIVA.

ESPERE UN MOMENTO

Con las condiciones anteriores, el diagnosticador realiza una lectura digital en las terminales PROBE FAILURE CH1 y PROBE FAILURE CH2, verificando la existencia de

un "1" lógico. Si las lecturas digitales no son las esperadas, se presenta el mensaje de “módulo dañado” y se continúa con la secuencia de diagnóstico.

5.2.5 Procedimiento para la prueba V (Calibración de la salida de voltaje del canal 1 a 4.16 Volts).

Una vez verificado el funcionamiento del circuito sensor de puntas y con las condiciones anteriores (7050 Hz en la entrada de los canales 1 y 2) se procede a calibrar la salida analógica del canal uno. Para esta prueba el diagnosticador presenta el mensaje siguiente:

CALIBRANDO EL VOLTAJE DE LA SALIDA 1 A 4.16 VOLTS.

Para esta calibración es necesario:

Ajustar el potenciómetro ANALOG 1,
el cual se encuentra en la parte
frontal del módulo.

Teclee <C> para continuar.

Una vez localizado el potenciómetro, se genera la pantalla siguiente, para que el usuario pueda visualizar el nivel de voltaje que está ajustando.

CALIBRANDO EL VOLTAJE DE LA SALIDA 1 A 4.16 VOLTS.

Lectura de Voltaje

XX.XXX Volts.

Pulse <Enter> cuando el voltaje este dentro del rango.
Pulse <Esc> cuando no pueda calibrar el canal.

Si la calibración no se puede realizar, se presenta el mensaje de “módulo dañado” y se continúa con el diagnóstico.

5.2.6 Procedimiento para la prueba VI (Calibración de la salida de voltaje del canal 2 a 4.16 Volts).

Para realizar la calibración de la salida analógica del canal 2, se repite el punto anterior.

5.2.7 Procedimiento para la prueba VII (Recalibración de la salida de voltaje de los canales 1 y 2 a 5.00 Volts).

El diagnosticador genera una frecuencia equivalente al 120% del rango de velocidad (8460 Hz) en la entrada de los canales 1 y 2. Con estas condiciones se procede a verificar la calibración realizada en los pasos IV y V, pero ahora con una lectura de voltaje de 5.00 Volts. Si se requiere algún reajuste, éste deberá realizarse mediante los pots. ANALOG 1 y ANALOG 2, en la forma descrita anteriormente.

5.2.8 Procedimiento para la prueba VIII (Prueba del RESET).

Para realizar esta prueba, se envía un '0' lógico en la terminal RESET, para apagar las lámparas que en este momento quedaron encendidas (Lámparas L5 y L6), las cuales quedaron en este estado debido a que contienen un circuito tipo latch, es decir con buffer.

5.2.9 Procedimiento para la prueba IX (Calibración del setpoint 1).

El diagnosticador genera una señal de frecuencia necesaria para calibrar el setpoint 1 (390 Hz) de acuerdo a la tabla siguiente.

Tabla 5.4 Señales de entrada para la calibración de los SETPT.

SETPT	Velocidad (RPM)	Frecuencia (Hz)	Salida de voltaje (V)
1	500	392	0.231
2	1600	1253	0.741
3	4500	3525	2.083
4	8000	6267	3.704
5	9700	7598	4.490
6	9700	7598	4.490

Posteriormente, se presenta el mensaje siguiente:

CALIBRANDO EL CANAL N° 1

Calibrando el Pot. SETPT1:

Si la lámpara está apagada. Girar el pot a la izquierda hasta encenderla.
(Lámpara asociada al potenciómetro en calibración).

Tecleé < ENTER > para continuar.

Una vez que encendió la lámpara indicada, el diagnosticador verifica la existencia de un '0' lógico en la terminal SETPT1. Si la lectura es incorrecta, se procede con la calibración del siguiente setpoint. En caso contrario, se presenta la pantalla siguiente:

CALIBRANDO EL CANAL N° 1

Calibrando el Pot. SETPT1:

Girarlo a la derecha hasta apagar la Lámpara.
(Lámpara asociada al potenciómetro en calibración).
Tecleé < ENTER > para continuar.

Con la operación anterior, el diagnosticador espera leer un "1" lógico. Si la lectura fue la correcta se procede a realizar la operación siguiente:

CALIBRANDO EL CANAL N° 1

Calibrando el Pot. SETPT1:

Girarlo a la izquierda suavemente hasta encender la lámpara.
(Lámpara asociada al potenciómetro en calibración).
Tecleé < ENTER > para continuar.

Con el procedimiento anterior, se pretende lograr la calibración exacta del setpoint, ya que se acorrala el valor al cual debe ajustarse el Setpoint 1, logrando así una correcta calibración.

Para calibrar los setpoints 2, 3 y 4 se repite el procedimiento anterior.

5.2.10 Procedimiento para la prueba X (Calibración de los Setpoints 5 y 6).

El diagnosticador genera una señal de frecuencia, necesaria para calibrar los setpoints 5 y 6 (8460 Hz), además de enviar un '0' lógico a la terminal RESET y pedir al usuario realice la operación siguiente:

PRUEBA DE LAS LÁMPARAS 5 Y 6

Favor de girar los potenciómetros
SETPT5 y SETPT 6 hacia la
derecha hasta apagar las lámparas
asociadas

Tecleé < ENTER > para continuar.

Una vez apagadas las lámparas 5 y 6, se procede a calibrar el SETPT 5. Generando el diagnosticador el mensaje siguiente:

PRUEBA DE LAS LÁMPARAS 5 Y 6

Favor de girar el potenciómetro
SETPT5 suavemente a la
izquierda hasta que encienda
la lámpara asociada.

Tecleé < ENTER > para continuar.

Una vez realizada la operación anterior, el diagnosticador eliminará la señal de frecuencia y procede a verificar el circuito de latch asociado al setpoint. El diagnosticador deberá leer un '0' lógico en la terminal SETPT 5, además verificará si el transistor asociado con la salida RELAY DRIVE 1 está en saturación. Si estas condiciones no se cumplen, entonces se enviará el mensaje de "módulo dañado".

El procedimiento anterior, se repite para ajustar el SETPT 6.

Si todas las pruebas fueron satisfactorias, el diagnosticador envía el mensaje de "MÓDULO EN BUEN ESTADO". En caso contrario presenta el mensaje de "MÓDULO DAÑADO".

Para confirmar los resultados, el diagnosticador le dará la opción de presentarle un reporte que al igual que en del módulo RTD de temperatura, contiene la secuencia de diagnóstico efectuada. Este reporte puede visualizarse en pantalla o se puede imprimir para guardarlo como antecedente en la bitácora de mantenimiento. Un ejemplo de dicho diagnóstico se muestra a continuación.

PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN

SISTEMAS DE COMPRESIÓN

LABORATORIO DE ELECTRÓNICA KM 4.5.

MÓDULO VELOCIDAD.

MODELO:

OPERADOR: JACINTO PÉREZ.

FECHA: 18-03-00

PRUEBA DEL RESET CORRECTA.

PRUEBA DE LOS DETECTORES DE PUNTA SIN SEÑAL CORRECTA.

PRUEBA DE LOS DETECTORES DE PUNTA CON SEÑAL CORRECTA.

PRUEBA DEL RESET CORRECTA.

CALIBRACIÓN DEL SETPOINT 1 CORRECTA.

CALIBRACIÓN DEL SETPOINT 2 CORRECTA.

CALIBRACIÓN DEL SETPOINT 3 CORRECTA.

CALIBRACIÓN DEL SETPOINT 4 CORRECTA.

CALIBRACIÓN DEL SETPOINT 5 CORRECTA.

CALIBRACIÓN DEL SETPOINT 6 CORRECTA.

DIAGNÓSTICO: MÓDULO EN BUEN ESTADO.

Figura 5.5 Reporte de diagnóstico del módulo de velocidad.

5.3 Diagnóstico del módulo de Vibración.

El módulo de vibración, es un dispositivo de cuatro canales que entrega salidas de voltaje proporcionales a las señales de entrada. Cada canal tiene detectores de nivel de alarma y shutdown, además de contar con un detector de “entrada normal” que sensa la señal a la entrada del canal.

Para realizar la calibración del módulo de vibración, es necesario conocer íntegramente las señales de entrada y salida del módulo, así como los indicadores y potenciómetros de ajuste. A continuación se muestra un diagrama en donde se indica esta señalización.

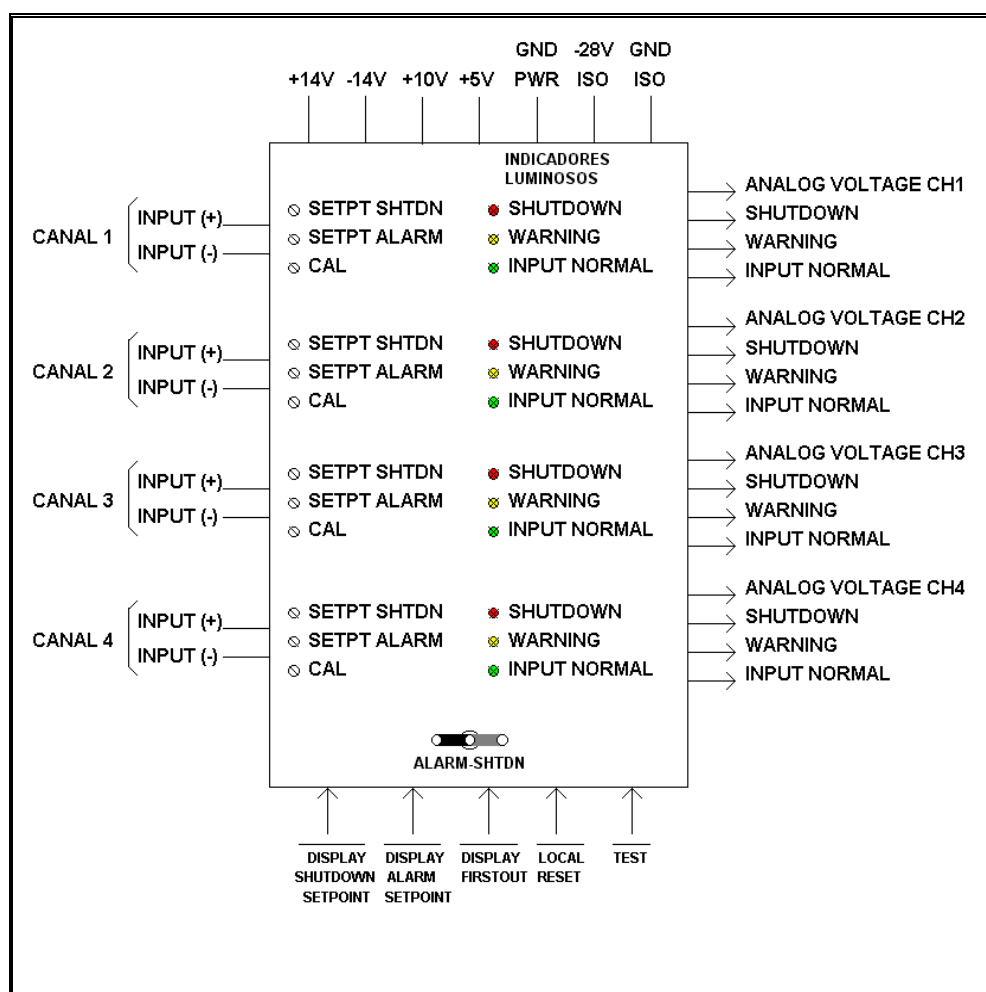


Figura 5.6 Diagrama general de entradas y salidas del módulo de vibración.

Señales analógicas de entrada (INPUT(+) e INPUT(-)).

El módulo está formado por cuatro canales, cada canal con una señal de entrada de punta de prueba de velocidad entre 120 -240 pulg/seg de sensibilidad, con un filtro pasabanda de 70 - 175 Hz.

Señales analógicas de salida (ANALOG VOLTAGE CHX).

Cada uno de los cuatro canales tiene una salida de voltaje con la siguiente característica: con entrada de velocidad (0 - 5 mm/sec), reproduce una señal de salida en el rango de 0 - 5 Volts.

Señales lógicas de entrada.

Todas las señales lógicas de entrada se activan con un nivel bajo. Las señales lógicas son las siguientes:

Display Shutdown Setpoint. Esta función es utilizada para visualizar el shutdown setpoint, para cada canal en su respectivo indicador. Las salidas de voltaje y corriente son inhibidas cuando esta señal está activada.

Display Alarm Setpoint. Esta función es utilizada para visualizar el nivel de alarma setpoint, para cada canal en su indicador correspondiente. Al igual que la función anterior las salidas de voltaje y corriente son inhibidas al activar la señal "Display Alarm Setpoint".

Display First Out. Esta función es utilizada para determinar cuál fue el primer canal en detectar una condición de shutdown, cuando dos o más canales tienen la misma condición. Inicialmente cuando ocurre una condición de shutdown múltiple, cada indicador asociado al canal en estado de shutdown está encendido. Cuando se aplica esta señal al módulo, solamente el indicador de shutdown asociado con el primer canal en el cual ocurrió esta condición se mantendrá encendido. Todos los demás indicadores se apagarán.

Local Reset. La función Local Reset inicializa la lógica de alarma y shutdown, apagando los indicadores correspondientes y elimina las señales de salida Shutdown o Alarm del módulo.

Test. La función de Test tiene como finalidad, el probar los circuitos de Alarma, Shutdown e Input Normal de todos los canales del módulo y provoca que todos los indicadores se enciendan.

Señales lógicas de salida.

Los cuatro canales tienen las señales lógicas de salida siguientes:

Shutdown. La señal Shutdown está diseñada para uso externo. Cuando una condición de shutdown es detectada en cualquiera de los cuatro canales del módulo de vibración, esta condición activa el circuito display first out, encendiendo el indicador del canal SHUTDOWN.

Warning. La señal de alarma (Warning) es una señal de bajo nivel. Una condición de alarma ocurre cuando la señal de entrada de vibración en cualquiera de los cuatro canales, excede el nivel de setpoint de alarma. El indicador WARNING del canal se encenderá con esta condición.

Input Normal. La señal Input Normal en el canal indica que la entrada de la señal de vibración se encuentra en condición normal. Cuando esta señal rebasa los límites establecidos en la calibración, podrán encenderse los indicadores WARNING o SHUTDOWN, dependiendo de qué tanto se exceda el nivel de la señal de entrada.

Indicadores y switch de control.

Los cuatro canales tienen los indicadores y switch de control siguientes:

1.- Indicador SHUTDOWN (Color rojo): cuando la señal de vibración excede el nivel shutdown setpoint, este indicador se encenderá. Este setpoint puede fijarse mediante el pot de ajuste SHUTDOWN, localizado en la parte frontal del módulo.

2.- Indicador WARNING (Color ámbar): se enciende cuando la señal de vibración excede el nivel alarm setpoint. Este nivel puede fijarse mediante el pot de ajuste SHUTDOWN, localizado en la parte frontal del módulo.

3.- Indicador INPUT NORMAL (Color verde): se enciende cuando la señal de vibración en el canal se encuentre dentro de los límites tolerables. Durante su operación, este indicador se apagará si la señal de entrada se pierde.

4.- Control ALARM-SHTDN. Es un interruptor de tres posiciones, con su posición "OFF" en el centro. Este interruptor es utilizado para desplegar los setpoint de alarma y shutdown para todos los canales en sus indicadores asociados.

Potenciómetros de ajuste.

Cada canal del módulo tiene los potenciómetros de ajuste siguientes:

a) Potenciómetro Shutdown: Es utilizado para establecer el nivel setpoint shutdown en cada canal.

b) Potenciómetro Alarm: Utilizado para fijar el nivel setpoint alarm en cada canal.

b) Potenciómetro CAL: Empleado para establecer la señal de salida máxima de un canal, con base a una señal de entrada conocida.

Secuencia de diagnóstico del módulo vibración.

I.- Revisión de la alimentación del módulo. Se alimenta el módulo y se verifica que no tenga ningún corto interno. Esto se realiza a través de los led's indicadores de fuentes del diagnosticador.

II.- Calibración del voltaje de ALARM del canal 1. Se envía un '0' lógico en la terminal DISPLAY ALARM SETPOINT, con esta condición se calibra la salida ANALOG VOLTAGE CH1 al nivel de ALARM especificado en las hojas de calibración (Ver apéndice D). Esta salida se ajusta a través del potenciómetro ALARM del canal.

III.- Calibración del voltaje de SHUTDOWN del canal 1. Se envía un '0' lógico en la terminal DISPLAY SHUTDOWN SETPOINT, con esta condición se calibra la salida ANALOG VOLTAGE CH1, al nivel de SHUTDOWN especificado en las hojas de calibración (Ver apéndice D). Esta salida se ajusta a través del potenciómetro SHUTDOWN del canal.

IV.- Prueba del Reset. Se envía un '0' lógico en la terminal RESET; con estas condiciones se verifica que las lámparas SHUTDOWN e INPUT NORMAL se encuentren apagadas (existencia de "1" lógico en las terminales del mismo nombre) y la lámpara WARNING encendida ('0' lógico en la salida del mismo nombre).

V.- Prueba de la salida SUMMARY SHUTDOWN. Sin señal de entrada en el canal 1, se verifica que en la salida SUMMARY SHUTDOWN, exista un "1" lógico.

VI.- Prueba del TEST. Se envía un '0' lógico en la terminal TEST y con estas condiciones se verifica que las lámparas WARNING y SHUTDOWN del canal en prueba, se enciendan aproximadamente 5 segundos. En las salidas del mismo nombre se verifica la existencia de un '0' lógico .

VII.- Prueba del switch DISPLAY SETPOINT. Primeramente se pide al usuario mantenga accionado el switch hacia el lado marcado como ALARM, así el diagnosticador verificará la calibración del nivel de voltaje ALARM calibrado en el paso 2. Posteriormente se pide al usuario mantenga el switch hacia el lado marcado como SHUTDOWN; con esta condición se verifica el nivel de voltaje SHUTDOWN calibrado en el paso 3.

VIII.- Prueba de la lectura de las salidas. Se genera el nivel de voltaje CD sobre el cual irá montada posteriormente la señal de frecuencia (señal de vibración) de acuerdo a las hojas de calibración. Con estas condiciones las lámparas WARNING y SHUTDOWN deberán apagarse (debe existir un "1" lógico en dichas terminales) y el indicador INPUT NORMAL debe encenderse (la salida del mismo nombre deberá tener un '0' lógico).

IX.- Prueba de la salida SUMMARY ALARM. Con las condiciones anteriores se verifica que la salida SUMMARY ALARM tenga un '0' lógico.

X.- Calibración de la salida de voltaje. Se genera la señal de vibración, esta señal consiste en una señal de frecuencia “montada” sobre un nivel de voltaje CD de acuerdo a las hojas de calibración (ver apéndice D). Con las condiciones anteriores se calibra la salida de voltaje ANALOG VOLTAGE CH1 a un nivel de 5.00 Volts. Esta calibración se realiza a través del potenciómetro CAL localizado en la parte frontal del módulo.

XI.- Prueba de las lámparas encendidas. Con las condiciones anteriores se verifica que las lámparas WARNING, INPUT NORMAL y SHUTDOWN se encuentren encendidas, verificándose además que las salidas del mismo nombre presenten un “1” lógico.

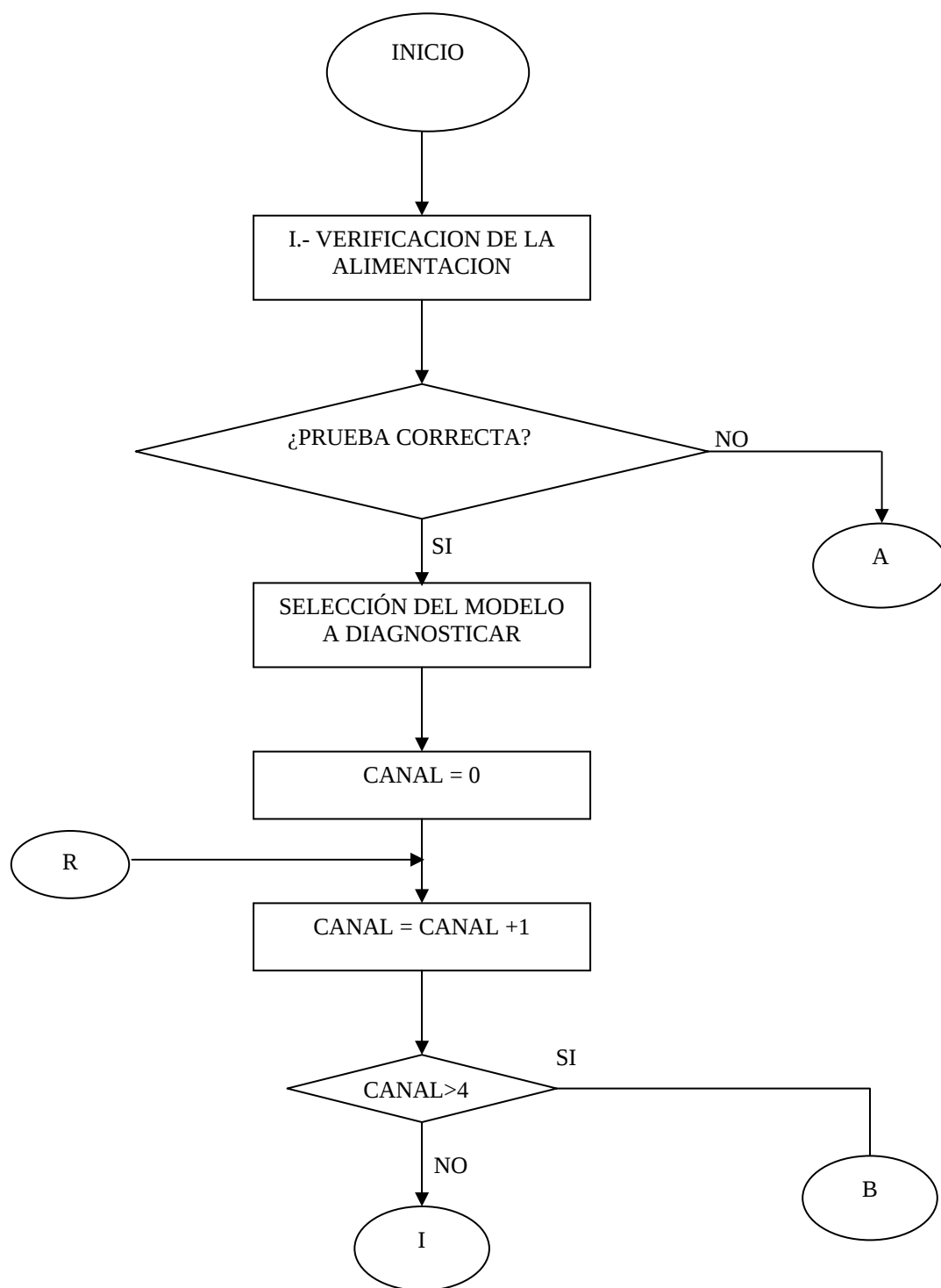
XII.- Verificación de la salida SUMMARY SHUTDOWN. Con las condiciones anteriores se verifica que la salida SUMMARY SHUTDOWN tenga un nivel ‘0’ lógico.

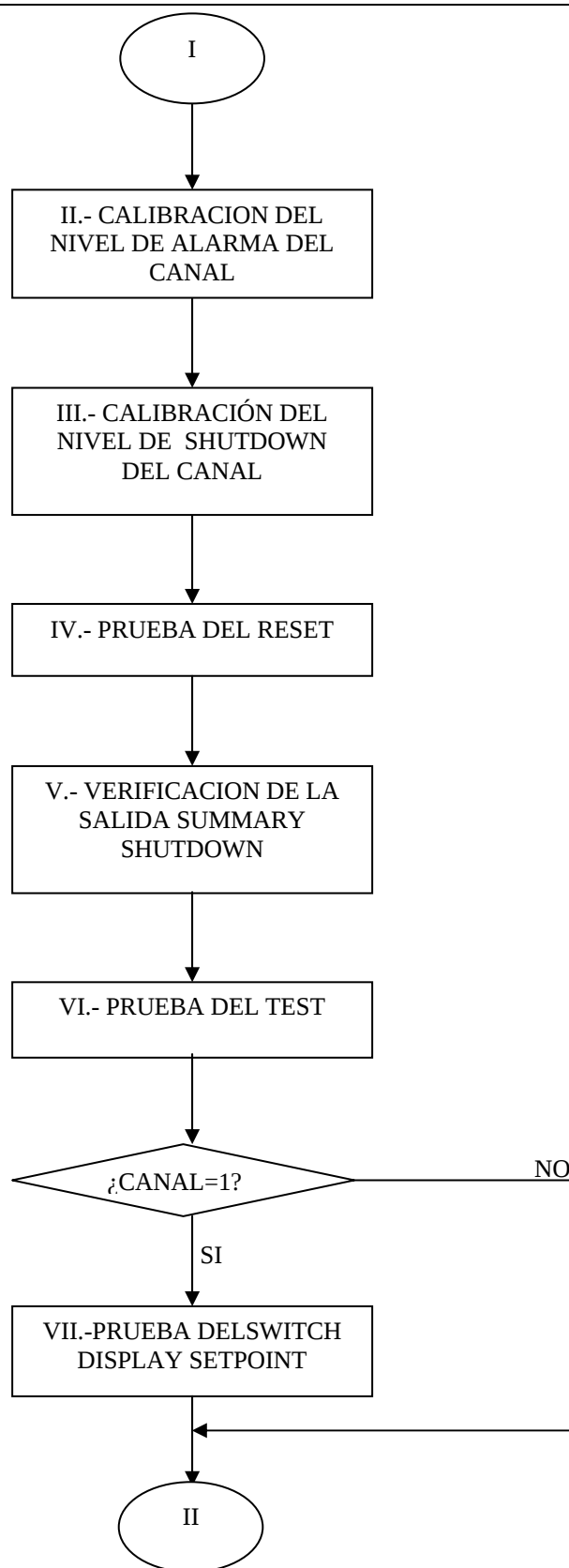
XIII.- Prueba de la salida DISPLAY FIRSTOUT. Se genera la señal necesaria para provocar una condición de shutdown en el canal 1, esto es enviando la señal de vibración estipulada en las hojas de calibración. Posteriormente se repite lo mismo en los canales restantes. Se envía un ‘0’ lógico en la terminal DISPLAY FIRSTOUT y con ello el canal “1” mantendrá las lámparas WARNING, SHUTDOWN e INPUT NORMAL encendidas y en los demás canales se apagarán. Se genera la condición de shutdown en el canal 2, después en los canales restantes, se envía un ‘0’ lógico en la terminal DISPLAY FIRSTOUT para que los indicadores de este canal se mantengan encendidos y los indicadores de los canales restantes se apaguen.

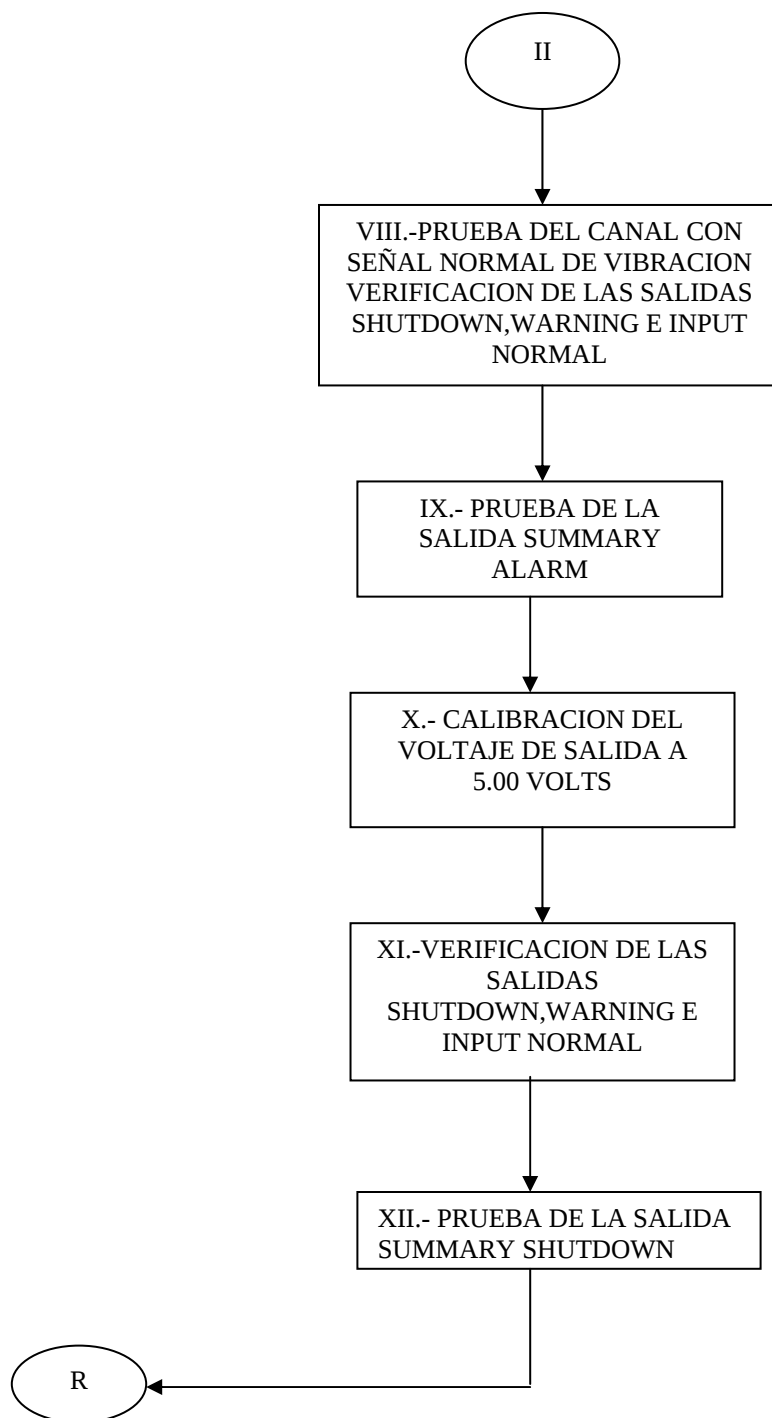
El diagrama de flujo para el diagnóstico del módulo de vibración se muestra a continuación. El desarrollo de las 13 pruebas, se describe en las secciones siguientes.

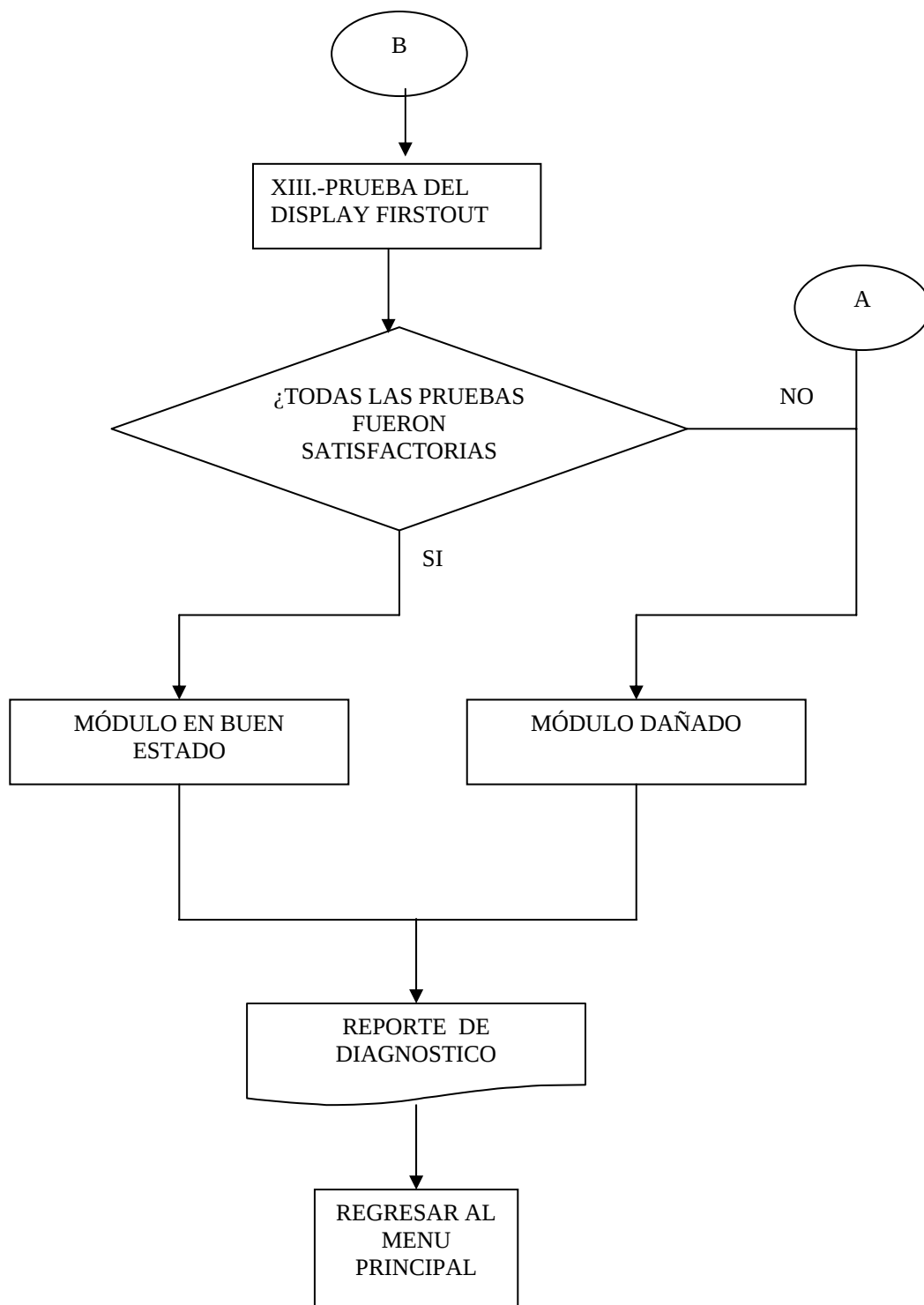
Las pruebas están contenidas dentro del programa fuente “vibra.c” y el listado se encuentra en el apéndice “B”.

Diagrama de flujo del módulo vibración







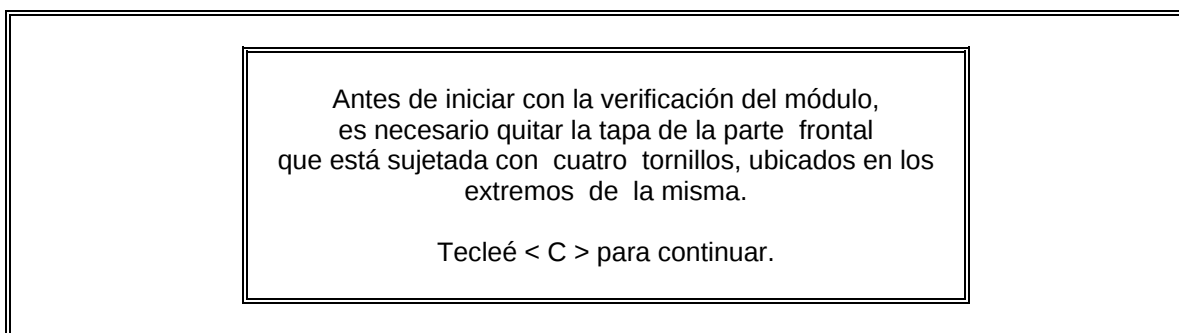


Al igual que los módulos anteriores, se selecciona del menú principal (mostrado en la figura 5.2) la opción para el diagnóstico del módulo de vibración.

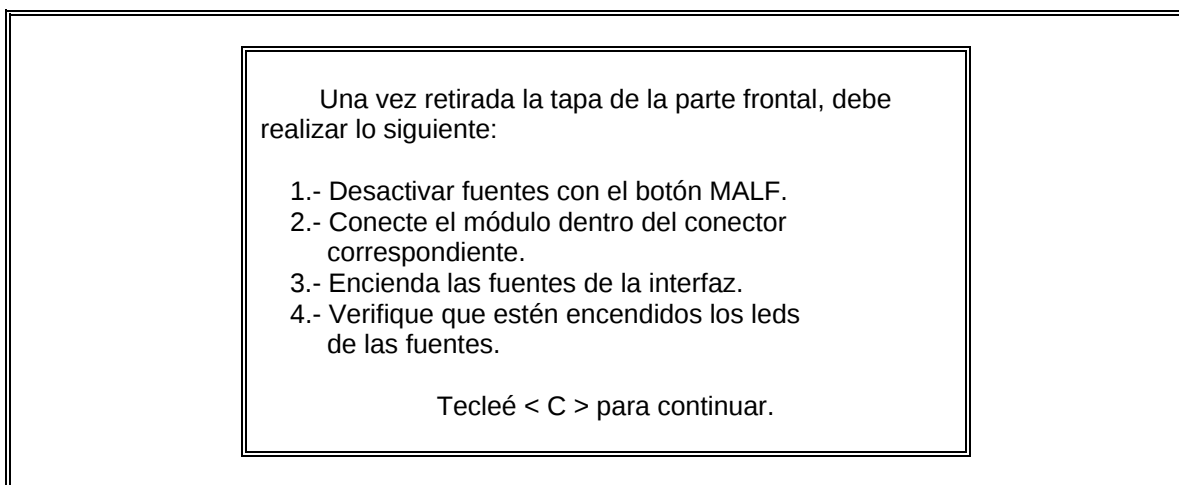
En el inicio del diagnóstico, se muestra la pantalla siguiente:



Para realizar el diagnóstico y calibración del módulo VIBRACIÓN, es necesario tener acceso a los potenciómetros de ajuste, para ello nos basaremos en las instrucciones siguientes:



A continuación, se le pide al usuario conectar el módulo en la ranura correspondiente, atendiendo a las instrucciones siguientes:



5.3.1 Procedimiento para la prueba I (Verificación de la alimentación).

Como se muestra en la pantalla anterior, se le pide al usuario verificar los leds indicadores de fuentes, bajo el esquema siguiente:

¿ Encienden todos los leds indicadores de fuentes del gabinete de la interfaz (S/N)?

Si la respuesta es negativa, implica que existe un corto en el módulo, por lo tanto el programa genera el mensaje siguiente:

MÓDULO DAÑADO
REVISAR FUENTES

PRESIONE CUALQUIER TECLA PARA SALIR

Si la respuesta fue positiva, se continúa con la prueba siguiente.

A continuación se presenta un menú, donde se selecciona el tipo de módulo que se tiene conectado. Como se indicó en la sección 3.2, el equipo tiene la capacidad de diagnosticar cuatro modelos, que se calibran con diferentes parámetros.

SELECCIONE EL MODELO A DIAGNOSTICAR

MÓDULOS

MOD. VM15-2

MOD. VM26-1

MOD. VM26-2

MOD. VM26-3

SALIR

Seleccione con flechas y confirme con <Enter>

5.3.2 Procedimiento para la prueba II (Calibración del nivel de alarma del canal).

Una vez seleccionado el modelo, el diagnosticador envía un '0' lógico a la terminal DISPLAY ALARM SETPOINT, para poder calibrar el nivel de alarma del canal en diagnóstico; para el canal 1, se calibra la salida de voltaje a un nivel de 1.50 Volts especificado en la tabla siguiente.

Tabla 5.5 Hoja de calibración del módulo de vibración modelo VM26-1.

Canal	Señal de vibración	Salida Analógica	Nivel de Alarma	Nivel de Shutdown
1	0.723 VRMS @ 110Hz	5.00 ± 0.01 VDC	1.50 ± 0.03 VDC	2.00 ± 0.03 VDC
2	0.353 VRMS @ 316Hz	5.00 ± 0.01 VDC	2.10 ± 0.03 VDC	3.25 ± 0.03 VDC
3	0.353 VRMS @ 316Hz	5.00 ± 0.01 VDC	2.10 ± 0.03 VDC	3.25 ± 0.03 VDC
4	0.353 VRMS @ 316Hz	5.00 ± 0.01 VDC	2.10 ± 0.03 VDC	3.25 ± 0.03 VDC

Para realizar esto, se presenta el mensaje siguiente:

PROBANDO EL CANAL 1

CALIBRANDO EL VOLTAJE DE ALARM A 1.50 VOLTS

Para esta calibración es necesario:

Ajustar el potenciómetro ALARM del Canal 1 el cual se encuentra en la parte frontal del módulo.

Teclee <F1>, una vez que haya localizado el Pot. a calibrar.

A través de la pantalla siguiente, el diagnosticador permite al usuario la visualización del nivel de ALARM del canal en diagnóstico.

PROBANDO EL CANAL 1

CALIBRANDO EL VOLTAJE DE ALARM A 1.50 VOLTS

Lectura de Voltaje
XX.XXX Volts.

PULSE <ENTER> AL ALCANZAR EL VALOR INDICADO.

Si la calibración está fuera del rango especificado en la pantalla anterior, el diagnosticador presenta el mensaje siguiente:

PROBANDO EL CANAL 1

LA CALIBRACIÓN ESTÁ FUERA DE RANGO
ASEGÚRESE DE CALIBRARLA EN FORMA
CORRECTA
Tecleé <C> para continuar.

El programa le dará al usuario tres oportunidades para calibrar, si esta no fuese posible, se presenta el mensaje siguiente:

PROBANDO EL CANAL 1

CANAL DAÑADO

PRESIONE CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR

5.3.3 Procedimiento para la prueba III (Calibración del nivel de SHUTDOWN del canal).

Si la calibración se pudo realizar, se procede a calibrar el nivel de SHUTDOWN (2.00 Volts según la tabla 5.5), para indicar esto se presenta la pantalla siguiente:

PROBANDO EL CANAL 1

CALIBRANDO EL VOLTAJE DE SHUTDOWN A 2.00 VOLTS

Para esta calibración es necesario:

Ajustar el potenciómetro SHTDN del canal 1 el cual se encuentra en la parte frontal del módulo.

Teclee <F1 >, una vez que haya localizado el Pot. a calibrar.

Para realizar la calibración, es necesario que el usuario interactúe con el programa, con el objeto de poder establecer el nivel deseado, para este evento se presenta la pantalla siguiente:

PROBANDO EL CANAL 1

CALIBRANDO EL VOLTAJE DE SHUTDOWN A 2.00 VOLTS

Lectura de Voltaje

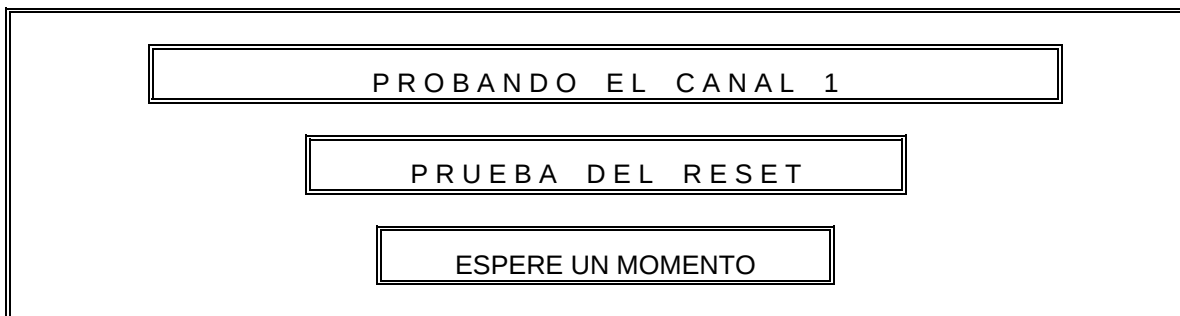
XX.XXX Volts.

PULSE <ENTER > AL ALCANZAR EL VALOR INDICADO.

Al igual que en la calibración del nivel de ALARM, el programa le dará al usuario tres oportunidades para calibrar. Si la calibración no puede realizarse el diagnosticador envía el mensaje de “CANAL DAÑADO” y continúa con el diagnóstico.

5.3.4 Procedimiento para la prueba IV (Prueba del RESET).

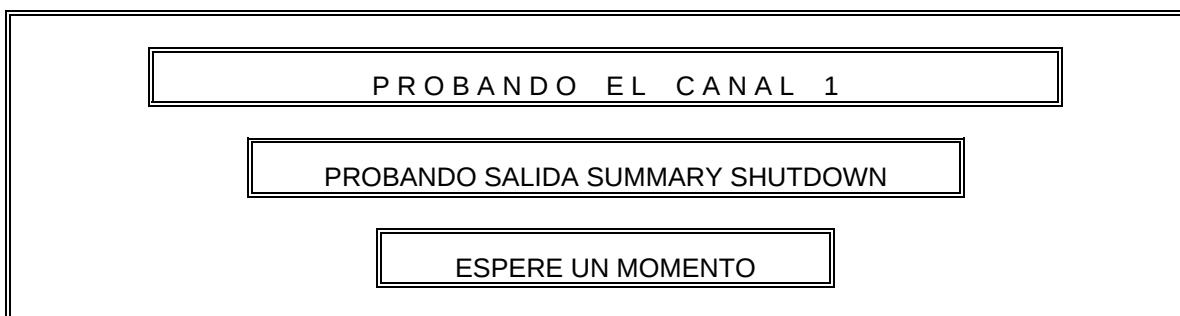
Para efectuar esta prueba, el programa envía un nivel '0' lógico a la terminal RESET. Para indicar la prueba que se realiza se presenta la pantalla siguiente:



Con la condición anterior, el diagnosticador procede a verificar la existencia de 0 Volts ('0' lógico) en la terminal WARNING del canal en diagnóstico, así como niveles de 5 Volts ('1' lógico) en las terminales INPUT NORMAL y SHUTDOWN del mismo, lo cual significa que sólo la lámpara del canal marcada como WARNING esté encendida. Si esta condición no se cumple, el programa envía el mensaje de "CANAL DAÑADO" y continúa con el diagnóstico.

5.3.5 Procedimiento para la prueba V (Verificación de la salida SUMMARY SHUTDOWN).

Una vez realizada la prueba del RESET y sin señal en la entrada del canal en diagnóstico, se procede a verificar el funcionamiento de la salida marcada como SUMMARY SHUTDOWN. Para indicar esta prueba, se presenta la pantalla siguiente:



Con las condiciones anteriores, se procede a verificar la existencia de un '1' lógico, lo cual significa que no existe ninguna condición de SHUTDOWN (Paro de la máquina).

Si la lectura es correcta, se continúa con el diagnóstico. En caso contrario, se presenta el mensaje de "CANAL DAÑADO".

5.3.6 Procedimiento para la prueba VI (Prueba del TEST).

Para este fin, el programa envía un nivel '0' lógico a la terminal TEST del módulo. Para realizar esto, se le pide al usuario realizar lo siguiente:

PROBANDO EL CANAL 1

PRUEBA DEL TEST

Observe que las lámparas marcadas como
WARNING y SHUTDOWN del canal en prueba
enciendan momentáneamente.

Tecleé < L > cuando este listo.

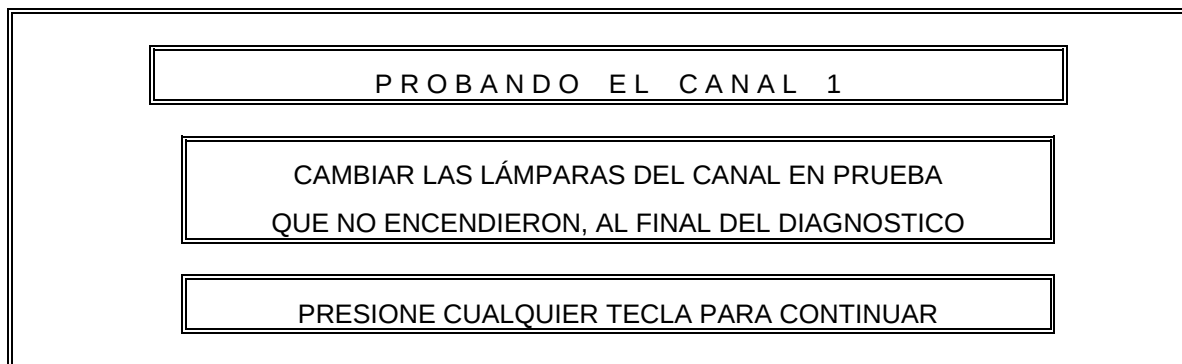
El programa mantiene esta condición aproximadamente 5 segundos, verificando en las salidas WARNING y SHUTDOWN, la existencia de un nivel '0' lógico. Lo cual significa que las lámparas asociadas deben encenderse. Para confirmar esto se le formula al usuario la pregunta siguiente:

PROBANDO EL CANAL 1

PRUEBA DEL TEST

Encendieron momentáneamente
las lámparas WARNING Y
SHUTDOWN del canal en
prueba del módulo (S/N)?

Si la respuesta a la pregunta anterior fue afirmativa, se continúa con el diagnóstico; en caso contrario se presenta el mensaje siguiente:

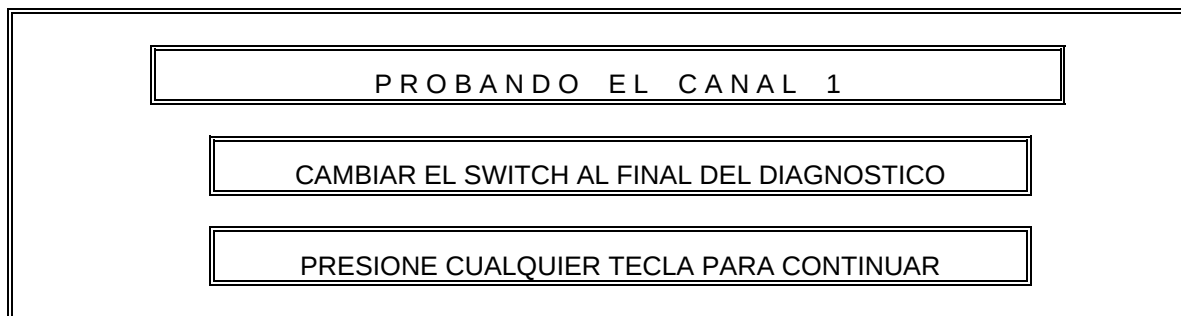


5.3.7 Procedimiento para la prueba VII (Prueba del switch DISPLAY SETPOINT).

A continuación el diagnosticador procederá a verificar el funcionamiento del switch marcado como DISPLAY SETPOINT, ubicado en la parte frontal del módulo. Este switch permite al especialista verificar en campo los niveles de ALARM y SHUTDOWN calibrados previamente. Para esta prueba, el programa le pide al usuario realizar lo siguiente:



Si el diagnosticador verifica que efectivamente, el nivel de ALARM calibrado anteriormente se encuentra en la salida analógica del canal en prueba, continúa con la verificación del switch. En caso contrario envía el mensaje siguiente:



Si el switch está realizando la función descrita anteriormente, el programa le pide al usuario moverlo al lado contrario, marcado como SHUTDOWN. Al igual que la verificación anterior, se procede a leer el nivel de SHUTDOWN calibrado previamente. Si este valor no se pudo leer, el programa muestra el mensaje anterior.

5.3.8 Procedimiento para la prueba VIII (Prueba del canal con señal normal de vibración, verificación de las salidas SHUTDOWN, WARNING E INPUT NORMAL).

Ahora se procede a simular la señal de la punta de prueba de vibración. La señal de dicha punta de prueba es una señal de frecuencia de 110 Hz a 0.723 VRMS (Ver tabla 5.5) montada sobre un nivel de DC. Para verificar el funcionamiento del indicador INPUT NORMAL, el diagnosticador genera dicha señal de DC (ver hojas de calibración). Para indicar esta prueba, se presenta la pantalla siguiente:



Con las condiciones anteriores, la lámpara de color ámbar se apaga, ahora debe encender la lámpara de color verde; para verificar estos cambios, el programa leerá en la terminal INPUT NORMAL un '0' lógico y en las salidas ALARM y SHUTDOWN un nivel de 5 Volts ("1" lógico). Si estas condiciones no se encuentran en el módulo, se envía el mensaje de "CANAL DAÑADO". En caso contrario, se continúa con la prueba siguiente.

5.3.9 Procedimiento para la prueba IX (Prueba de la salida SUMMARY ALARM).

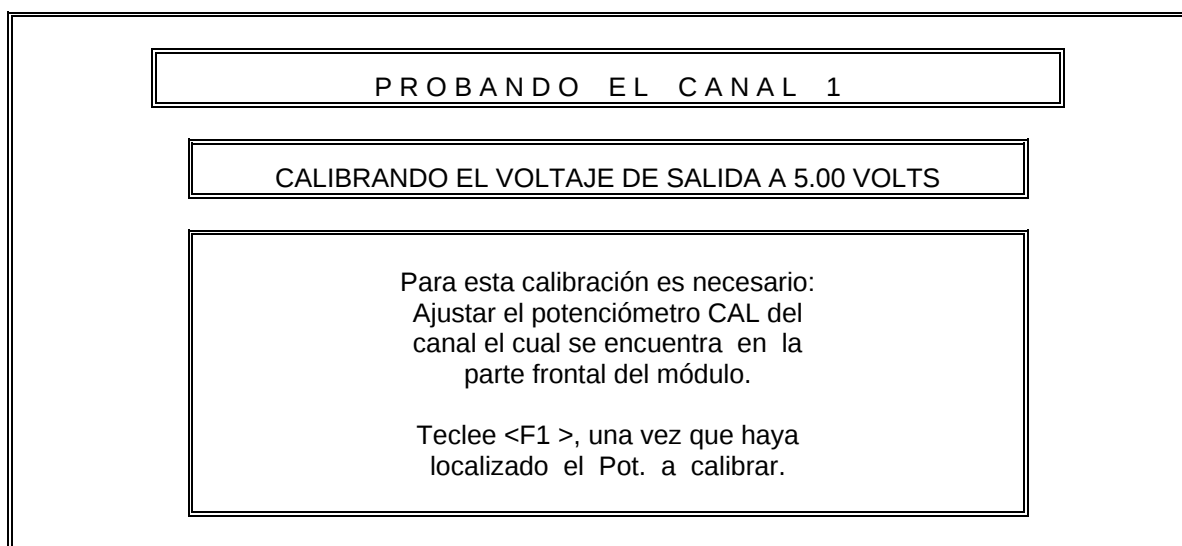
Con las condiciones anteriores, se procede a verificar la salida SUMMARY ALARM, la prueba en cuestión se indica a través de la pantalla siguiente:



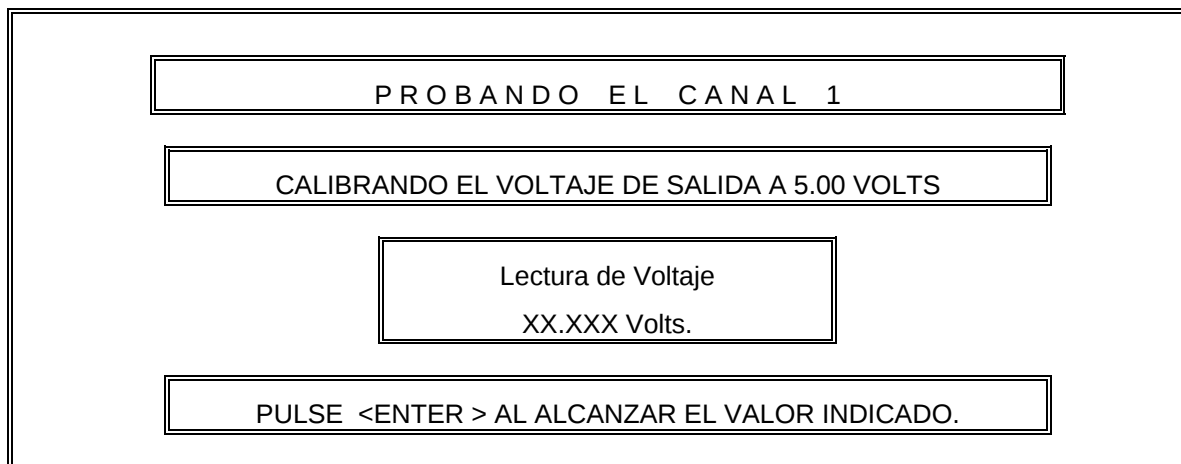
El diagnosticador procede a verificar la existencia de un nivel de voltaje de 5 Volts ("1" lógico) en la terminal SUMMARY ALARM. Si esta condición no está presente en el módulo, el programa envía el mensaje de "CANAL DAÑADO" y continúa con el diagnóstico.

5.3.10 Procedimiento para la prueba X (Calibración del voltaje de salida a 5.00 Volts).

A continuación se procede a calibrar el rango de actuación del canal, para este fin el programa genera una señal en amplitud y voltaje especificada en las hojas de calibración. Para indicar esta calibración, se presenta la pantalla siguiente:



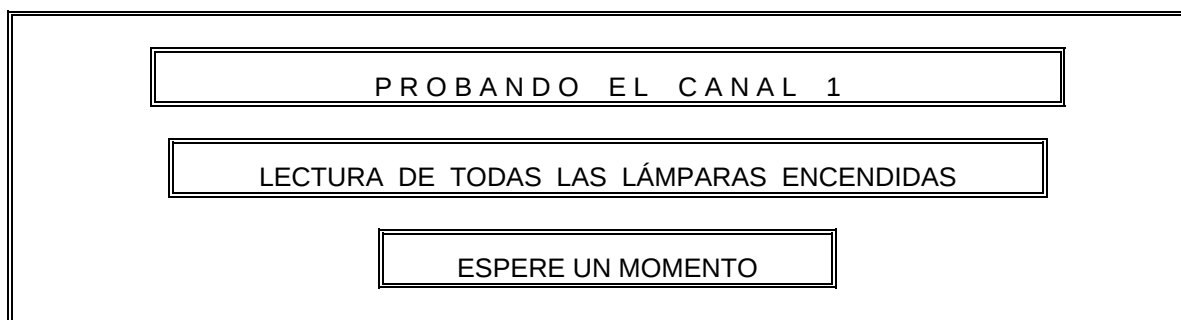
El diagnosticador leerá el voltaje a través de la salida analógica del módulo. Para que el usuario pueda visualizar el voltaje al cual está calibrando, se presenta la pantalla siguiente:



Al igual que en la calibración de los niveles de ALARMA y SHUTDOWN, el programa le dará al usuario tres oportunidades para calibrar. Si la calibración no fuese posible, se presenta el mensaje de “CANAL DAÑADO” y se continúa con el diagnóstico.

5.3.11 Procedimiento para la prueba XI (Verificación de las salidas SHUTDOWN, WARNING E INPUT NORMAL).

Con la señal aplicada en el paso anterior y una vez calibrada la salida de voltaje, se procede a verificar el funcionamiento de las lámparas; para indicar esta prueba se presenta el mensaje siguiente:



Con las condiciones anteriores el diagnosticador procede a verificar que efectivamente, todas las lámparas estén encendidas. Para ello realiza una lectura lógica en las terminales INPUT NORMAL, WARNING y SHUTDOWN. Si las lecturas en todas las salidas están dentro del nivel de 0 Volts (‘0’ lógico), el diagnosticador procede con la siguiente prueba. De lo contrario, se presenta el mensaje de “CANAL DAÑADO” y se continúa con el diagnóstico.

5.3.12 Procedimiento para la prueba XII(Prueba de la salida SUMMARY SHUTDOWN).

El diagnosticador mantendrá las condiciones anteriores y procede a verificar la salida en la terminal SUMMARY SHUTDOWN. Esta prueba se indica a través de la pantalla siguiente:



El diagnosticador procede a leer en la terminal antes mencionada un nivel '0' lógico, si esta condición no se cumple, se indica con un mensaje de CANAL DAÑADO.

Los pasos II al XII, se repiten para el diagnóstico de los canales restantes.

5.3.13 Procedimiento para la prueba XIII (Prueba del DISPLAY FIRSTOUT).

Una vez calibrados todos los canales, se procede a verificar el funcionamiento del circuito denominado DISPLAY FIRST OUT. Este circuito tiene la función de indicar en caso de la existencia de varias condiciones de shutdown presentes, cuál fue el primer canal en detectar dicha condición. Para esta prueba el diagnosticador simulará una señal de entrada en el canal uno del módulo capaz de generar en éste, una condición de shutdown. Para indicar este evento se presenta la pantalla siguiente:



Posteriormente, se generan las condiciones de shutdown en los canales restantes. A continuación el diagnosticador corroborará que efectivamente todos los canales se encuentren en esta condición, verificando la existencia de un nivel '0' lógico en las terminales INPUT NORMAL, WARNING y SHUTDOWN de todos los canales. Después se envía un nivel de 0 volts a la terminal DISPLAY FIRST OUT, lo que provoca que el primer canal en el cual se presentó la condición de shutdown, se mantengan encendidas

todas las lámparas. El diagnosticador verifica en las terminales respectivas la existencia de niveles de '0' volts. Si estas condiciones no se cumplen, se presenta el mensaje de "MÓDULO DAÑADO".

El procedimiento anterior se repite para los canales restantes.

Si todas las pruebas fueron satisfactorias, se presenta el mensaje de "MÓDULO EN BUEN ESTADO". En caso contrario presentará el mensaje de "MÓDULO DAÑADO".

El diagnosticador le permite al usuario, verificar toda la secuencia de diagnóstico a través de un reporte.

La generación de reporte esta disponible en dos dispositivos de salida, la impresora y la pantalla. El formato del reporte se muestra en la figura 5.7.

PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN SISTEMAS DE COMPRESIÓN LABORATORIO DE ELECTRÓNICA KM 4.5. MÓDULO VIBRACIÓN. MODELO: VM26-1 OPERADOR: JACINTO PÉREZ. FECHA: 13-11-99 CALIBRACIÓN DEL CANAL 1. Calibración del voltaje de ALARM a 1.50 Volts correcta. Calibración del voltaje de SHUTDOWN a 2.00 Volts correcta. Prueba del RESET Correcta. Prueba de la salida SUMMARY SHUTDOWN correcta. Prueba del TEST correcta. Prueba del SWITCH DISPLAY SETPOINT correcta. Prueba de la lectura de las salidas correcta. Prueba de la salida SUMMARY ALARM correcta. Calibración de la salida de voltaje a 5.00 Volts Correcta. Prueba de todas las lámparas encendidas correcta. Prueba de la salida SUMMARY SHUTDOWN correcta

CALIBRACIÓN DEL CANAL 2.

Calibración del voltaje de ALARM a 2.10 Volts correcta.

Calibración del voltaje de SHUTDOWN a 3.25 Volts correcta.

Prueba del RESET Correcta.

Prueba de la salida SUMMARY SHUTDOWN correcta.

Prueba del TEST correcta.

Prueba de la lectura de las salidas correcta.

Prueba de la salida SUMMARY ALARM correcta.

Calibración de la salida de voltaje a 5.00 Volts Correcta.

Prueba de todas las lámparas encendidas correcta.

Prueba de la salida SUMMARY SHUTDOWN correcta.

CALIBRACIÓN DEL CANAL 3.

Calibración del voltaje de ALARM a 2.10 Volts correcta.

Calibración del voltaje de SHUTDOWN a 3.25 Volts correcta.

Prueba del RESET Correcta.

Prueba de la salida SUMMARY SHUTDOWN correcta.

Prueba del TEST correcta.

Prueba de la lectura de las salidas correcta.

Prueba de la salida SUMMARY ALARM correcta.

Calibración de la salida de voltaje a 5.00 Volts Correcta.

Prueba de todas las lámparas encendidas correcta.

Prueba de la salida SUMMARY SHUTDOWN correcta.

CALIBRACIÓN DEL CANAL 4.

Calibración del voltaje de ALARM a 2.10 Volts correcta.

Calibración del voltaje de SHUTDOWN a 3.25 Volts correcta.

Prueba del RESET Correcta.

Prueba de la salida SUMMARY SHUTDOWN correcta.

Prueba del TEST correcta.

Prueba de la lectura de las salidas correcta.

Prueba de la salida SUMMARY ALARM correcta.

Calibración de la salida de voltaje a 5.00 Volts Correcta.

Prueba de todas las lámparas encendidas correcta.

Prueba de la salida SUMMARY SHUTDOWN correcta.

Prueba de la salida DISPLAY FIRSTOUT correcta.

DIAGNÓSTICO: MÓDULO EN BUEN ESTADO.

Figura 5.7 Reporte de diagnóstico del módulo vibración.

Resumen

En este capítulo se describieron las secuencias de diagnóstico de los módulos analógicos y se mencionaron las señales utilizadas para la calibración de cada uno de ellos. En conclusión, se describe la secuencia del diagnóstico y la calibración con base a los diagramas de flujo, que fueron utilizados para la elaboración de los programas de diagnóstico.

En el siguiente capítulo se abordan las pruebas del equipo utilizando un módulo analógico y uno digital, provocando a lo largo de sus respectivos diagnósticos distintas fallas que se reflejen al final en el reporte de diagnóstico.

CAPÍTULO 6

PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo se explica en forma detallada el procedimiento utilizado para verificar que el Diagnosticador esté funcionando confiablemente. Para realizar lo anterior se seleccionaron dos módulos en perfectas condiciones, uno digital y otro analógico. En esta sección se explica con base a los diagramas electrónicos de los módulos, la secuencia del diagnóstico haciendo énfasis en las fallas provocadas.

En cada una de las diferentes etapas de diagnóstico, se provocaron fallas con el objeto de comprobar que el equipo es confiable.

Para representar los resultados del diagnóstico, se proporcionan los formatos, con el objeto de tener un registro histórico necesario en el mantenimiento.

La integración final del diagnosticador se muestra en la figura 6.2, cumpliendo con lo indicado en el capítulo 3, donde se menciona que el equipo está conformado por una computadora personal con software de diagnóstico, las interfaces analógica y digital, los módulos bajo prueba y los dispositivos de salida para la generación de reportes.

A continuación se muestra el equipo, resultado del objetivo principal de este trabajo (ver figura 6.2).

Del lado derecho se encuentra el gabinete de las interfaces, en el se ubican 3 ranuras donde se conectan los módulos analógicos. En la parte superior izquierda se observan una serie de leds indicadores, utilizados para verificar el correcto funcionamiento de las fuentes y la interfaz digital del equipo. Del lado izquierdo se encuentra un módulo digital PIU, conectado a través de dos conectores DB25, además de un módulo analógico que se encuentra insertado en una de las ranuras. Del lado derecho de la figura se observa el monitor de la computadora, que muestra el menú principal del diagnosticador.

En la figura 6.1 se muestra el menú principal del diagnosticador, en él se indican las opciones de diagnóstico de los módulos analógicos y digitales con las que cuenta el equipo.

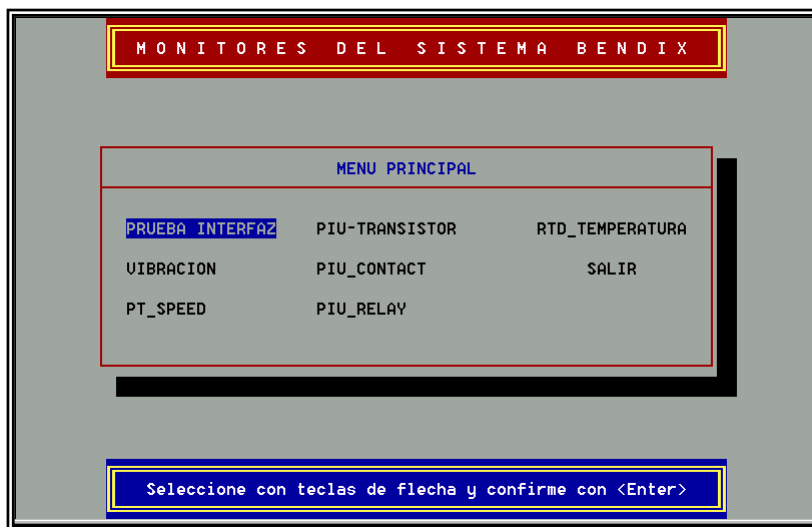


Figura 6.1 Menú principal del programa de diagnóstico



Figura 6.2 Diagnosticador de módulos.

6.1 Secuencia de diagnóstico del módulo digital PIU RELAY.

Para el desarrollo de esta sección se utilizaron módulos en buen estado con el propósito de provocarles fallas y con base en esto verificar el correcto funcionamiento del

diagnosticador. En el caso de los módulos digitales, se utilizó el PUI RELAY para cubrir esta sección de pruebas y resultados.

Iniciando con el módulo PIU RELAY, para ello se hace referencia al capítulo 4, en el punto 4.3, el cual describe el los procedimientos de las pruebas siguientes:

1. **Verificación de la alimentación.**
2. **Verificación de la posición del switch.**
3. **Prueba de la salida X1 de los multiplexores.**
4. **Prueba de la salida X4 de los multiplexores.**
5. **Prueba de X6 de los multiplexores.**
6. **Prueba de la habilitación de los relevadores (Canales 0 a 7 del módulo).**
7. **Prueba de la habilitación de los relevadores (Canales 8 a 15 del módulo).**

Para comprender de una manera flexible y rápida el desarrollo de esta sección, se utilizan las figuras 4.3, 4.4, 4.5 y 4.6, además de las tablas 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5, también se considera que el módulo esta configurado en la posición 0 del switch.

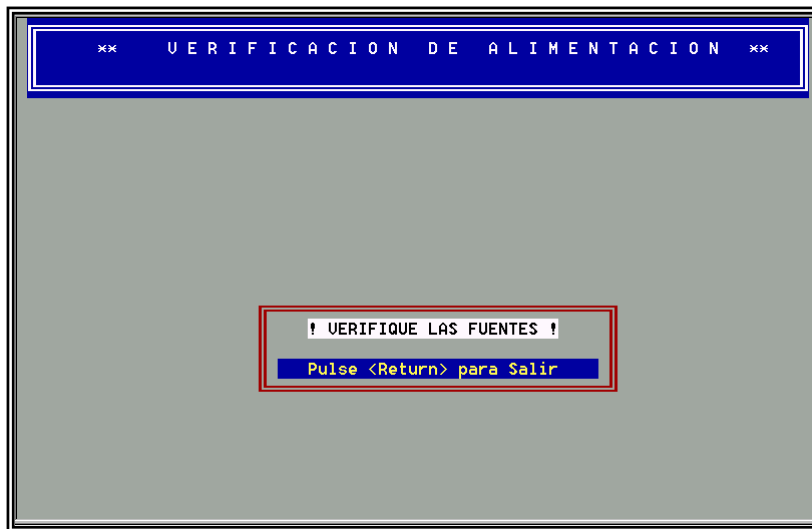
1) Verificación de la alimentación.

Se alimenta el módulo con sus respectivas fuentes de energía. Estas fuentes tienen valores de +10V y +28V, que suministra el diagnosticador a través de dos módulos de voltaje de la marca Lambda, cuya característica principal es estar equipadas con un circuito detector de cortos, el cual se activa cuando su led indicador se apaga.

Para esta prueba se provoca un corto instantáneo en la pista de alimentación de los +28V, lo que produce que el indicador de la fuente (localizado en la parte frontal del diagnosticador) se apague. Para probar que el equipo detecte la falla, se realiza el procedimiento siguiente:



La respuesta es negativa, por lo tanto se presenta un mensaje de error.



Posteriormente, se le pide al usuario desconectar el módulo para su reparación.

2) Verificación de la posición del switch.

En esta prueba se parte de que el switch está en la posición '0', además de que se utilizó un módulo en perfectas condiciones.

Para probar que el equipo diagnosticador opera correctamente, fue necesario provocar una falla en el switch de 16 posiciones, lo anterior se consiguió desconectando el pin del switch correspondiente al bit menos significativo y conectando dicho pin a +5V logrando un '1' lógico en el dato de ese pin B0 recibido en el CI comparador 4585 (ver figura 4.1). En realidad lo único que se hace es forzar al switch a una posición '1' estando colocado físicamente en la posición '0'.

Una vez realizadas las condiciones anteriores, se inicia el diagnóstico realizando las instrucciones necesarias para esta prueba.

Se habilita el comparador 4585 a través de A3 enviando un '0' lógico (véase figura 4.3 y la tabla 4.1). Lo cual se resume en la tabla siguiente:

Tabla 6.1. Habilitación del comparador 4585

ENTRADAS					SALIDAS
A13	A12	A11	A10	A3	SW
0	0	0	1	0	1

El comparador nos genera un '1' lógico en la terminal SW, el cual está a su vez conectado a una compuerta NAND de 3 entradas, y en su salida de esta (Ver figura 4.4), la cual se encuentra conectada a la terminal DIS de los multiplexores 4512, se ve reflejado un '0' lógico que los habilita.

ENTRADAS			SALIDAS
DIGITAL NBL	SW	R/W	DIS
1	1	1	0

Se selecciona X0 de los multiplexores a través de A9, A2, A1 y A0. Las salidas de los multiplexores 4512 se encuentran habilitadas, por lo que la lectura será la siguiente:

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	0	0	1	0	0	0	1
				B3	B2	B1	B0

Los bits B3, B2, B1 y B0 indican la posición del switch, para este caso el programa de diagnóstico nos indica una lectura de 0001b (b = valor binario) valor que corresponde a la posición "1" del switch, la cual fue provocada como se indicó al inicio de esta prueba.

Para establecer el resultado en esta etapa es necesario comparar la posición del switch en el módulo contra la provocada en el diagnóstico; si el resultado de la comparación es diferente indica que existe un problema en el switch.

Con lo anterior se comprueba que el diagnosticador funciona adecuadamente, debido a que el valor obtenido en el bus de datos corresponde a la posición "1" del switch, que es la posición forzada y la que realmente debe detectar el equipo.

3) Prueba de la salida X1 de los multiplexores 4512.

Para seguir con las pruebas al diagnosticador, se restablecen las condiciones de falla provocadas en el punto anterior, con el objeto de que el módulo se encuentre de nuevo en buen estado.

En esta etapa se provoca la falla, desconectando el pin correspondiente a la entrada X1 del primer multiplexor marcado como 'C3' y provocando un '1' lógico en dicha entrada debido a la alta impedancia que se presenta en ella.

Para iniciar la prueba, se habilitan los multiplexores a través de la señal DIS igual a '0' lógico. Se selecciona la salida X1 de los multiplexores, a través de la siguiente palabra de control:

ENTRADAS				SALIDAS			SELECCION
A9	A2	A1	A0	C	B	A	
0	0	0	1	0	0	1	X1

Se fijan las señales A9, A8, A7, A6, A5 y A4 en '0' lógico. Se lee en la salida de los multiplexores, obteniéndose la información siguiente:

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	A9 0	A8 0	A7 0	A6 0	A5 0	A4 1

La salida que espera leer el diagnosticador es 00000000b y ésta difiere de la salida que se presenta en D7-D0, la cual es 00000001b, por lo tanto el diagnosticador presenta el mensaje siguiente:



4) Prueba de la salida X4 de los multiplexores 4512.

Al igual que el punto anterior, se restablece la falla provocada para contar con el módulo operando correctamente y listo para la siguiente etapa.

En esta prueba se provocó falla en la señal 'DIS' de la habilitación del multiplexor 'C12'. Esto se realizó desconectando la pista correspondiente a dicha señal del resto de la distribución electrónica, por lo cual el multiplexor se encuentra deshabilitado.

Se selecciona la salida X4 de los multiplexores a través de la siguiente palabra de control:

ENTRADAS				SALIDAS			SELECCIÓN
A9	A2	A1	A0	C	B	A	
0	1	0	0	1	0	0	X4

Debido a la desconexión de 'DIS' en C12 la salida del multiplexor se encuentra en alta impedancia, lo que representa un '1' lógico a la salida de D4 y por lo tanto la lectura obtenida al leer el bus de datos D7-D0 es 00010000b que difiere con la esperada 00000000b, por lo tanto el diagnosticador presenta el mensaje siguiente:



5) Prueba de la salida X6 de los multiplexores.

Se restablecen las condiciones del módulo en buen estado y a continuación se simula una falla por software.

Para esta prueba se selecciona en lugar de la salida X6, la salida X4 de los multiplexores. Para ello se genera la siguiente palabra de control:

ENTRADAS				SALIDAS			SELECCION
A9	A2	A1	A0	C	B	A	
0	1	0	0	1	0	0	X4

Una vez definida la salida X4 la salida que se presenta en el bus D7-D0 es 00000000b y la salida esperada es 00000001b por lo cual es diferente. Una vez hecha la lectura el diagnosticador presenta el mensaje siguiente:



6) Prueba de la habilitación de los relevadores pertenecientes a los canales 0 a 7.

Se restablecen las condiciones en buen estado del módulo y se procede a simular la falla manipulando las señales de reloj que habilitan los FLIP-FLOPs 40175, estas señales se denominan CLK1 y CLK2. El objetivo es básicamente verificar el comportamiento de los FLIP-FLOPs alterando dichas señales. Por lo que se procede como se indica a continuación:

Se desactivan los multiplexores 4512 enviando la siguiente palabra de control:

SWITCH	ENTRADAS					SALIDA
	A13	A12	A11	A10	A3	SW
0	0	0	0	0	1	0

Se envía posteriormente la siguiente palabra a través de D7 – D0.

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
CH7	CH6	CH5	CH4	CH3	CH2	CH1	CH0
1	1	1	1	1	1	1	1

Esta palabra se aplica a los FLIP-FLOPS 40175 en sus entradas D0, D1, D2 y D3. A continuación se envía la siguiente palabra de control para activar la salida CLK1. Un '1' lógico en dicha terminal habilitará los FLIP-FLOP 40175 y se podrán leer las salidas de los canales CH0 – CH7 de los relevadores. Pero en lugar de enviar un '1' a la señal CLK1 se envía un '0' lógico.

SW	STRB	R/W	A9	A0	CLK1	CLK2
1	1	0	0	0	0	0

Obviamente las salidas de los FLIP-FLOPS 40175 están en tercer estado (deshabilitados) y no tienen efecto en la salida de los multiplexores lo que genera que los relevadores no cambian su estado de NA (Normalmente Abierto) a NC(Normalmente Cerrado) por lo que la lectura realizada es:

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
CH7	CH6	CH5	CH4	CH3	CH2	CH1	CH0
0	0	0	0	0	0	0	0

Lo cual nos indica que aparentemente los relevadores se encuentran en su estado NA. Lo cual es falso, por lo que el diagnosticador presenta el siguiente mensaje:



7) Prueba de la habilitación de los relevadores pertenecientes a los canales 8 a 15.

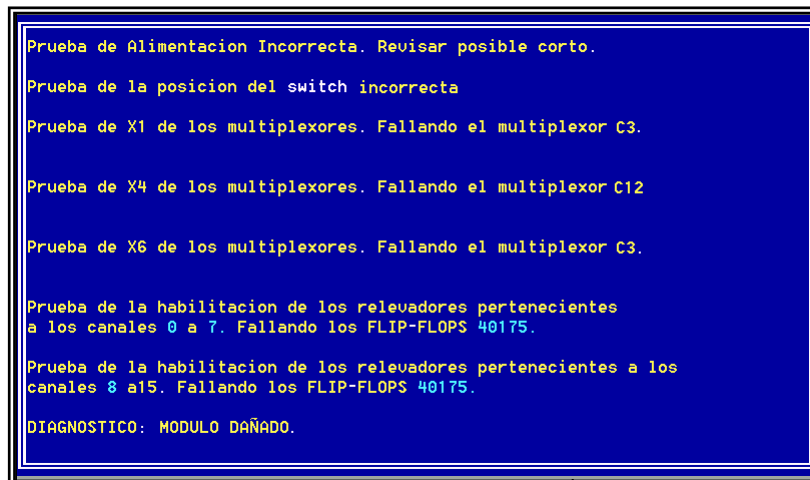
Se repite el mismo procedimiento de la prueba anterior.

Como en todas las pruebas se provocaron fallas para la verificación del diagnosticador, al final del diagnóstico el programa presenta el mensaje de “MÓDULO DAÑADO”.

A continuación se presenta la siguiente pantalla, en la cual se selecciona el dispositivo de salida para la generación del reporte de diagnóstico.



A continuación se presenta en pantalla un reporte de diagnóstico (se elige la opción P), el formato de reporte es el siguiente:



Si se desea obtener el reporte mediante la impresora (utilizando la opción I), se obtiene lo siguiente.

PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN

SISTEMAS DE COMPRESIÓN

LABORATORIO DE ELECTRÓNICA KM 4.5.

MODULO PIU RELAY.

OPERADOR: ROMÁN CHAVARRÍA.

FECHA: 25-04-99

Prueba de Alimentación Incorrecta. Revisar posible corto.

Prueba de la posición del switch incorrecta.

Prueba de X1 de los multiplexores. Fallando el multiplexor C3.

Prueba de X4 de los multiplexores. Fallando el multiplexor C12.

Prueba de X6 de los multiplexores. Fallando el multiplexor C3.

Prueba de la habilitación de los relevadores pertenecientes a los canales 0 a 7. Fallando los FLIP-FLOPS 40175.

Prueba de la habilitación de los relevadores pertenecientes a los canales 8 a15. Fallando los FLIP-FLOPS 40175.

DIAGNÓSTICO: MODULO DAÑADO.

Este reporte nos muestra todas las fallas que se detectaron durante la secuencia de diagnóstico. Pero se hace la siguiente observación; si el módulo se encuentra dañado en una prueba, no se puede continuar a la siguiente, por lo que primero se sugiere reparar la falla y de nuevo reiniciar la secuencia de diagnóstico.

6.2 Secuencia de diagnóstico del módulo analógico RTD de TEMPERATURA

Ahora bien, ya se ha revisado el funcionamiento del diagnosticador con un módulo digital, de manera similar se revisa el módulo analógico, para lo cual se elige el módulo RTD de temperatura, cuya secuencia de diagnóstico es la siguiente:

1) Revisión de la alimentación. Se alimenta el módulo y se verifica que no tenga ningún corto interno. Esto se realiza a través de los leds indicadores de fuentes del diagnosticador.

2) Prueba de las lámparas indicadoras. Se acciona el switch TEST, una vez accionado deberán encenderse todas las lámparas del módulo. Se pregunta al usuario si encienden todas las lámparas pertenecientes al módulo.

3) Calibración del nivel ZERO del canal 1. Se genera en la entrada del canal 1 (INPUT(+) e INPUT(-)), la señal en milivoltaje que se generaría con una temperatura de 0°F (141.0 mV ver hojas de calibración). Con esta condición se calibra la salida ANALOG VOLTAGE CH1 a 0.00 Volts mediante el potenciómetro ZERO localizado en la parte frontal del módulo.

4) Calibración del nivel de SPAN del canal 1. Se genera en la entrada del canal 1 una señal de milivoltaje correspondiente a 400°F (Ver apéndice D), con esta señal se calibra la salida ANALOG VOLTAGE CH1 a 5.00 Volts mediante el potenciómetro SPAN localizado en el frente del módulo.

5) Calibración del nivel de SETPOINT del canal 1. Se genera una señal de milivoltaje correspondiente al nivel de SETPOINT especificado en las hojas de calibración. Con estas condiciones se calibra la salida de voltaje ANALOG VOLTAGE CH1 al valor especificado. Una vez calibrado este nivel de voltaje, se verifica que en la terminal SETPOINT CH1 exista un '0' lógico.

6) Lectura digital SUMMARY ALARM. Si el canal 1 está conectado a la salida SUMMARY ALARM se verifica que en esta terminal exista un '0' lógico.

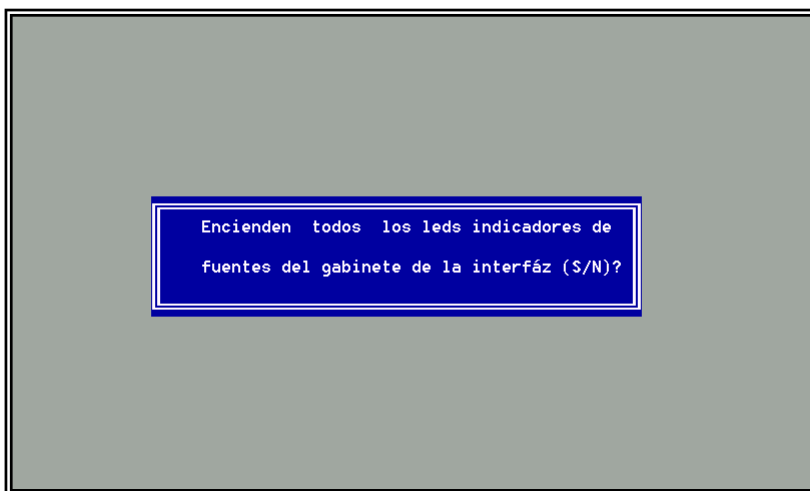
7) Lectura digital SUMMARY SHUTDOWN. En caso contrario el canal está conectado a la salida SUMMARY SHUTDOWN y por lo tanto el diagnosticador verifica la existencia de un '0' lógico.

Además de este listado de pruebas, se recurre al diagrama electrónico que se muestra en el apéndice 'C'.

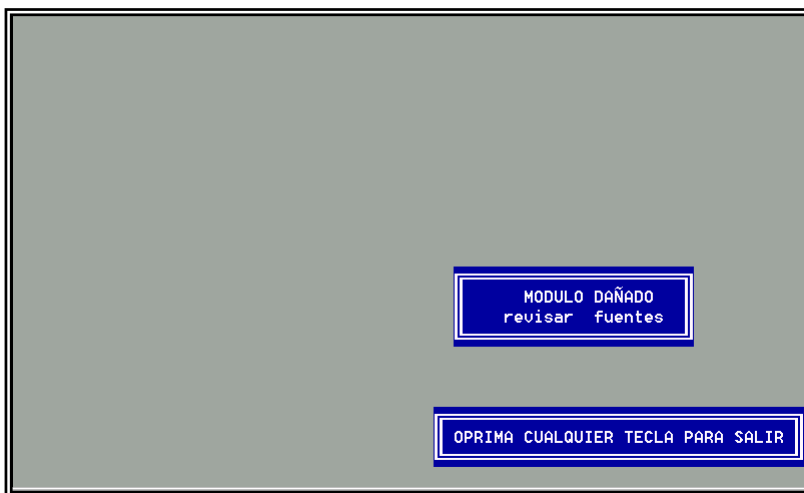
1) Revisión de la alimentación del módulo.

Se alimenta al módulo con sus respectivas fuentes, estas tienen valores de +15V y -15V; +10V y -10V y +5V, las cuales proporciona el diagnosticador, a través de las fuentes de voltaje de la marca Lambda cuya característica principal es estar equipadas con un circuito detector de cortos, el cual nos indica su activación cuando el led indicador se apaga.

En ese momento se puede afirmar que el módulo tiene un corto interno y por lo tanto es necesario desconectarlo del diagnosticador y verificarlo. Para ello se le formula la pregunta siguiente:



Si la respuesta es negativa, implica que existe un corto en el módulo en diagnóstico, por lo tanto el programa de diagnóstico genera el mensaje siguiente:



2) Prueba de las lámparas indicadoras.

Restableciendo la falla provocada en el punto anterior, se procede con la verificación del diagnosticador. En esta prueba se checa el funcionamiento de todas las lámparas localizadas en la parte frontal del módulo.

La falla provocada en esta etapa, consiste en desconectar un pin de la lámpara del canal '1' con el objeto de generar el mal funcionamiento de la misma. Para realizar dicha prueba el programa presenta la pantalla siguiente:



Una vez realizado lo anterior el usuario observará que una de las lámparas no enciende por lo que se deduce que la lámpara se encuentra dañada, o algún componente asociado a la misma. Para establecer lo anterior se presenta la pregunta siguiente:



Debido a que la respuesta es negativa, el diagnosticador presenta el mensaje siguiente:



3) Calibración del nivel ZERO del canal 1.

Una vez restablecida la falla provocada en el punto anterior, se procede con el objetivo de esta sección revisando los canales del módulo.

Se aplica en la entrada del canal 1 (INPUT(+) e INPUT(-)) la señal en milivoltaje que se generaría con una temperatura de 0°F (ver apéndice D). Con esta condición se calibra la salida ANALOG VOLTAGE CH1 a 0.00 Volts a través del potenciómetro ZERO localizado en la parte frontal del módulo. Además se utiliza el diagrama eléctrico para explicar la secuencia de diagnóstico.

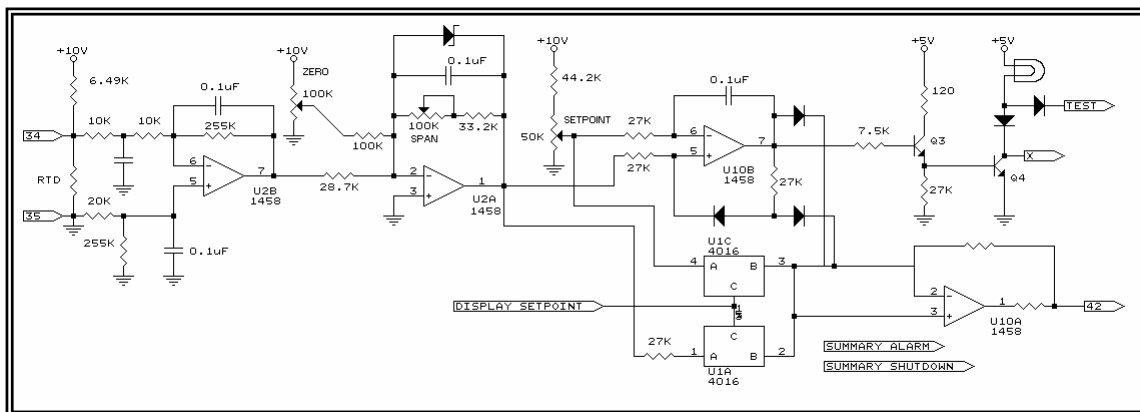


Figura 6.3 Diagrama eléctrico del módulo RTD de temperatura.



Se provoca la falla abriendo la pista que se encuentra entre la terminal 7 del CI U2B=1458 y la resistencia de 28.7K mostrada en la figura anterior. En el extremo de la resistencia se conectan -10V para simular el daño en el CI U2B. Por lo que al manipular el potenciómetro ZERO la salida no varía. Al operador se le sugiere utilice la tecla <Esc> y posteriormente el diagnosticador muestra el mensaje siguiente:



Si la prueba no fue exitosa, el programa de diagnóstico se pasa al canal siguiente, iniciando el diagnóstico del nuevo canal. En caso contrario el programa continúa con su secuencia normal.

4) Calibración del nivel de SPAN del canal 2.

Tomando en cuenta que el programa de diagnóstico pasó al canal 2, se calibra el nivel de temperatura ZERO. A continuación se procede a calibrar el nivel de SPAN, para ello se simula la entrada de milivoltaje equivalente a 400°F. Para hacer el ajuste, el diagnosticador presenta la pantalla siguiente:



Se genera una falla cortocircuitando el potenciómetro de 100K (SPAN) que controla la ganancia del CI U2A junto con la resistencia de 33.7K (Ver figura 6.3). El cortocircuitar el potenciómetro provoca que la ganancia del amplificador operacional sea fija y por lo tanto al variar el potenciómetro SPAN la salida reflejada no varía. Esto se verá en la pantalla siguiente, en la cual se puede ver el nivel de voltaje al cual se está calibrando y éste se encuentra en un nivel fijo y por mas que se le da vueltas al potenciómetro, no se logra el objetivo y entonces al igual que en la calibración del nivel ZERO se pulsa la tecla <ESC>; una vez realizado esto nos envía el mensaje de 'CANAL DAÑADO' y se procede con el diagnóstico del siguiente canal iniciando con la prueba indicada en el punto 3.

5) Calibración del nivel de SETPOINT del canal 3.

Partiendo que el programa de diagnóstico se encuentra listo para verificar el canal 3, se calibran los niveles de ZERO y SPAN del canal 3.

Para continuar con el diagnóstico, se procede a calibrar el detector de nivel SETPOINT del canal 3, para este fin el diagnosticador genera el voltaje correspondiente especificado en las hojas de calibración.

Una vez localizado el potenciómetro de ajuste, el diagnosticador nos permite leer el voltaje al cual se está calibrando, a través de la pantalla siguiente:



En esta prueba se calibra el potenciómetro SETPOINT, el cual controla el voltaje de salida del CI U10A y el valor de disparo de la lámpara indicadora asociada al canal. Para generar la falla en este canal, se cortocircuita la terminal positiva (pin 3) del CI U10A, por lo cual a la salida del mismo se tiene 0 Volts y por mas que se utilice el potenciómetro SETPOINT la salida de 0.0 Volts no varía. En cuanto a la terminal X que nos permite leer un '1' o un '0' lógico al variar el nivel de setpoint, se genera la falla desconectando el colector del transistor Q4 del circuito impreso. El colector está abierto por lo cual el cambio de nivel lógico de '1' a '0' esperado jamás se logra, por lo tanto la lámpara nunca encenderá. Esto se detecta debido a que se barre toda la posición del potenciómetro de ajuste y no se obtiene resultado alguno. Se utiliza la tecla <ESC> ya que no es posible calibrar el canal. Una vez realizado esto el diagnosticador nos genera la pantalla siguiente:



6) Lectura digital SUMMARY ALARM.

Se parte de que ahora el programa se encuentra listo para verificar el canal 4. Se calibran los niveles ZERO, SPAN y SETPOINT, de los cuales se obtienen calibraciones correctas. una vez calibradas los niveles anteriores, el programa de diagnóstico se encuentra listo para provocar la falla siguiente.

Si el canal en diagnóstico está conectado al bus SUMMARY ALARM, el diagnosticador procederá a leer en la terminal del mismo nombre un valor digital de '0' cuando se alcance el nivel de SETPOINT. La falla a generar es la siguiente: se desconecta la pista asociada al bus SUMMARY ALARM, el valor leído en esta terminal con estas condiciones será '1' lógico y por lo tanto se presenta el mensaje siguiente:



7) Lectura digital SUMMARY SHUTDOWN.

Para esta etapa se considera que el programa de diagnóstico esta listo para verificar el canal 5. Para provocar la falla, al igual que en el punto anterior, se deben calibrar los niveles ZERO, SPAN, SETPOINT y la prueba SUMMARY ALARM.

La prueba es muy similar a la anterior. Para este caso se desconecta la pista asociada al bus SUMMARY SHUTDOWN y al realizar la lectura lógica se obtiene un '1' lógico que difiere al '0' lógico esperado.

Para la calibración de los canales restantes se repiten los pasos 3 a 7 sin provocar fallas, con el objeto de diagnosticar estos últimos canales en buen estado.



Finalizando el diagnóstico se presentará el mensaje de MODULO DAÑADO. A continuación se presenta el reporte del diagnóstico, mediante el cual se hace señalamiento de las fallas que ocurrieron durante la secuencia de diagnóstico. Este mismo reporte se presenta en la figura 6.3

PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN
SISTEMAS DE COMPRESIÓN
LABORATORIO DE ELECTRÓNICA KM 4.5.

MÓDULO RTD DE TEMPERATURA.

MODELO: RT-1524.

OPERADOR: ROMÁN CHAVARRÍA.

FECHA: 24-11-00

CALIBRACIÓN DEL CANAL 1.

Calibración del voltaje ZERO (0°F): Incorrecta.

¡CANAL DAÑADO!

CALIBRACIÓN DEL CANAL 2.

Calibración del voltaje ZERO (0°F): Correcta.

Calibración del voltaje SPAN (400°F): Incorrecta.

¡CANAL DAÑADO!

CALIBRACIÓN DEL CANAL 3.

Calibración del voltaje ZERO (0°F): Correcta.

Calibración del voltaje SPAN (400°F): Correcta.

Calibración del voltaje SETPOINT (250°F): Incorrecta.

¡CANAL DAÑADO!

CALIBRACIÓN DEL CANAL 4.

Calibración del voltaje ZERO (0°F): Correcta.

Calibración del voltaje SPAN (400°F): Correcta.

Calibración del voltaje SETPOINT (150°F): Correcta.

Lectura de voltaje digital SUMMARY ALARM: Incorrecta.

¡CANAL DAÑADO!

CALIBRACIÓN DEL CANAL 5.

Calibración del voltaje ZERO (0°F) Ccorrecta.

Calibración del voltaje SPAN (400°F) Correcta.

Calibración del voltaje SETPOINT (250°F) Correcta.

Lectura de voltaje digital SUMMARY ALARM Correcta.

Lectura de voltaje digital SUMMARY SHUTDOWN: Incorrecta.

¡CANAL DAÑADO!

CALIBRACIÓN DEL CANAL 6.

Calibración del voltaje ZERO (0°F): Correcta.

Calibración del voltaje SPAN (400°F): Correcta.

Calibración del voltaje SETPOINT (250°F): Correcta.

Lectura de voltaje digital SUMMARY ALARM: Correcta.

Lectura de voltaje digital SUMMARY SHUTDOWN: Correcta.

CALIBRACIÓN DEL CANAL 7.

Calibración del voltaje ZERO (0°F): Correcta.

Calibración del voltaje SPAN (400°F): Correcta.

Calibración del voltaje SETPOINT (250°F): Correcta.

Lectura de voltaje digital SUMMARY ALARM: Ccorrecta.

Lectura de voltaje digital SUMMARY SHUTDOWN: Correcta.

CALIBRACIÓN DEL CANAL 8.

Calibración del voltaje ZERO (0°F): Correcta.

Calibración del voltaje SPAN (400°F): Correcta.

Calibración del voltaje SETPOINT (250°F): Correcta.

Lectura de voltaje digital SUMMARY ALARM: Correcta.

Lectura de voltaje digital SUMMARY SHUTDOWN: Correcta.

DIAGNÓSTICO: MODULO DAÑADO.



Figura 6.3 Reporte del diagnóstico de fallas

Como se observa, para realizar el diagnóstico de un módulo analógico se utiliza un método secuencial, esto debido a que los canales son independientes. Por lo anterior si se detecta alguna falla durante el proceso de diagnóstico automáticamente el programa enviará el mensaje de 'CANAL DAÑADO' y proseguirá con el diagnóstico del canal siguiente. Al finalizar el diagnóstico del módulo, se registra en el reporte, en el cual se determinan cuales canales están dañados y cuáles en perfectas condiciones.

Resumen

En este capítulo se explicó en forma detallada el procedimiento utilizado para verificar el funcionamiento del diagnosticador, para ello se revisa la secuencia de diagnóstico de los módulos PIU Relay y RTD de Temperatura, provocando fallas en cada uno de ellos y presentando sus respectivos reportes de diagnóstico.

En el capítulo siguiente se presentan las conclusiones derivadas de todo el trabajo. Para el diseño de las conclusiones, se incluyen aspectos como: restablecimiento de objetivos, mejoras futuras y comentarios finales.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES

7.1 Restablecimiento de objetivos y logros alcanzados

Como objetivo general se enunció en el capítulo 1 Lo siguiente:

Diseño y construcción del diagnosticador de fallas para módulos electrónicos, utilizados en el control y protección de turbocompresores.

Considero que el objetivo general se cumplió satisfactoriamente, debido a que al término de este proyecto se construyó el equipo diagnosticador de fallas integrando todas las partes de hardware y software que lo constituyen.

En relación a los objetivos específicos, se enunciaron los siguientes:

- Diseño y construcción de una interfaz digital utilizada para la adquisición de datos provenientes de los diferentes módulos digitales del sistema de control.
- Implementación de una tarjeta de adquisición de datos comercial, con el objeto de enviar y recibir señales a los diferentes módulos analógicos del sistema de control.
- Desarrollo de software para el diagnóstico de los diferentes módulos analógicos y digitales del sistema de control.
- Generación de reportes de diagnóstico de fallas de las tarjetas dañadas.

Con respecto al primero, considero que se cumplió adecuadamente con lo establecido, lo anterior con base a que se llevó a cabo la fabricación de dicha tarjeta. Cabe mencionar que al principio se tuvieron algunos problemas de funcionamiento, éstos ocasionados por ruido en las diferentes señales, las cuales fueron derivadas debido a la mala calidad del proceso de metalizado en la fabricación de la tablilla de circuito impreso.

En el segundo objetivo no se tuvieron inconvenientes para cumplir con lo que se estableció, en realidad en esta etapa del trabajo sólo se acondicionaron señales de entrada y salida apoyándose básicamente en el software diseñado para el manejo de dicha tarjeta de adquisición de datos. Sin embargo nos faltó realizar un programa de autodiagnóstico para dicha interfase analógica.

En la parte más importante del trabajo que consiste en el diseño y desarrollo de software, se alcanzó una integración confiable y eficaz de todas y cada una de las rutinas del sistema. Lo anterior se logró con base a una buena estructuración de los programas y rutinas de diagnóstico, cabe mencionar también, que la programación se realizó con técnicas modulares por lo tanto el buen funcionamiento del software de diagnóstico se debe a la confiable depuración que se les practicó a todos los programas y rutinas.

En el último objetivo del trabajo, que está relacionado directamente con el capítulo 6, se diseñaron rutinas para la elaboración de formatos que sirven de reporte final del diagnóstico. En esta etapa de generación de reportes es importante mencionar que el usuario puede seleccionar el dispositivo de salida por el cual desea dirigir sus resultados, entre estos dispositivos contamos con la impresora y la pantalla de la computadora.

He de mencionar que el desarrollo de los programas de diagnóstico fueron diseñados y elaborados en el lenguaje "C" ya que éste nos permite programar con más facilidad los dispositivos electrónicos entre ellos la tarjeta de adquisición de datos. Sin embargo considero que ahora con la evolución de los lenguajes de programación podríamos realizar una interfaz gráfica mucho más amigable.

7.2 Trabajos a futuro

La lógica utilizada nos permite migrar a otro lenguaje de programación como Visual Basic, lo anterior se logrará desarrollando e integrando las rutinas de control para las tarjetas de adquisición de datos; dichas rutinas se tienen que implementar en forma de DLL's en lenguaje "C".

Es importante remarcar que la migración al lenguaje de programación Visual Basic, nos permitirá establecer relación con tecnología de punta, la cual, en este aspecto nos vinculará con bases de datos de imágenes de los diferentes diagramas eléctricos de los módulos en atención. Esto nos dará como resultado un apoyo gráfico en línea de todos los puntos electrónicos de nuestro diagrama, con lo anterior el usuario tendrá una referencia en forma gráfica con el fin de localizar los componentes dañados.

7.3. Comentarios finales

Con base al tiempo que lleva operando el diagnosticador, se puede concluir que esta herramienta es de gran rentabilidad, debido a que se disminuyen las pérdidas económicas, se reduce el daño al medio ambiente, además de elevar los niveles de seguridad industrial, generando como consecuencia un aumento en la eficiencia en los sistemas de producción de gas.

Por otra parte, es importante mencionar que el equipo no se pudo mostrar físicamente debido a las políticas utilizadas en PEMEX, sólo se logró conseguir la grabación de un video en el que se ilustran básicamente, el hardware general y el funcionamiento del software de diagnóstico.

El costo total aproximado del diseño, desarrollo y construcción del equipo fue de \$ 130,000.00 pesos, considerando dos ingenieros para todo el proyecto.

Para la grabación de dicho material, fue necesario viajar a las instalaciones de PEMEX, ubicadas en Cd. Del Carmen Campeche, lugar donde actualmente opera el equipo.

APÉNDICES

En esta sección se encuentra incluida toda la información a la cual se hace referencia a lo largo del trabajo. Aquí se encuentra información tal como: diagramas electrónicos, diagramas de flujo de los programas de diagnóstico, tablas de calibración para los diferentes módulos analógicos, especificaciones técnicas de la tarjeta de adquisición de datos PCL-818 y los programas fuente del software de diagnóstico.

Esta sección consta de cuatro apéndices indicados con letras mayúsculas de la A a la D. La información de esta sección se integra en un disco compacto, el cual se incluye físicamente con el documento.

APÉNDICE A

MANUAL DEL USUARIO

El manual del usuario incluido en el CD, contiene una ayuda genérica para el uso del software de diagnóstico de nuestro sistema.

En esta sección, se dirige una ayuda para la utilización de los programas del diagnosticador, esto con el objeto de utilizar flexible y eficazmente los parámetros fundamentales de todos y cada uno de los programas.

Para proporcionar un bosquejo genérico de la manera en la cual está constituida la parte de software, nos enfocaremos a considerar que el manual del usuario se forma de siete partes, las cuales integran los seis módulos de diagnóstico y otra que se refiere al autodiagnóstico de la interfaz digital. Todo el manual se elaboró en Word para Windows.

Es importante mencionar que el documento está dirigido a personas con estudios mínimos de técnico en electrónica, obviamente como se mencionó a lo largo de este trabajo, el desarrollo del sistema es para aplicarlo en laboratorios de mantenimiento electrónico.

Para la elaboración de esta herramienta se consideró básicamente una ayuda paso a paso de todas y cada una de las pruebas de diagnóstico, con el fin de capacitar al usuario con los tópicos esenciales de los programas.

En los capítulos 4 y 5, se describieron ampliamente las rutinas de diagnóstico diseñadas a los diferentes módulos electrónicos.

APÉNDICE B

ARCHIVOS FUENTE DEL DIAGNOSTICADOR

En el CD incluido y este apéndice se presentan en forma de árbol tanto los programas como los archivos que forman parte del software del diagnosticador. Dichos programas los podemos relacionar de acuerdo a la siguiente figura:

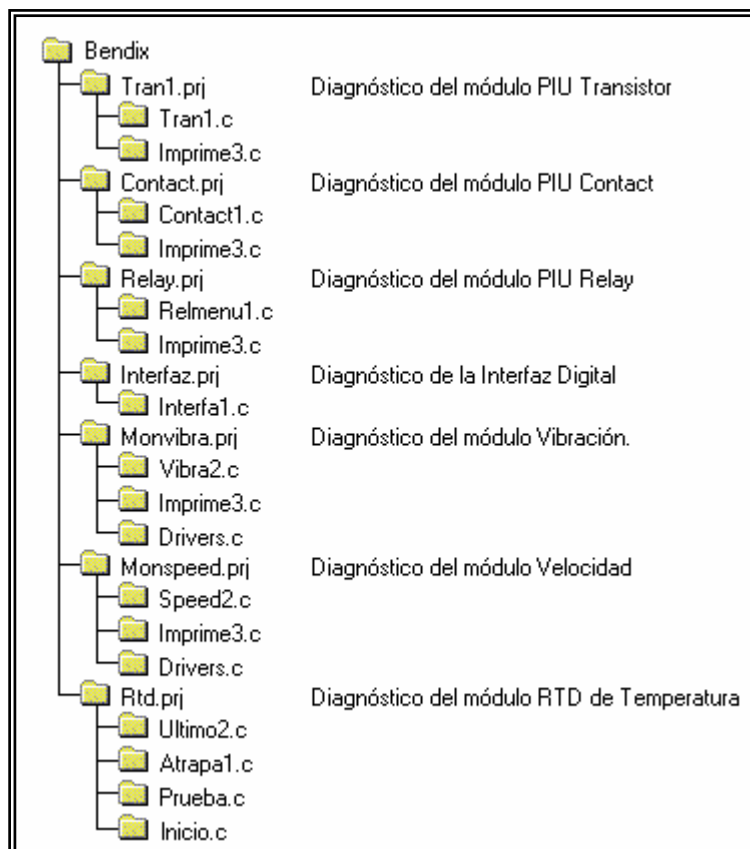


Figura B.1 Programas del diagnosticador y archivos que lo conforman

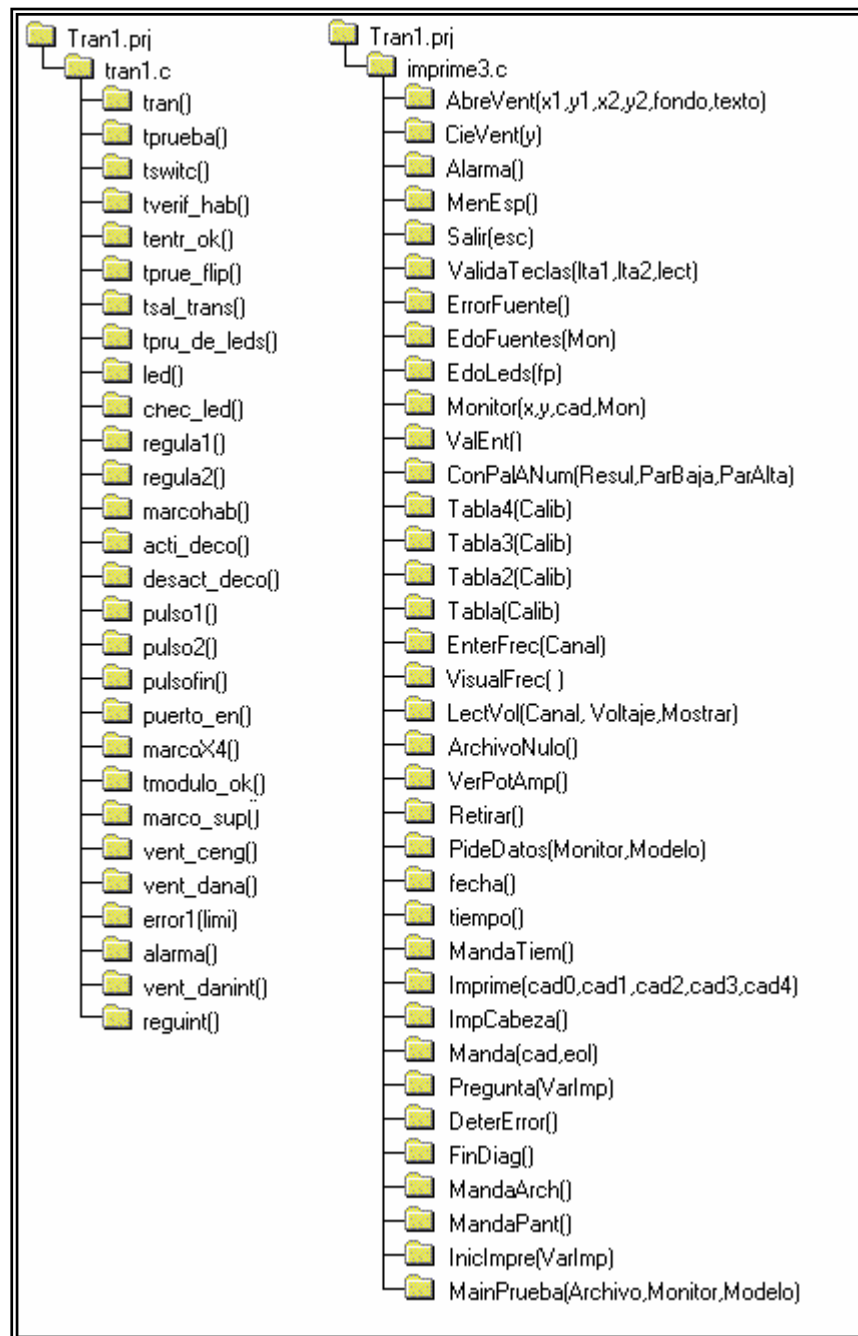


Figura B.2 Programa Tran1.prj, archivos y rutinas que lo conforman.

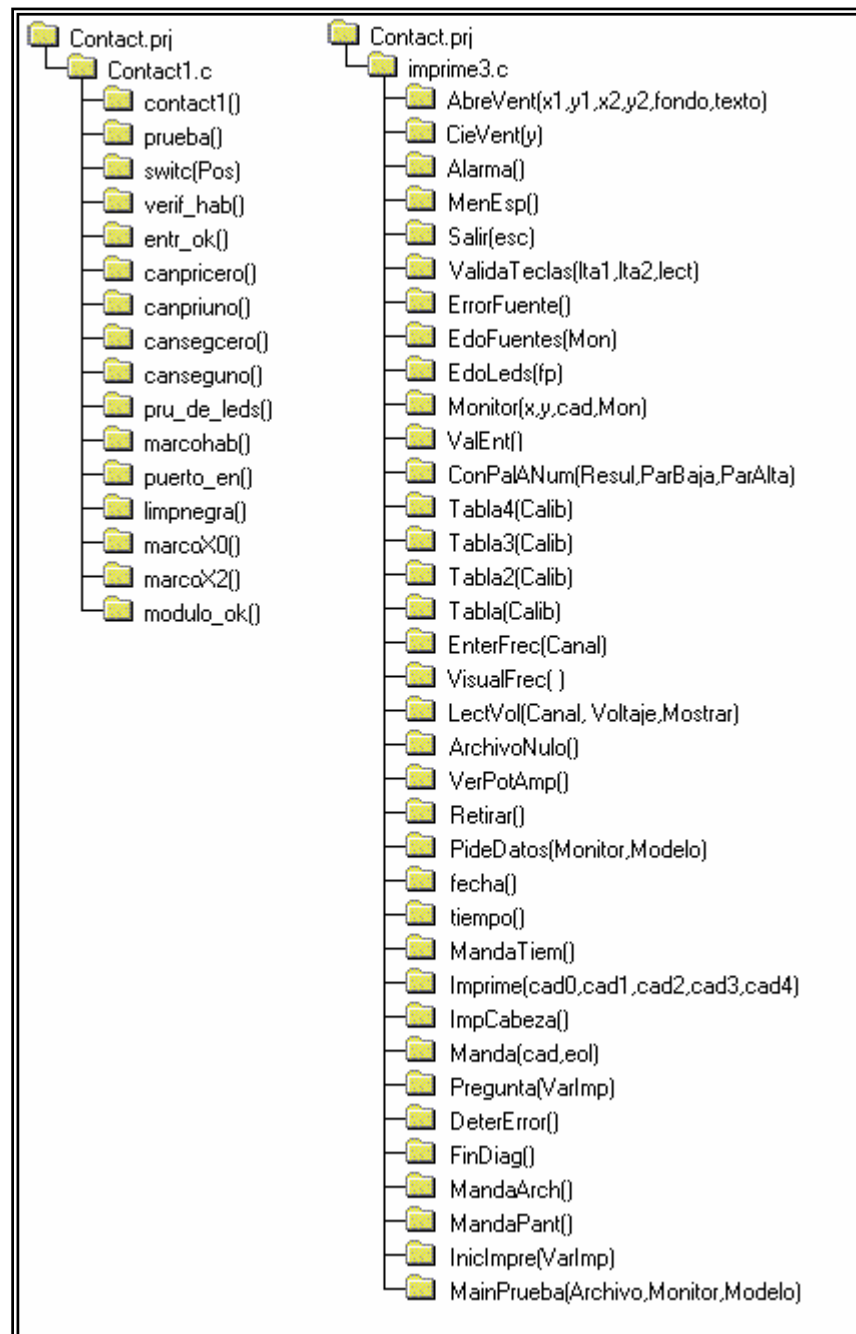


Figura B.3 Programa Contact.prj, archivos y rutinas que lo conforman

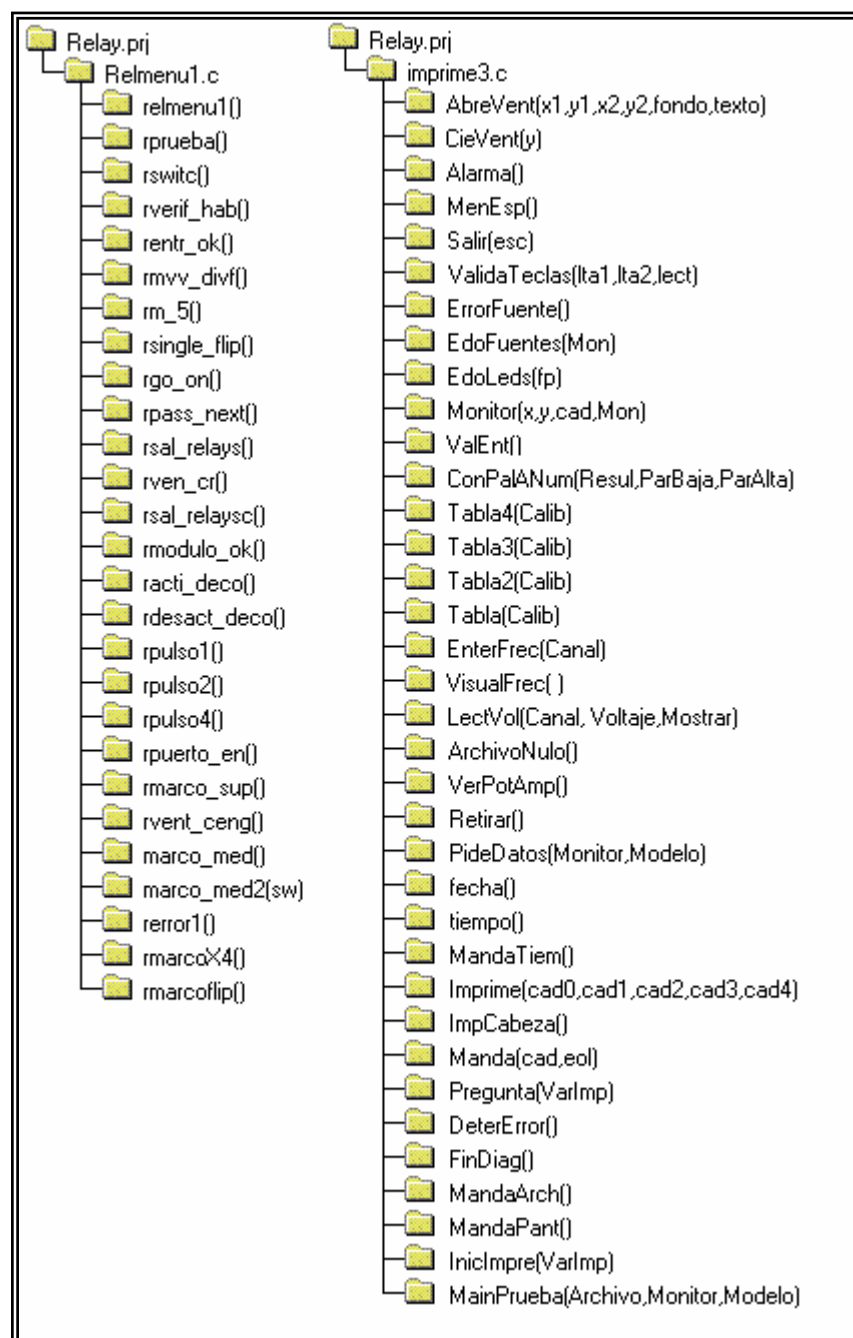


Figura B.4 Programa Relmenu.pri, archivos y rutinas que lo conforman.

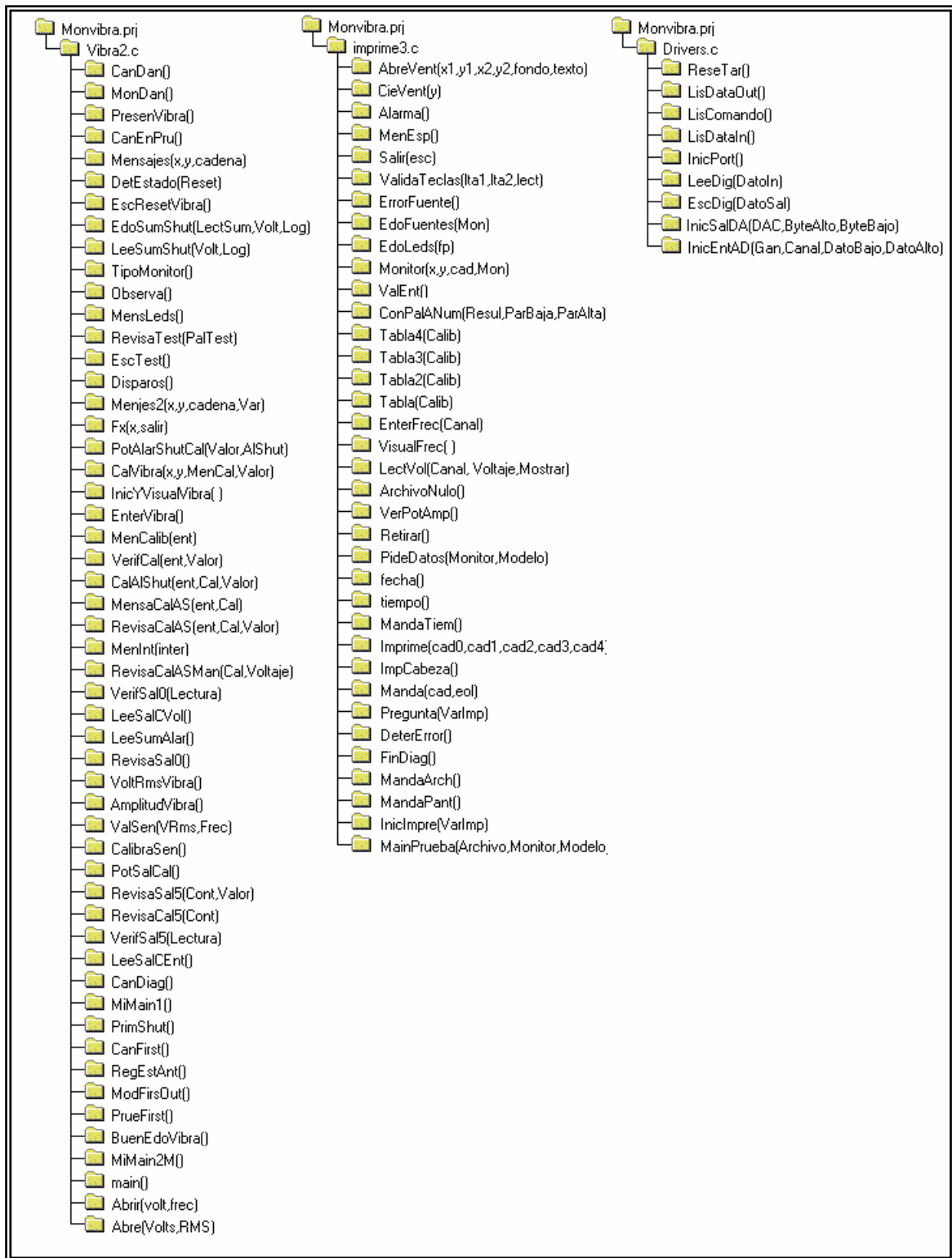


Figura B.5 Programa Monvibra.prj, archivos y secuencias que lo conforman.

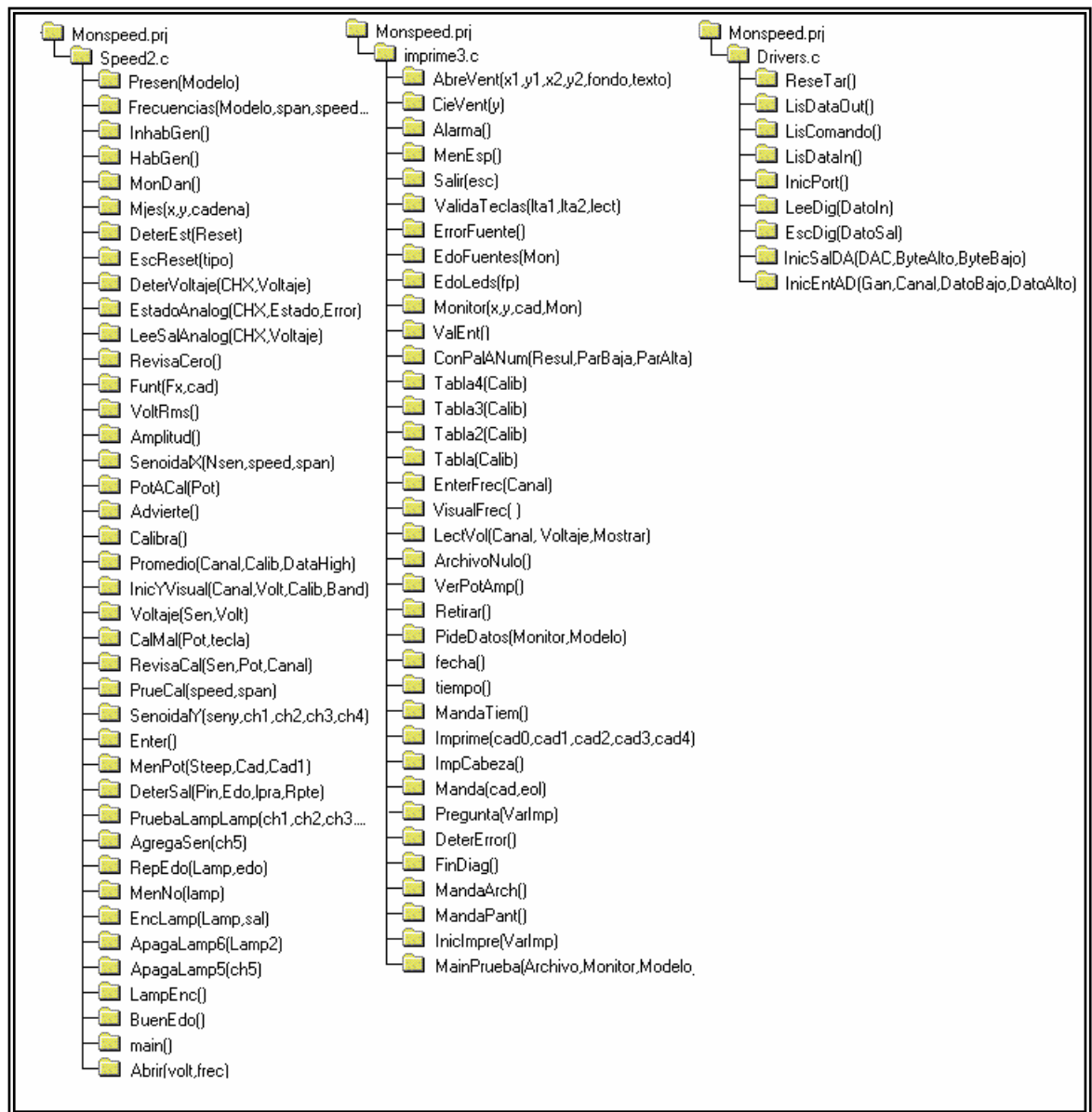


Figura B.6 Programa Monspeed.pri, archivos y rutinas que lo conforman

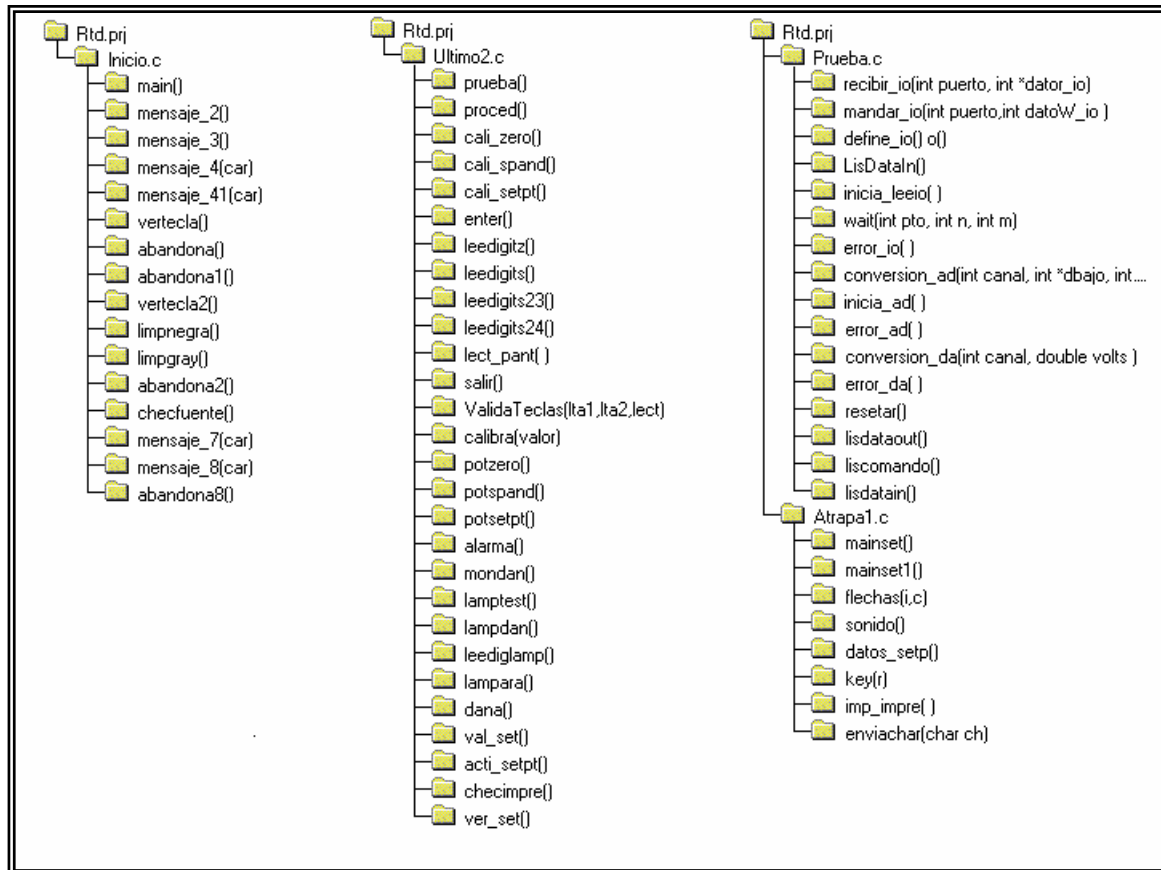


Figura B.7 Programa Rtd.prj, archivos y secuencias que lo forman.

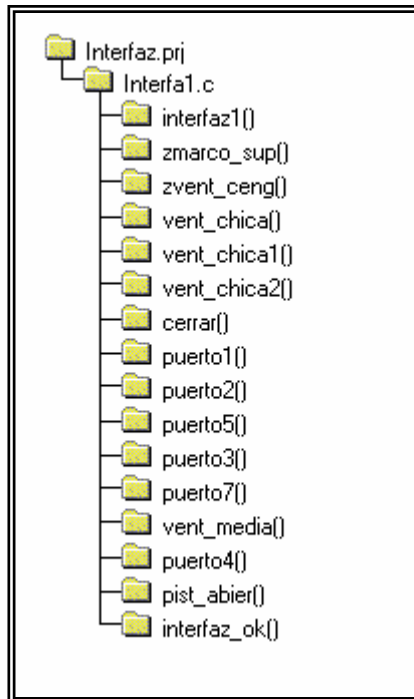


Figura B.8 Programa Interfaz.prj, archivos y rutinas que lo conforman.

APÉNDICE C

DIAGRAMAS DEL DIAGNOSTICADOR

Los diagramas electrónicos incluidos en el CD y pertenecientes a los módulos del sistema de control, son indispensables para el análisis de su funcionamiento, con base en ellos se desarrollaron los diagramas de flujo para la integración del software de diagnóstico.

El Apéndice (C), está constituido de dos secciones: los diagramas de flujo del software de diagnóstico y de los diagramas electrónicos de los módulos de los sistemas de control.

Los diagramas de flujo son integrados en este apéndice, considerando todos y cada uno de los algoritmos de los módulos. Cabe mencionar que en los capítulos 4 y 5 se describen algunos de estos diagramas, con el objeto de mostrar el desarrollo de los programas.

En la sección referente a los diagramas electrónicos, básicamente se integran los esquemáticos correspondientes a todos los módulos en cuestión, así como el diagrama electrónico de la tarjeta de interfaz digital. Es importante mencionar, que con base en estos diagramas el usuario podrá obtener una ayuda substancial para el desempeño de sus actividades.

APÉNDICE D

TABLAS DE CALIBRACIÓN Y ESPECIFICACIONES DE LA TARJETA PCL 818

La última sección es el apéndice (D), está constituido por dos partes: las tablas que se utilizarán para la calibración de los módulos analógicos y las especificaciones técnicas de la tarjeta de adquisición de datos PCL-818. Ambas están incluidas en el CD que acompaña este documento.

Las tablas de calibración toman un papel muy importante, con base en ellas el usuario asignará los parámetros de calibración indicados para cada diferente modelo de módulo analógico. En el capítulo 5 se indicaron de manera global los diferentes modelos de módulos que existen operando en los sistemas de control actuales.

En la segunda parte de este apéndice se indican las especificaciones técnicas de la tarjeta de adquisición de datos (PCL-818).

Para conocer la aplicación directa en el diagnosticador de esta tarjeta, podemos referirnos a los capítulos 3 y 5 de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

Advantech, 1995, PCL-818 HIGH PERFORMANCE DATA ACQUISITION CARD WITH PROGRAMMABLE GAIN, USER'S MANUAL.

Borland 1988, TURBO C REFERENCE GUIDE, Borland INTERNATIONAL, Ver. 2.0.

Continental Control Corporation 1982, Vol. I & II INSTRUCTION MANUAL TGC 103-3, San Diego California.

Coughlin, Robert F. y Driscoll, Frederick, 1993, AMPLIFICADORES OPERACIONALES Y CIRCUITOS ELECTRONICOS LINEALES, Prentice Hall.

Intel 1991, Peripheral components, Handbook, Santa Clara California 95051.

Lafore Robert, The Waite Group Inc, 1989, TURBO C PROGRAMING FOR THE PC, W. Howard Sams & Company.

López Ernesto y Carrillo Javier, 1988, APUNTES PARA EL CURSO DE MICRO-PROCESADORES, CINVESTAV-IPN, Volumen II.

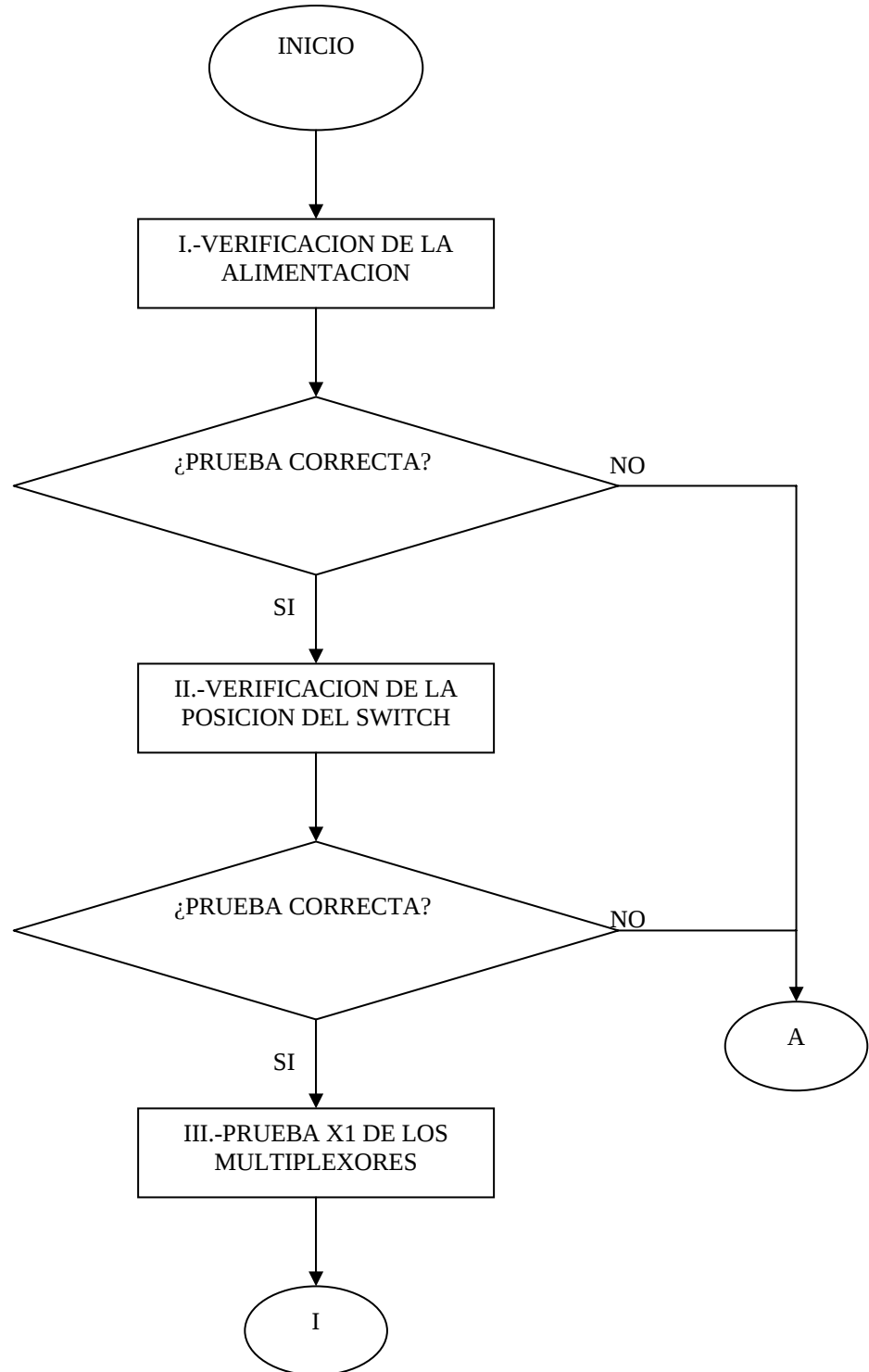
Morris Robert L, Miller John R, 1990, DISEÑO CON CIRCUITOS INTEGRADOS TTL, Editorial Continental S.A.

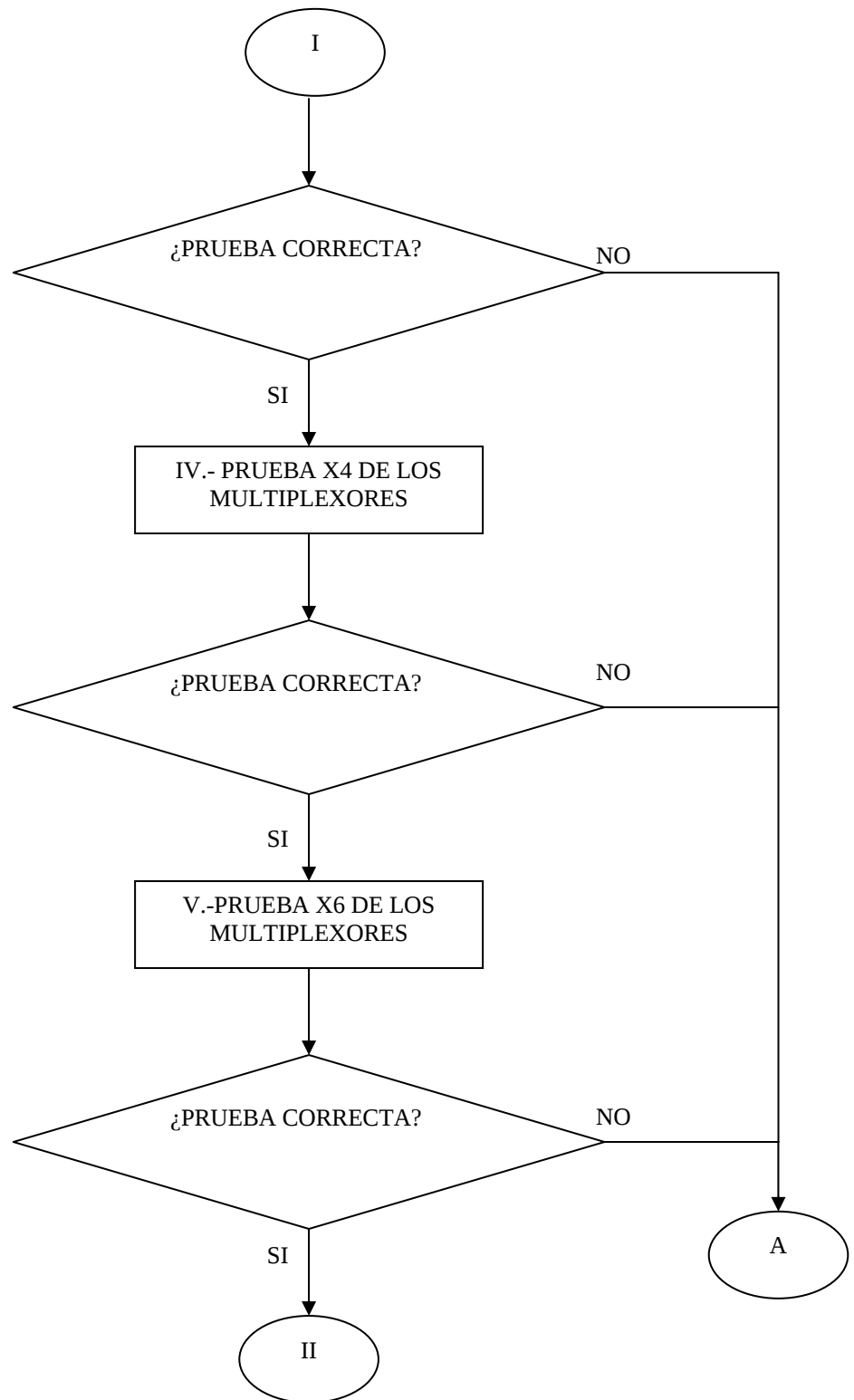
Motorola 1988, HIGH-SPEED CMOS LOGIC DATA.

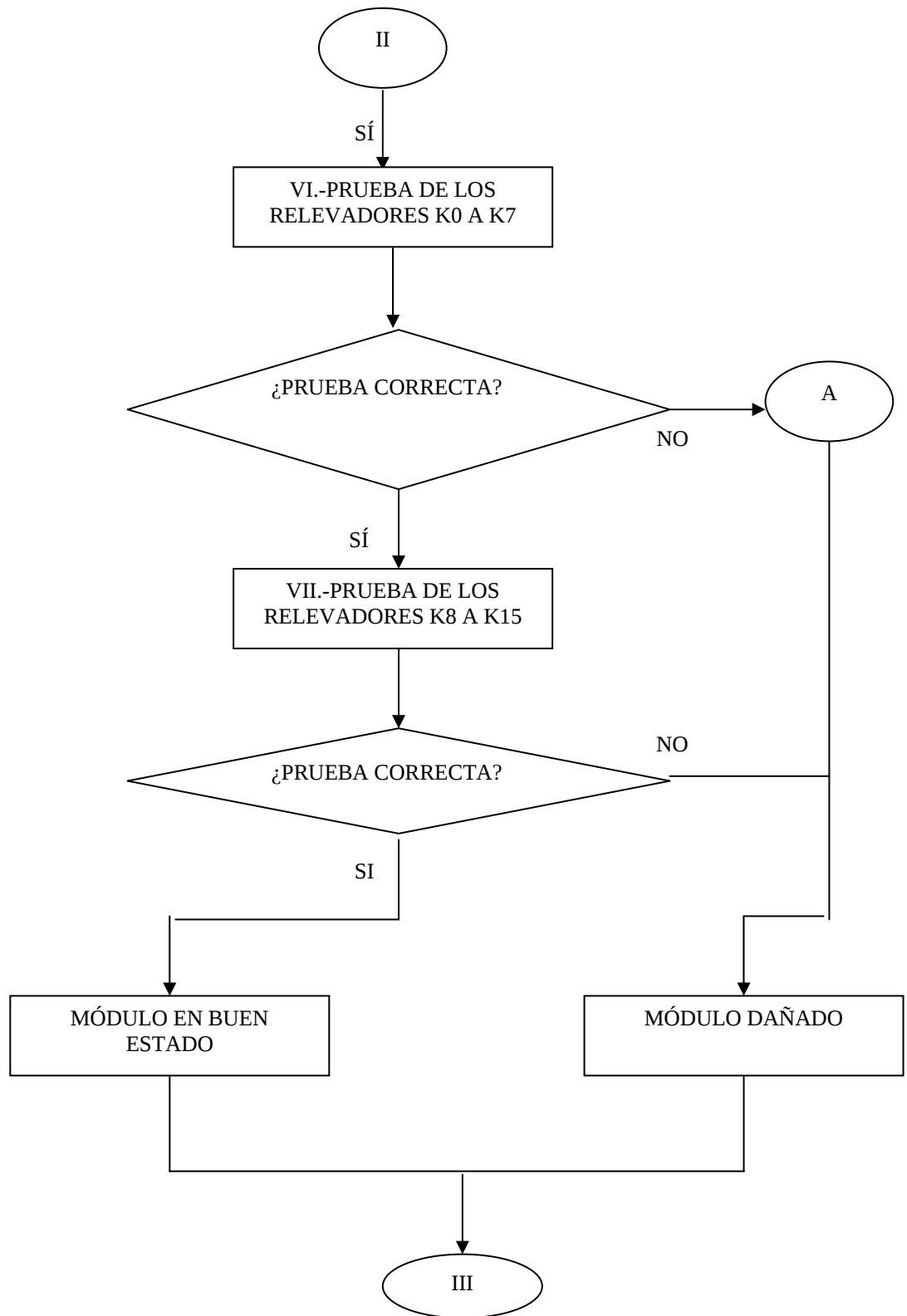
Schilling Donald L. y Belove Charles, 1985, CIRCUITOS ELECTRÓNICOS DISCRETOS E INTEGRADOS, Editorial Alfaomega-Marcombo.

Signetics 1984, TTL DATA MANUAL, Signetics.

Diagrama de flujo del módulo de PIU RELAY.







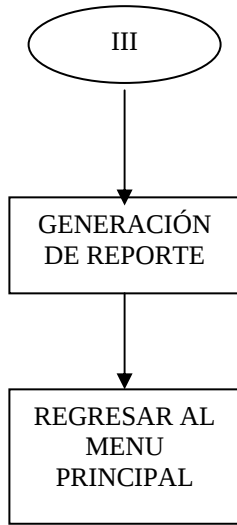
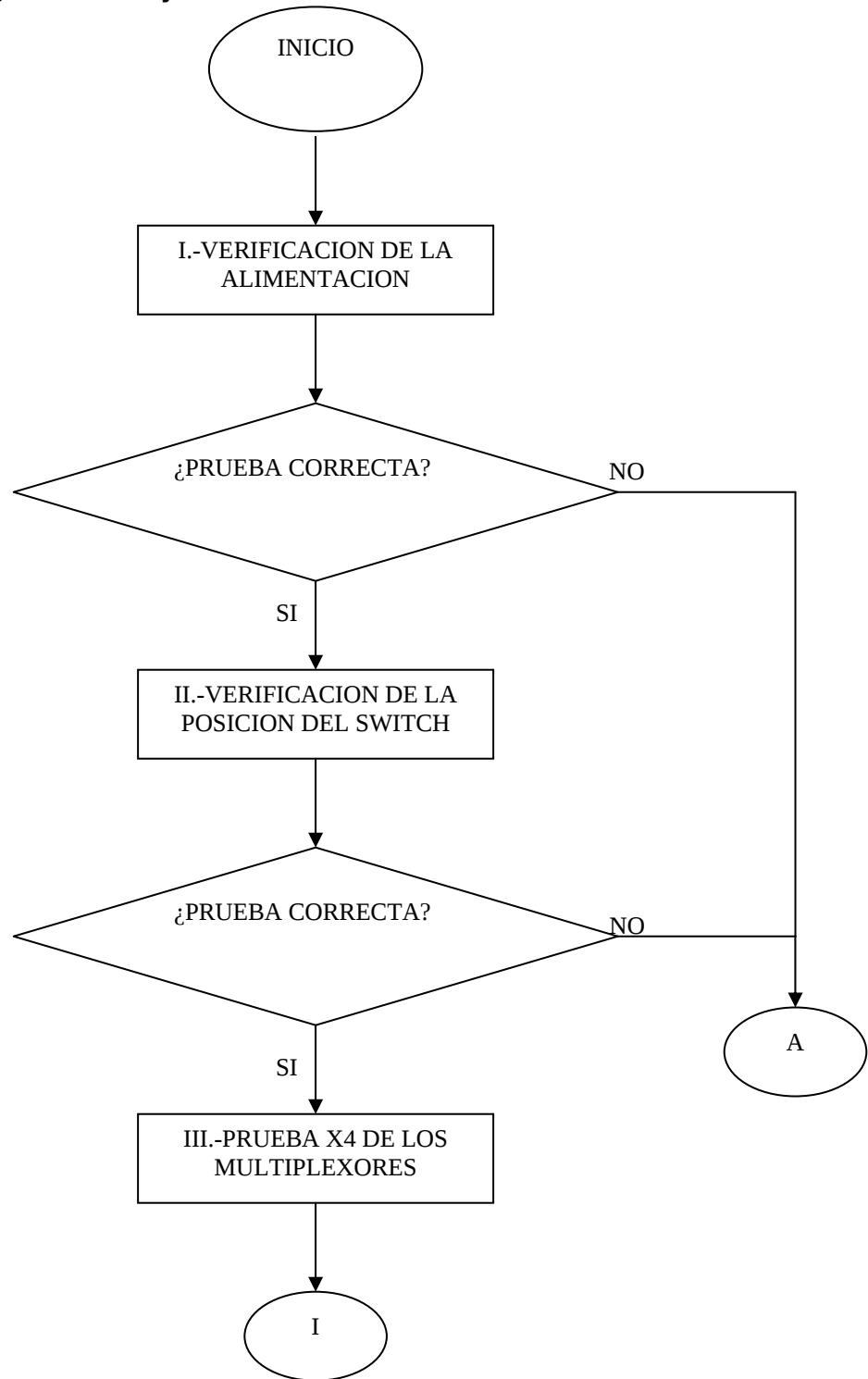
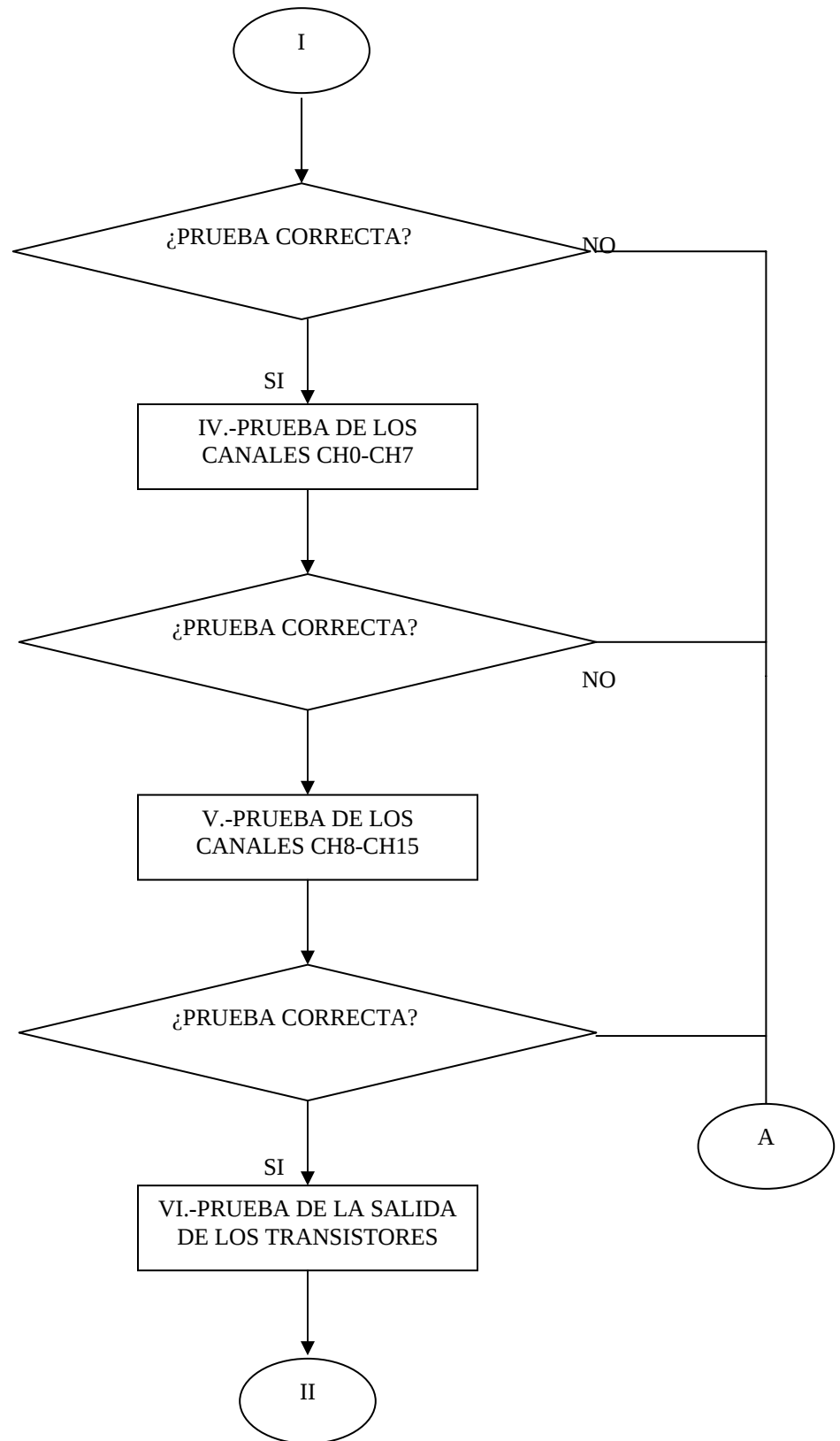


Diagrama de flujo.del módulo PIU TRANSISTOR





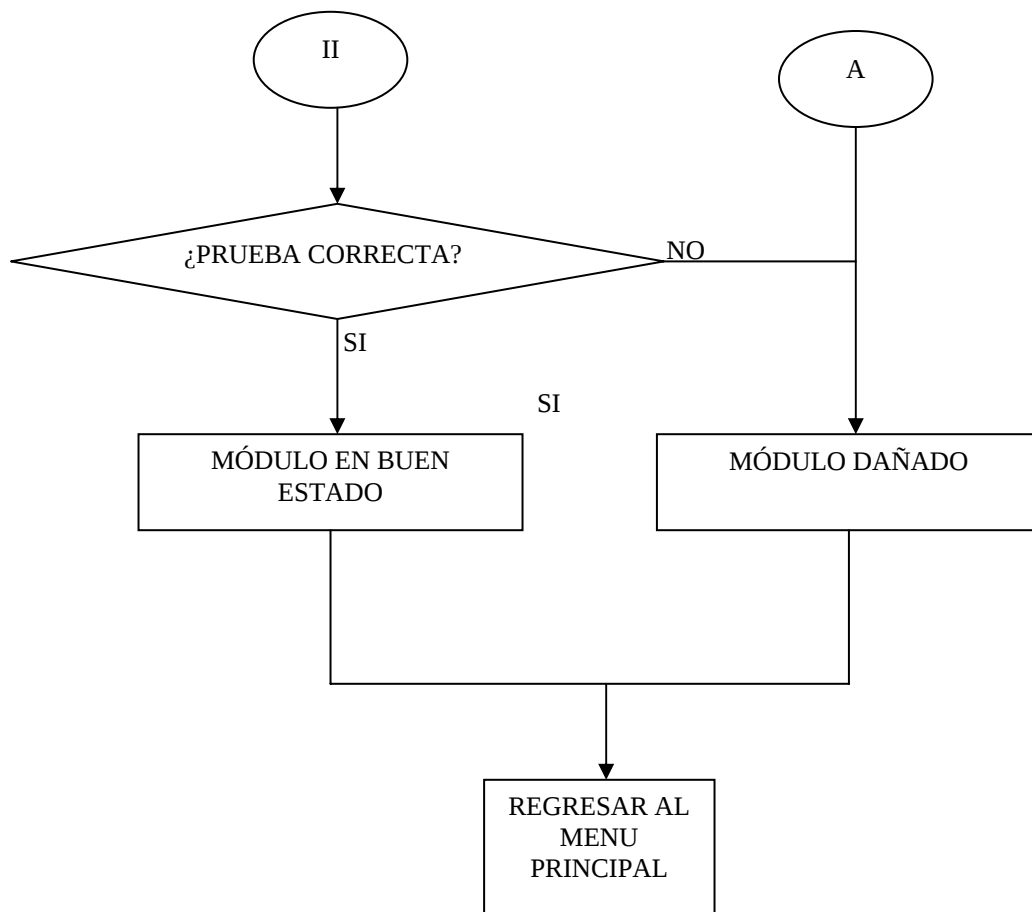
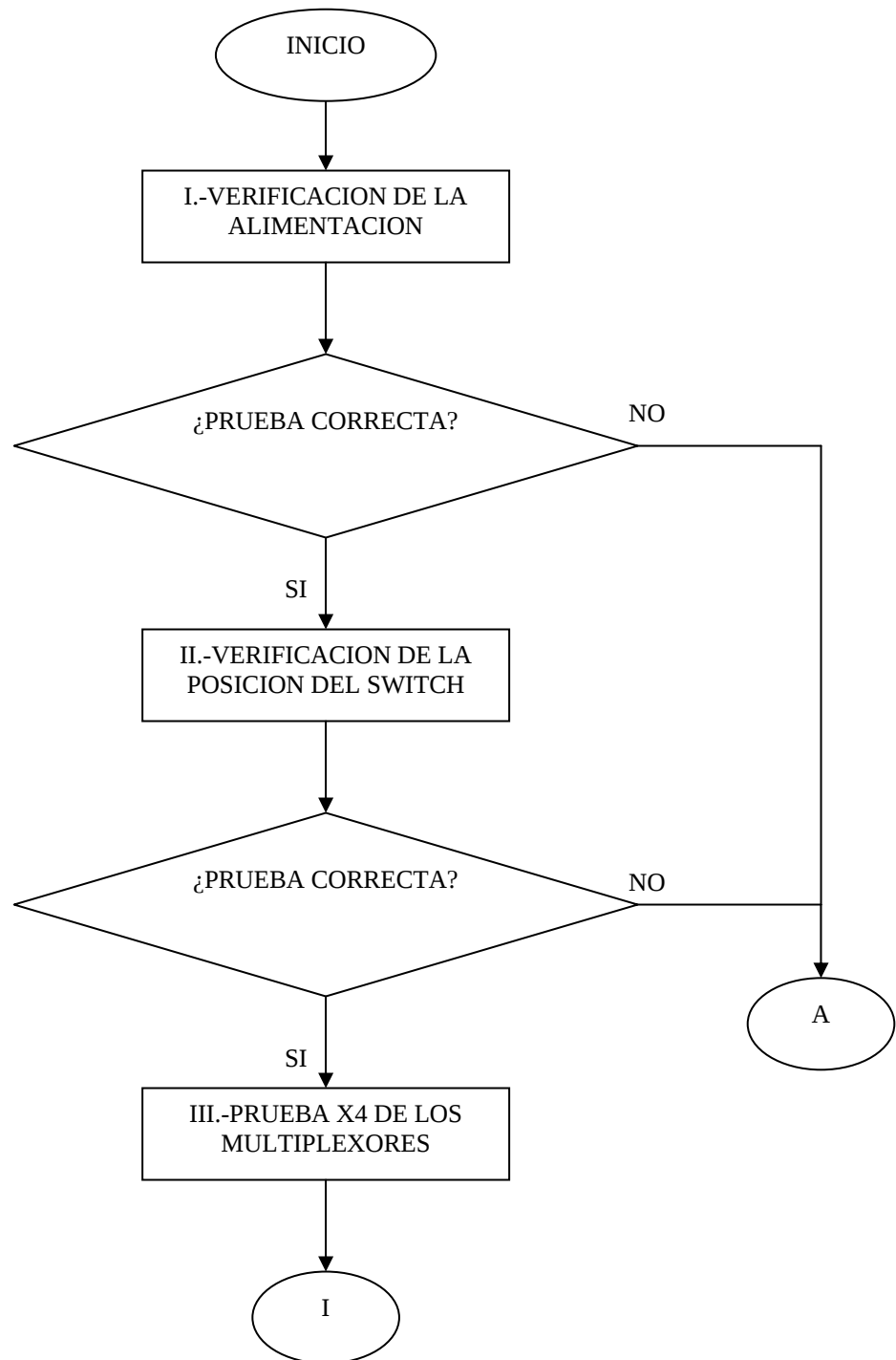
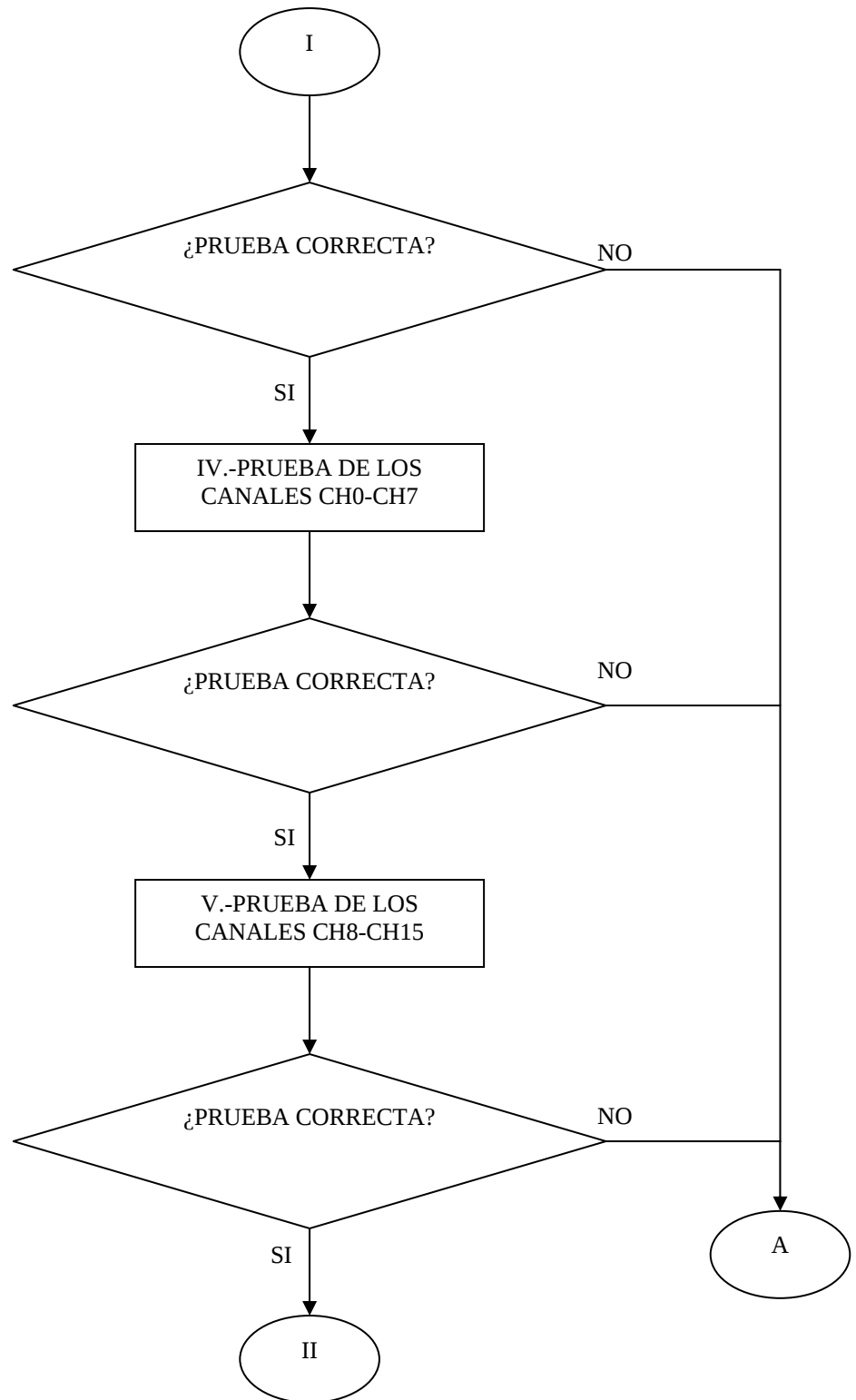


Diagrama de flujo.del módulo PIU CONTACT





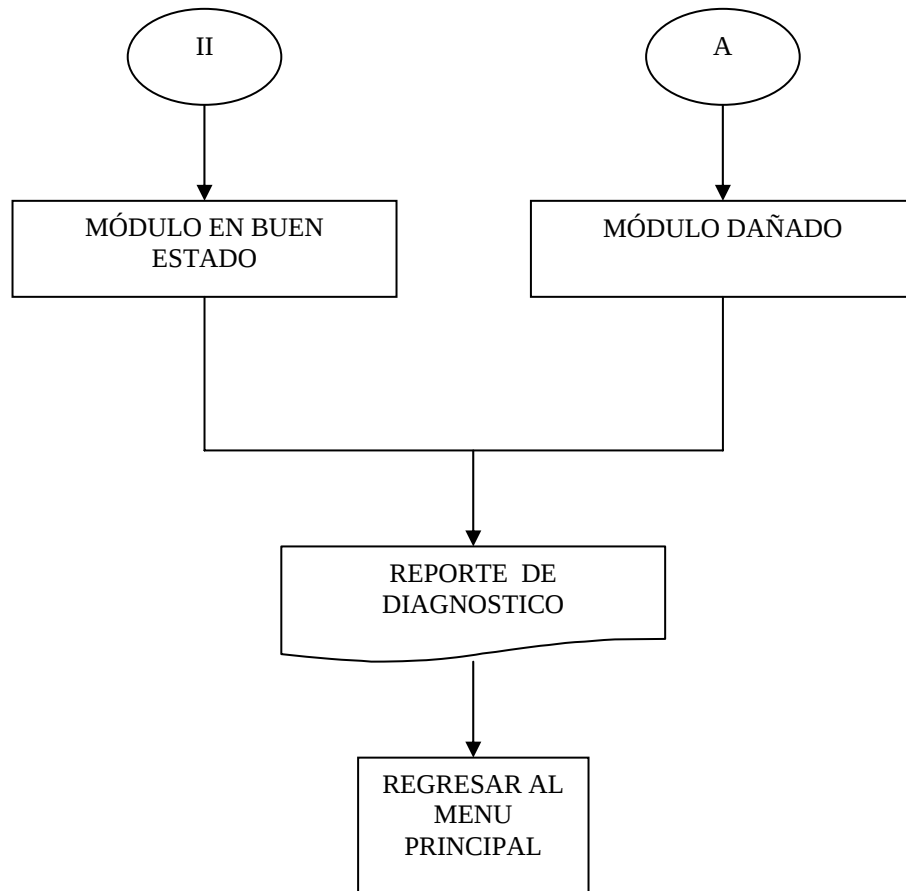
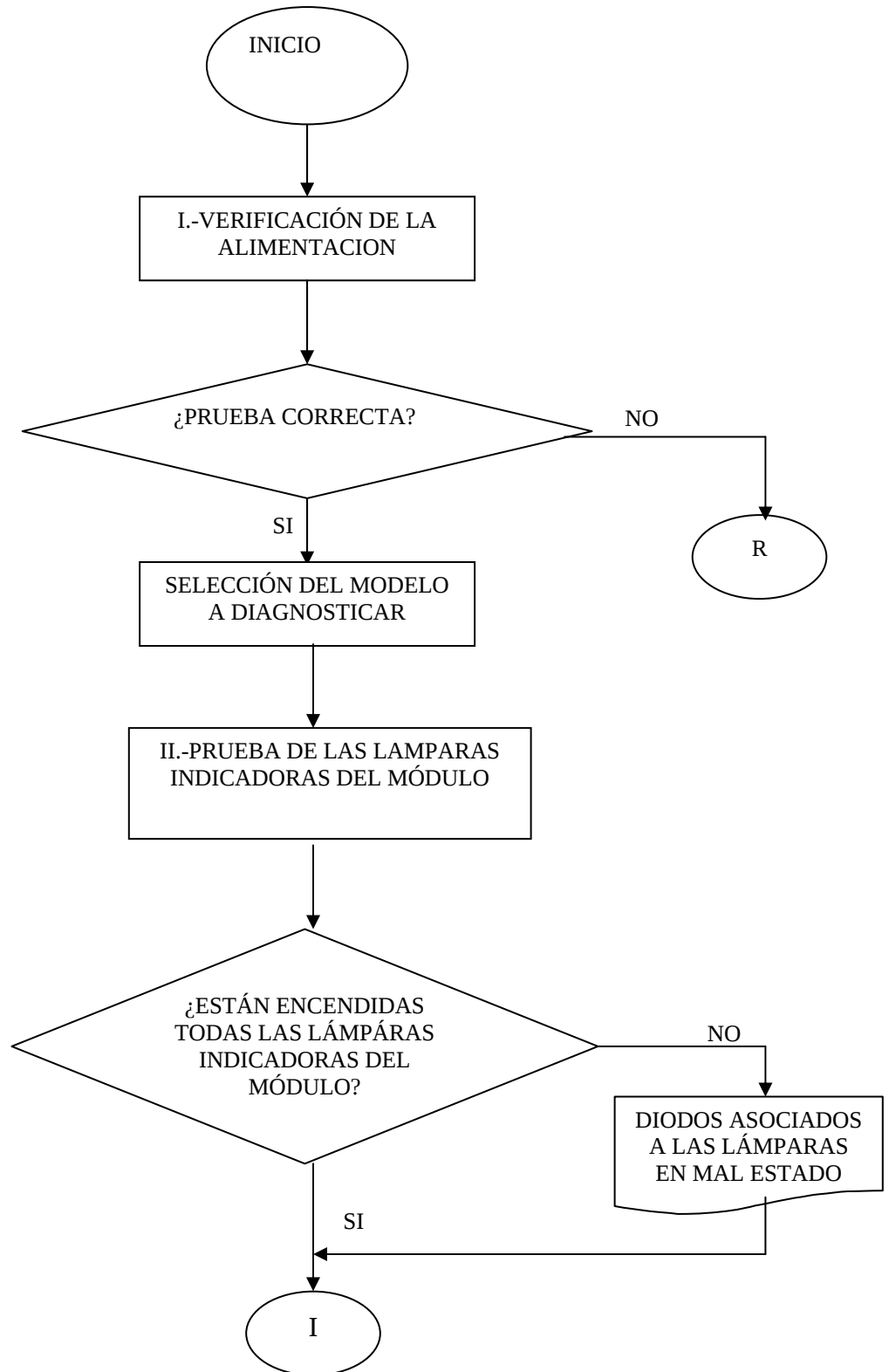
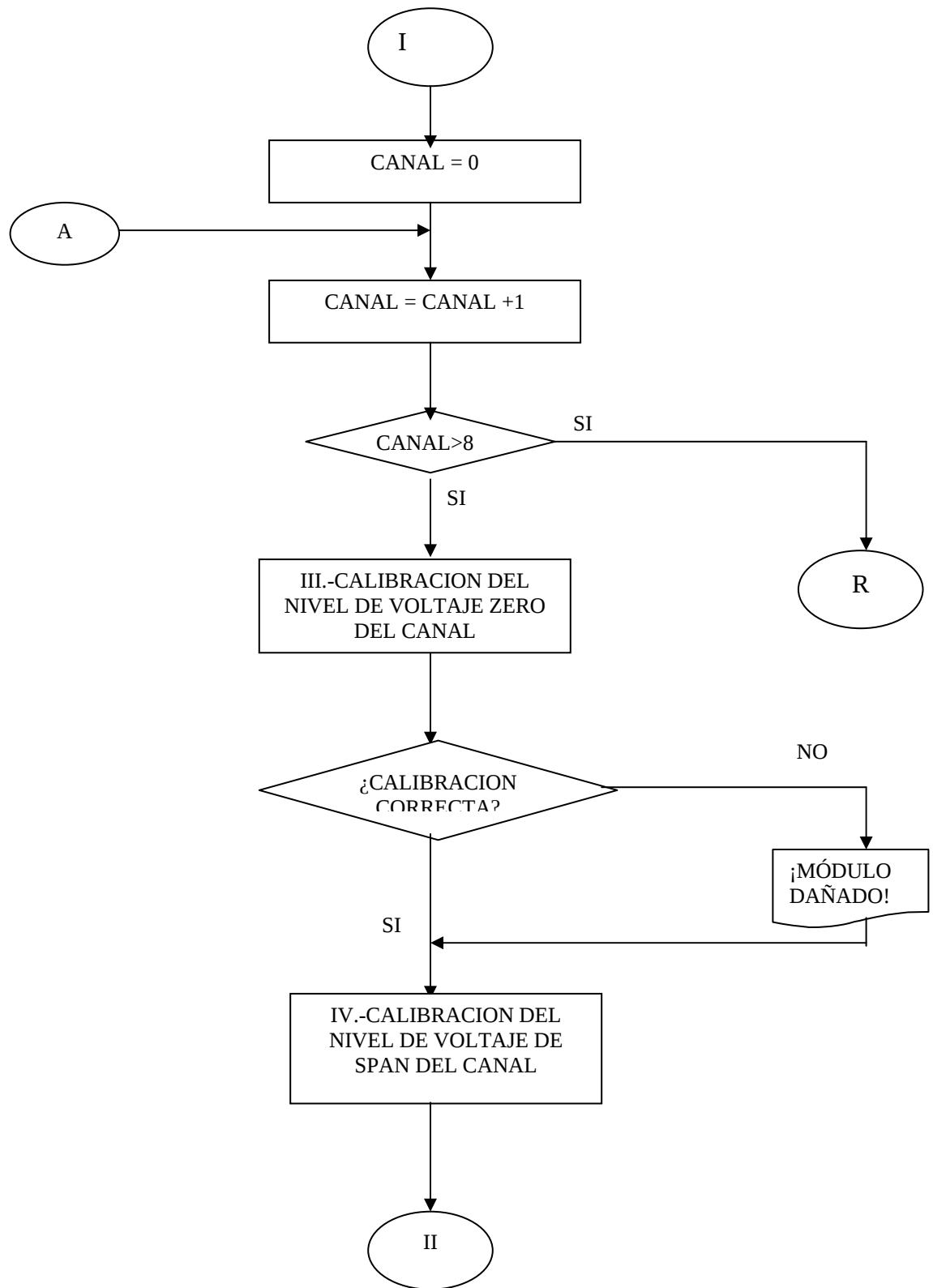
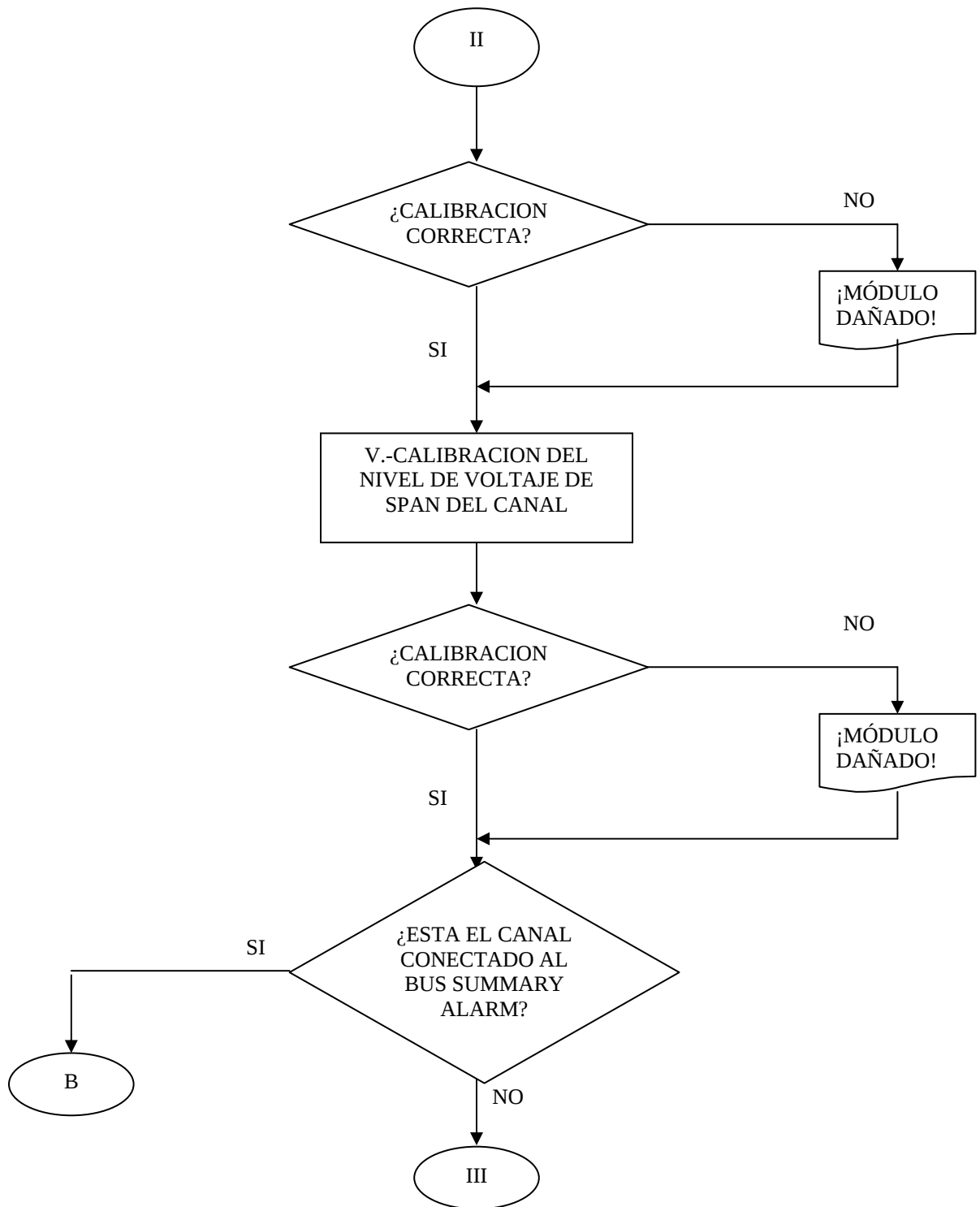
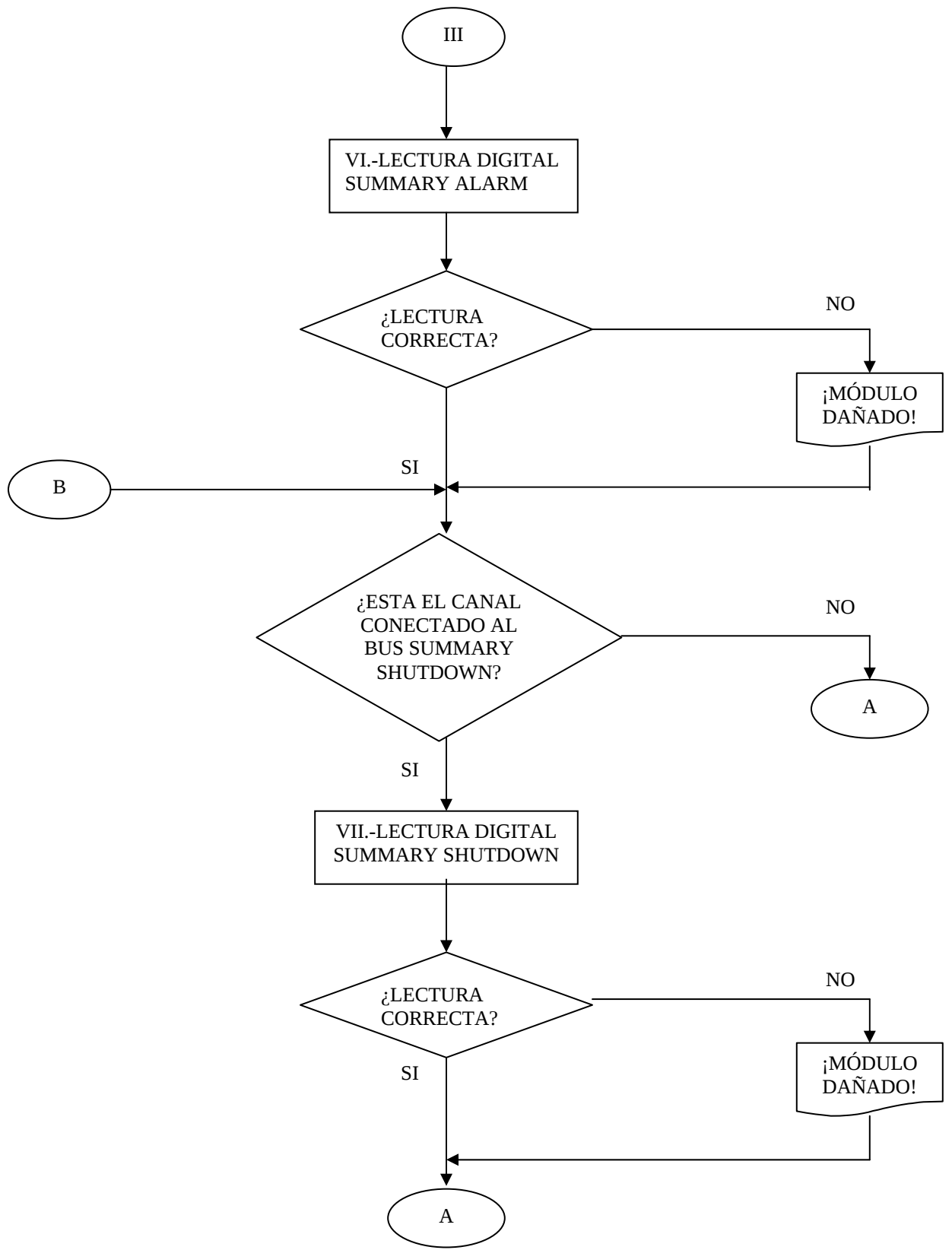


Diagrama de flujo del módulo RTD de Temperatura.









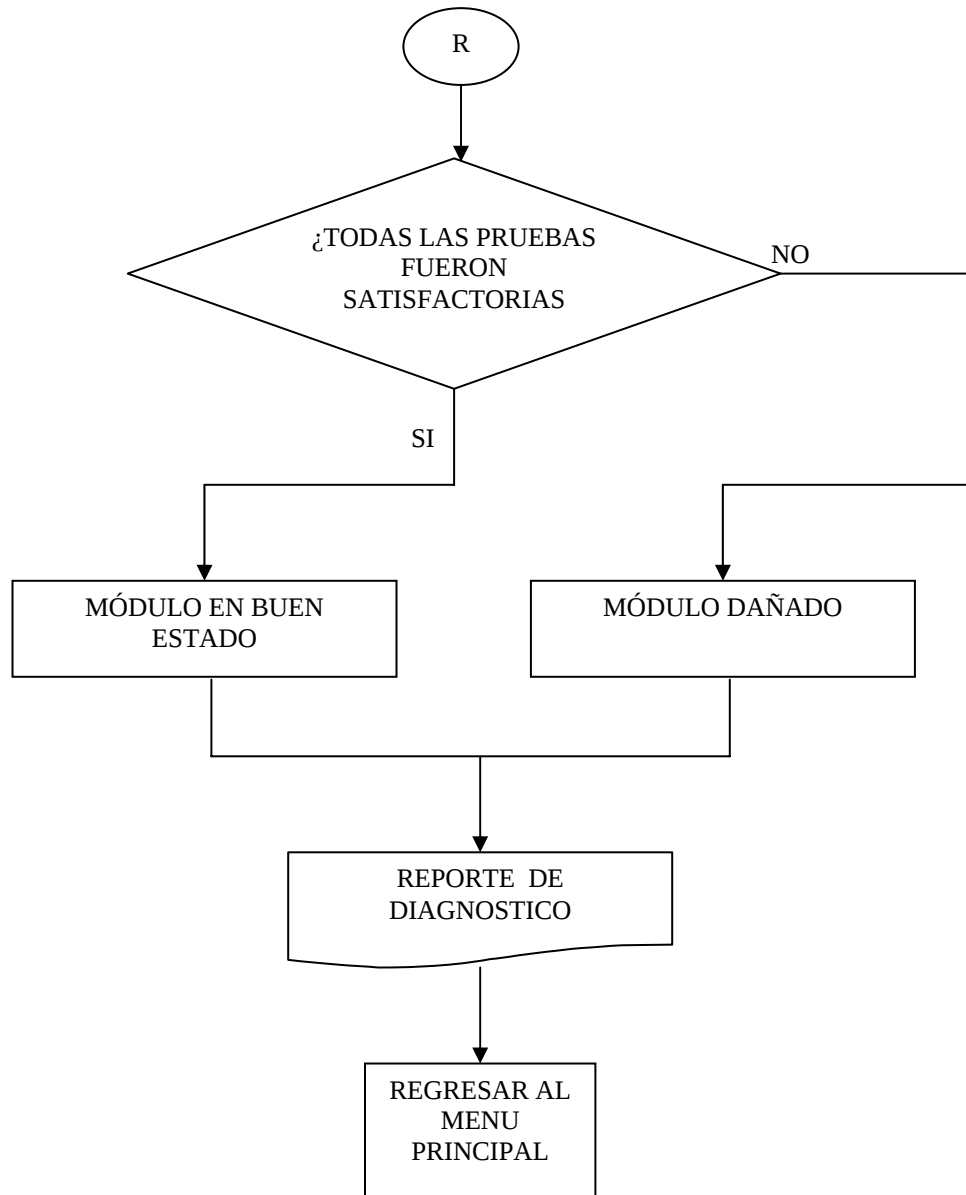
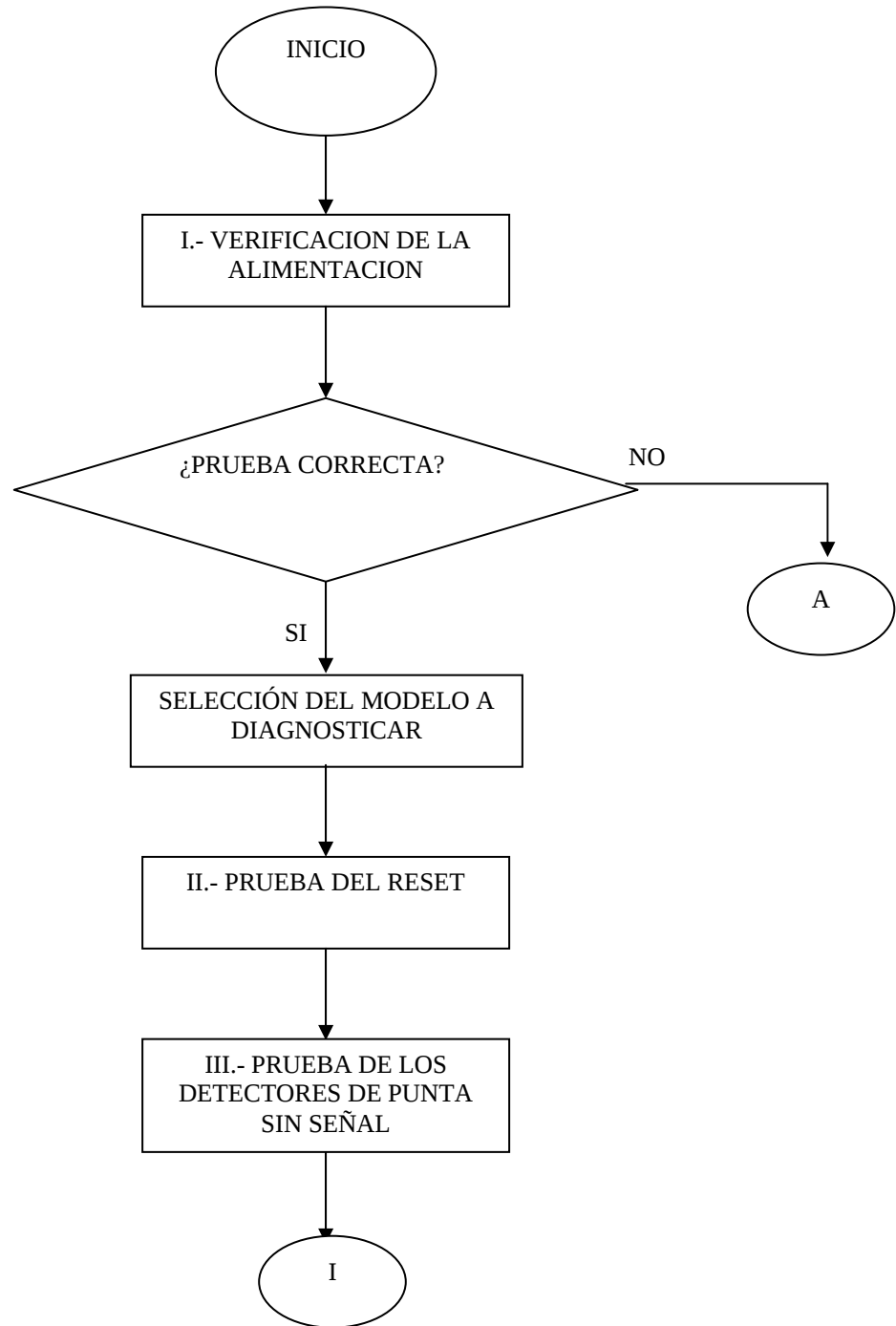
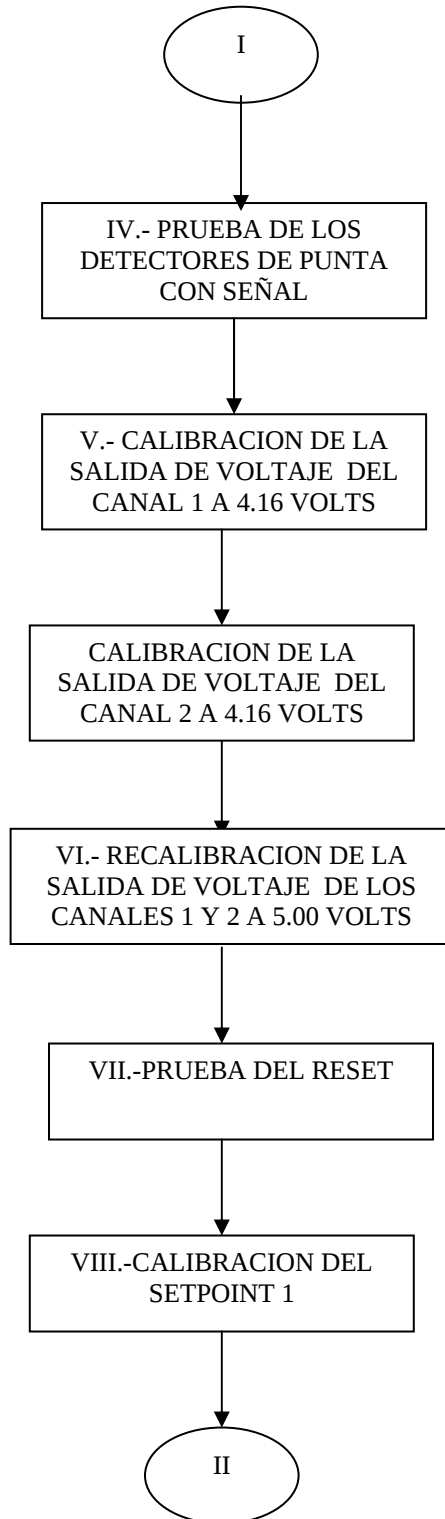
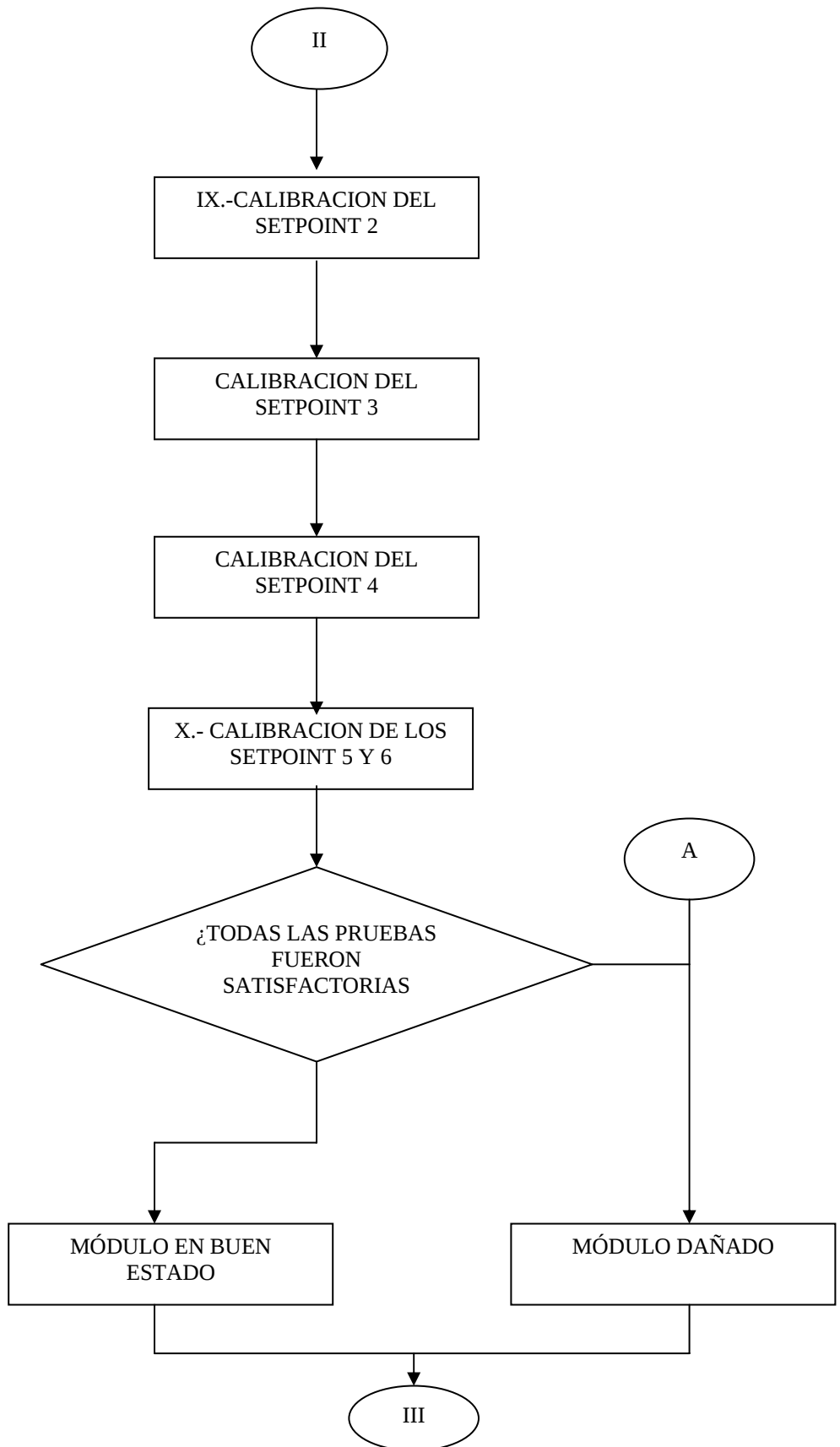


Diagrama de flujo del módulo de Velocidad.







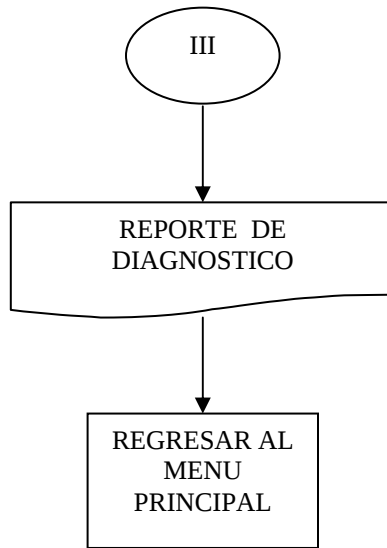


Diagrama de flujo del módulo vibración.

