



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería Eléctrica**



CONTROL ELECTRONICO DE POSICION DE LA  
ANTENA GOBERNABLE DE LA EMISORA HCJB  
"LA VOZ DE LOS ANDES"

**INFORME TECNICO**

Previo a la obtención del Título de:  
**INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

Especialización: **ELECTRONICA**

Presentada por:  
**Israel Arellano Cristóbal**

Guayaquil - Ecuador  
1989

A G R A D E C I M I E N T O

- \* A LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.
  
- \* A LA FACULTAD DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD.
  
- \* A LA EMISORA HCJB "LA VOZ DE LOS ANDES".

D E D I C A T O R I A

\* A MI MADRE

\* A MI PADRE

\* A MIS HERMANAS

\* A GLORIA

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este informe, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual del mismo, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL."

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)



---

ISRAEL ARELLANO CRISTOBAL



Ing. HERNAN GUTIERREZ V.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. JAIME SANTORO D.  
PROFESOR SUPERVISOR



Ing. PEDRO CARLO P.  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## R E S U M E N

El informe describe la operación de los circuitos y componentes del Control de Posición de la Antena Gobernable. Este Control tiene como objetivo ubicar la antena en una determinada posición deseada, a fin de que ésta sirva a los requerimientos de radiodifusión en onda corta en cualquier punto del hemisferio norte del planeta.

En las primeras dos secciones se explican en detalle las funciones necesarias para cumplir con el propósito ane-  
tado. Se incluyen asimismo gráficos, tablas y diagramas esquemáticos que ilustran las explicaciones.

En las unidades 3 y 4 se explican los circuitos y dispositivos que permiten la comunicación de datos acerca de la posición actual y deseada de la antena a control remoto con la sala de transmisores. Se muestran de igual forma los respectivos diagramas esquemáticos.

Los aspectos que hacen relación a la construcción del proyecto, como la tecnología empleada, implementación, y requerimientos de energía se incluyen en la unidad 5.

La unidad 6 presenta un estudio estimativo del costo del Control, el cual toma en cuenta lo relativo al módulo

local, sus dispositivos y circuitos que lo conforman.

Finalmente se hace mención de algunas conclusiones y recomendaciones que se derivan de este proyecto; así como de apéndices en donde se incluye información técnica de los principales dispositivos y componentes del Control.

## I N D I C E   G E N E R A L

	PAG.
TABLA DE SIGLAS Y ACRONIMOS	x
UNIDAD 1.- ASPECTOS INTRODUCTORIOS	11
1.1.- EL SISTEMA ELECTRONICO DE CONTROL	13
1.2.- CONTENIDO DE LOS MODULOS Y ALCANCE DEL INFORME	15
UNIDAD 2.- TARJETA DE CONTROL PRINCIPAL	18
UNIDAD 3.- TARJETA DE UART/RELOJ/MODEM	35
3.1.- TRANSMISION DE TONOS	36
3.2.- RECEPCION DE TONOS	39
3.3.- SINTESIS DE FRECUENCIAS PORTADORAS	40
3.4.- GENERACION DE PULSOS DE RELOJ	41
UNIDAD 4.- TARJETA DE MODEM DE CANAL	42
4.1.- PROCESO DE MODULACION	44
4.2.- PROCESO DE DEMODULACION	45
4.3.- MODIFICACIONES PRACTICADAS EN LA TARJETA	46
UNIDAD 5.- CONSTRUCCION DEL CONTROL DE POSICION	47
5.1.- LA FUENTE DE PODER	48
5.2.- INTERCONEXIONES ENTRE TARJETAS	50
5.3.- ASPECTOS EN LA CONSTRUCCION DE TARJETAS	54
5.4.- IMPLEMENTACION DE RELEVADORES Y CONTROL MANUAL	56



UNIDAD 6.- ESTIMACION DE COSTOS DEL CONTROL	
DE POSICION .....	61
6.1.- LA TARJETA DE CONTROL PRINCIPAL .....	61
6.2.- LA TARJETA DE UART/RELOJ/MODEM .....	64
6.3.- LA TARJETA DE MODEM DE CANAL .....	66
6.4.- LA TARJETA DE FUENTE DE PODER .....	67
6.5.- CONSIDERACIONES GENERALES .....	68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	69
APENDICES .....	72
A. DATAMETRICS; Encodificador de Posición Absoluta .....	73
B. RCA "Solid State Division"; Receptor/ Transmisor Asíncrono Universal -UART CDF6402- Y; MOTOROLA Inc.; Modem Digital de frecuencias de Audio -MC6860- .....	75
BIBLIOGRAFIA .....	79

## 1.0 ASPECTOS INTRODUCTORIOS

El presente trabajo proporciona una descripción en detalle de los diferentes circuitos que conforman el Sistema de Control Electrónico de la Antena Gobernable, así como su operación.

La antena gobernable es una antena de forma biconica, de propiedad de la radioemisora HCJR "La Voz de los Andes", localizada en su campus de emisión en la parroquia Pifo, a 25 Km al oriente de Quito. Es capaz de soportar una potencia de emisión de hasta 500 KW, y operar en todas las bandas de radiofrecuencias en el rango de HF (onda corta). Su azimuth puede variar de acuerdo a los requerimientos de emisión. Para ello debe desplazarse sobre una pista semicircular de 45 m de radio gracias al Sistema Electrónico de Control, que puede comandar un sistema hidráulico que, a su vez, se encarga de poner en movimiento, y fijar en la posición deseada, la estructura que soporta la antena. La figura 1.1 muestra una fotografía de la mencionada antena.

El eje principal de la pista semicircular apunta hacia el norte magnético y la posición de la antena se determina mediante referencias angulares. Así, a la posición de la antena desde el eje principal hacia la izquierda se asigna de 360 a 310 grados sexagesimales; y desde

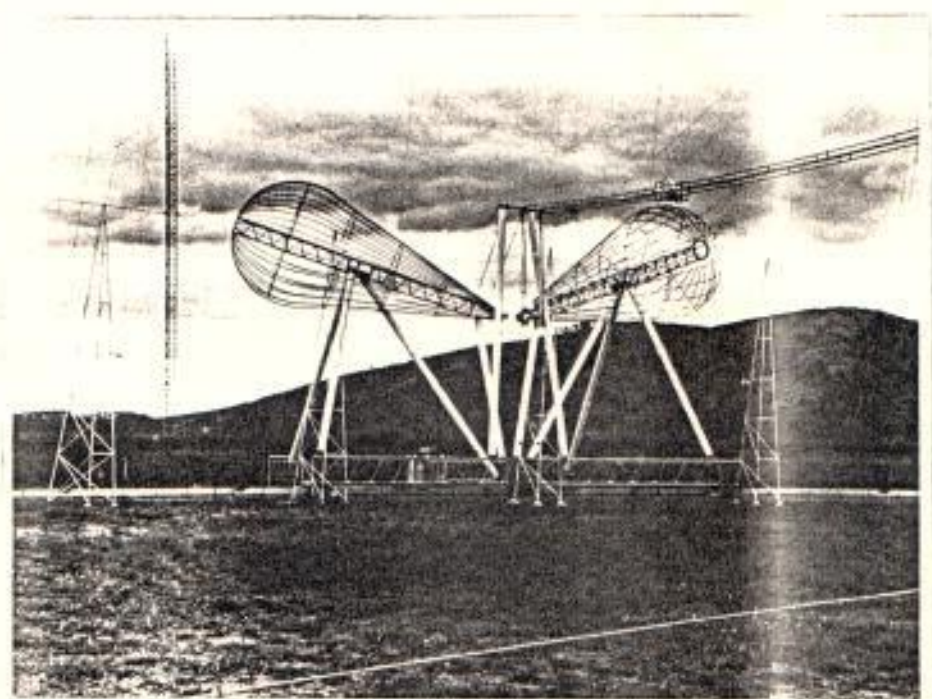


FIGURA 1.1 FOTOGRAFIA DE LA ANTENA GUBERNABLE DE LA EMISORA HCJB "La Voz de los Andes"

el eje principal hacia la derecha se asigna de 0 a 60 grados. Es decir, la antena gobernable puede desplazarse en alrededor de 110 grados sexagesimales en total. La figura 1.2 muestra la referencia angular como se ha descrito.

### 1.1 EL SISTEMA ELECTRONICO DE CONTROL

El Sistema Electrónico de Control debe disponer de dos modos de operación: El Modo LOCAL y el Modo REMOTO. Esta función debe ser así debido a que la ubicación de la antena dista alrededor de 200 m. de la sala de transmisores. Es desde esta sala de donde se efectúa el control en modo remoto por parte del personal encargado. La operación en modo local se realiza desde la caseta cercana a la antena, en donde también se encuentran ubicados los equipos del sistema hidráulico. Uno de los propósitos para haberlo hecho así es el de permitir facilidad de mantenimiento cuando fuere requerido.

Cada modo de operación es efectuado mediante tarjetas contenidas en sendos módulos que, para efectos de este informe se denominarán módulo LOCAL y módulo REMOTO. Estos módulos se comunican entre sí, para cualquiera de los modos de operación, utilizando la técnica de modulación de tonos en desplazamiento de frecuencia -FSK-. El

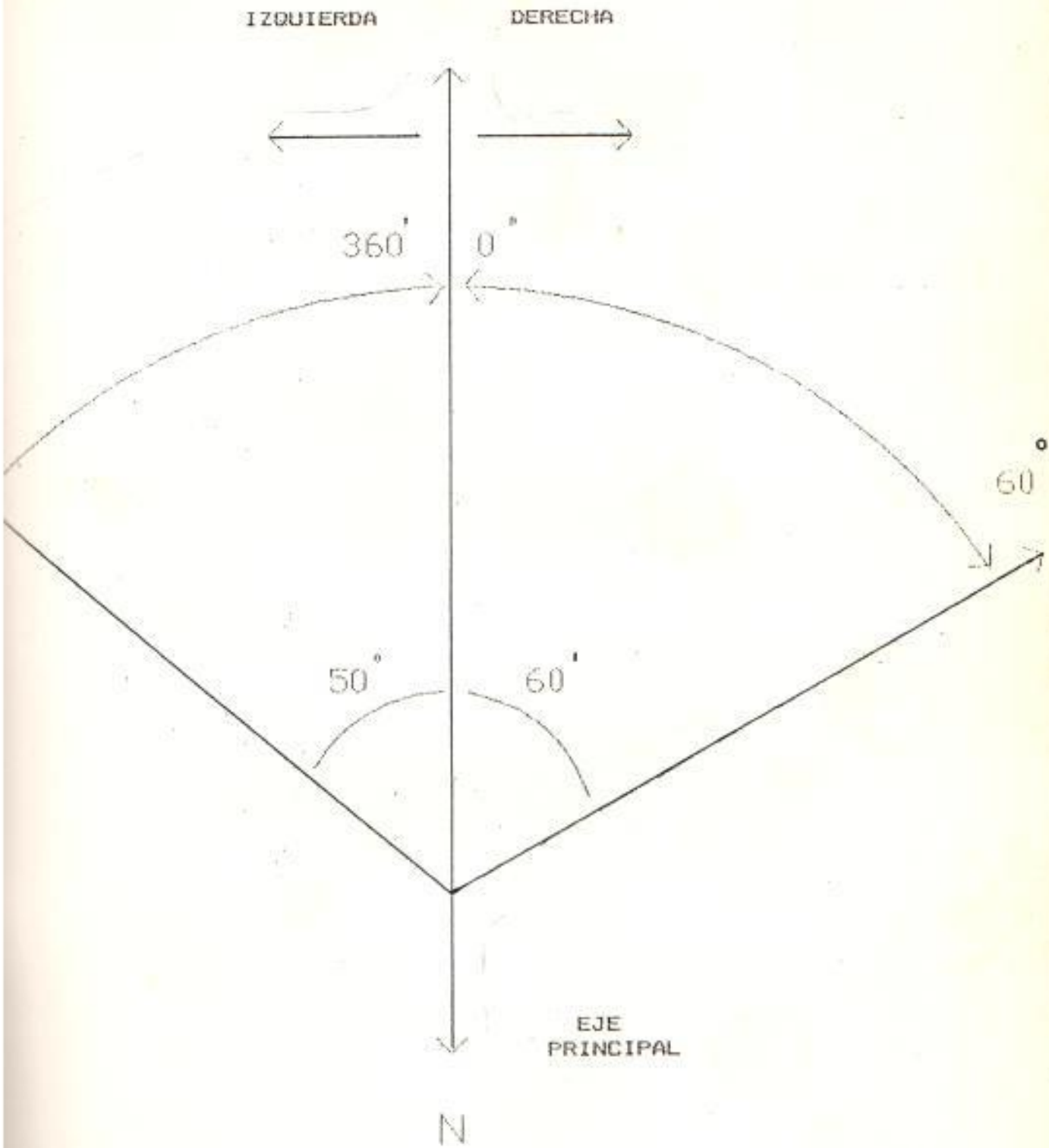


FIGURA 1.2 REFERENCIA ANGULAR PARA LA ANTENA GOBERNABLE

medio de comunicación es un enlace a través de la línea trifásica de 480 V que energiza el sistema hidráulico desde la subestación eléctrica cercana a la sala de emisiones. Esto sugiere el uso de filtros especiales para recoger la información que será procesada por los módulos, lo cual no será considerado en este informe.

## 1.2 CONTENIDO DE LOS MODULOS Y ALCANCE DEL INFORME

Lo siguiente es un listado del contenido de circuitos (tarjetas) y su denominación en cada uno de los módulos tanto LOCAL como REMOTO:

### MODULO LOCAL

1. Tarjeta de Control Principal
2. Tarjeta de UART/Reloj/MODEM
3. Tarjeta de MODEM de Canal
4. Tarjeta de Amplificación/Atenuación
5. Fuente de Poder.

### MODULO REMOTO

- 1'. Tarjeta de Comando de Posición
- 2'. Tarjeta de Lectura de Telemetría
- 3'. Tarjeta de UART/Reloj/MODEM
- 4'. Tarjeta de MODEM de Canal
- 5'. Tarjeta de Amplificación/Atenuación

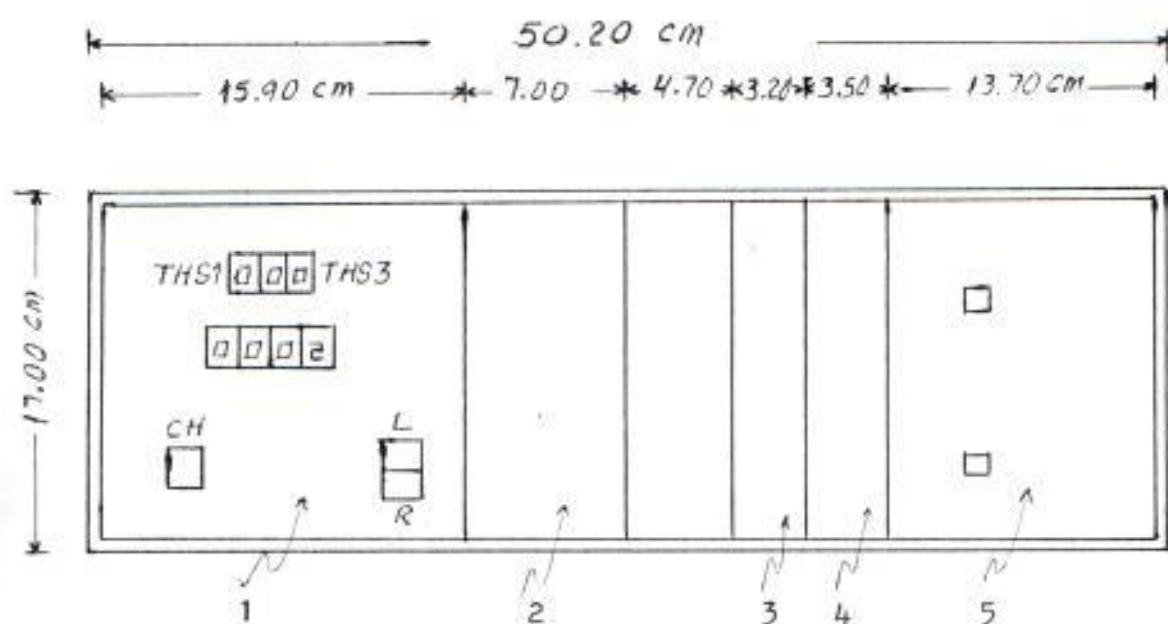
## 5'. Fuente de Poder.

La figura 1.3 muestra una vista frontal de los módulos, tanto local como remoto, así como sus dimensiones y la ubicación de las tarjetas en ellos.

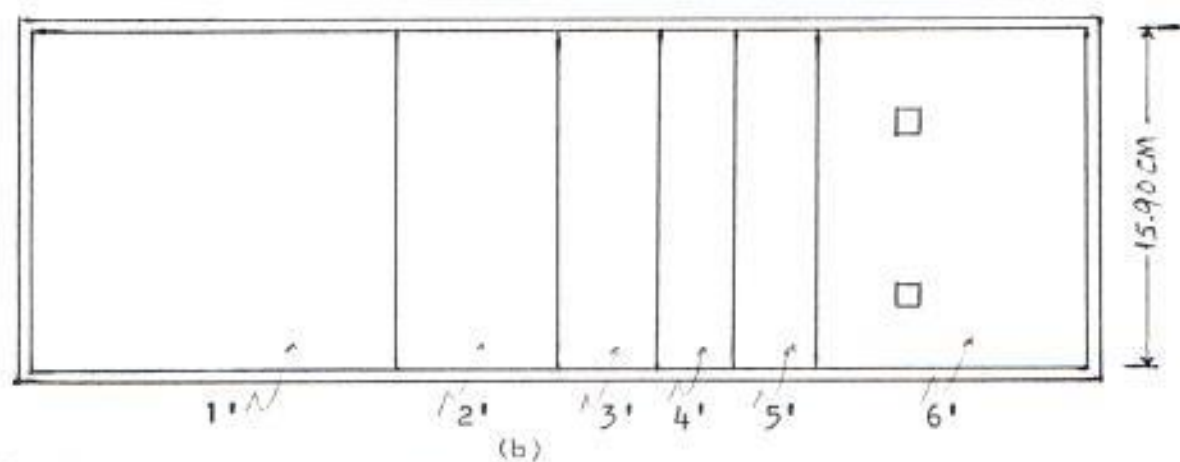
Para efectos de este informe se considerarán los aspectos referentes a los circuitos contenidos en los módulos, con especial énfasis en el modo LOCAL. Este informe comenzará considerando los circuitos contenidos en la Tarjeta de Control Principal (\*).

---

(\*) Debido a que esto constituyó la primera fase de la implementación de este control, en la que el autor del presente informe trabajó hasta su terminación. La fase de implementación del enlace de comunicación estaba en estudio a la fecha en que el autor dejó de trabajar para aquella compañía (Setiembre de 1987).



(a)



(b)

FIGURA 1.3.- VISTA FRONTAL DE LOS MODULOS DEL CONTROL ELECTRONICO DE POSICION DE LA ANTENA GOBERNABLE. a) MODULO LOCAL. b) MODULO REMOTO



## 2.0 TARJETA DE CONTROL PRINCIPAL

Esta tarjeta, que es parte del módulo LOCAL, realiza las operaciones principales para gobernar la antena. Desde aquí puede seleccionarse el modo de operación del control, sea este MANUAL o REMOTO, de acuerdo a la posición que tenga el selector MODO. El gráfico de la figura 2.1 muestra el diagrama esquemático para esta tarjeta.

Si el selector MODO está en LOCAL, entonces puede controlarse la posición de la antena mediante tres conmutadores digitales (THS1 - THS3), que van incorporados a la tarjeta, los cuales envían el dato del ángulo de posición deseado para que sea multiplexado. Este dato sirve como direccionamiento para el dispositivo EPROM 2716 (U11), que envía el dato de posición codificado para ser multiplexado en los dispositivos multiplexores CD4053 (U13-U14). Previo a ello, el dato ha sido retenido en dos dispositivos de enclavamiento -flip/flops CD4042 tipo D- (U9 -U10). La tabla II muestra la situación en el dispositivo EPROM U11 -direccionamientos y datos almacenados-.

A fin de seleccionar datos en la operación REMOTO, los multiplexores indicados escogen el dato proveniente de la tarjeta UART/Reloj/MODEM.

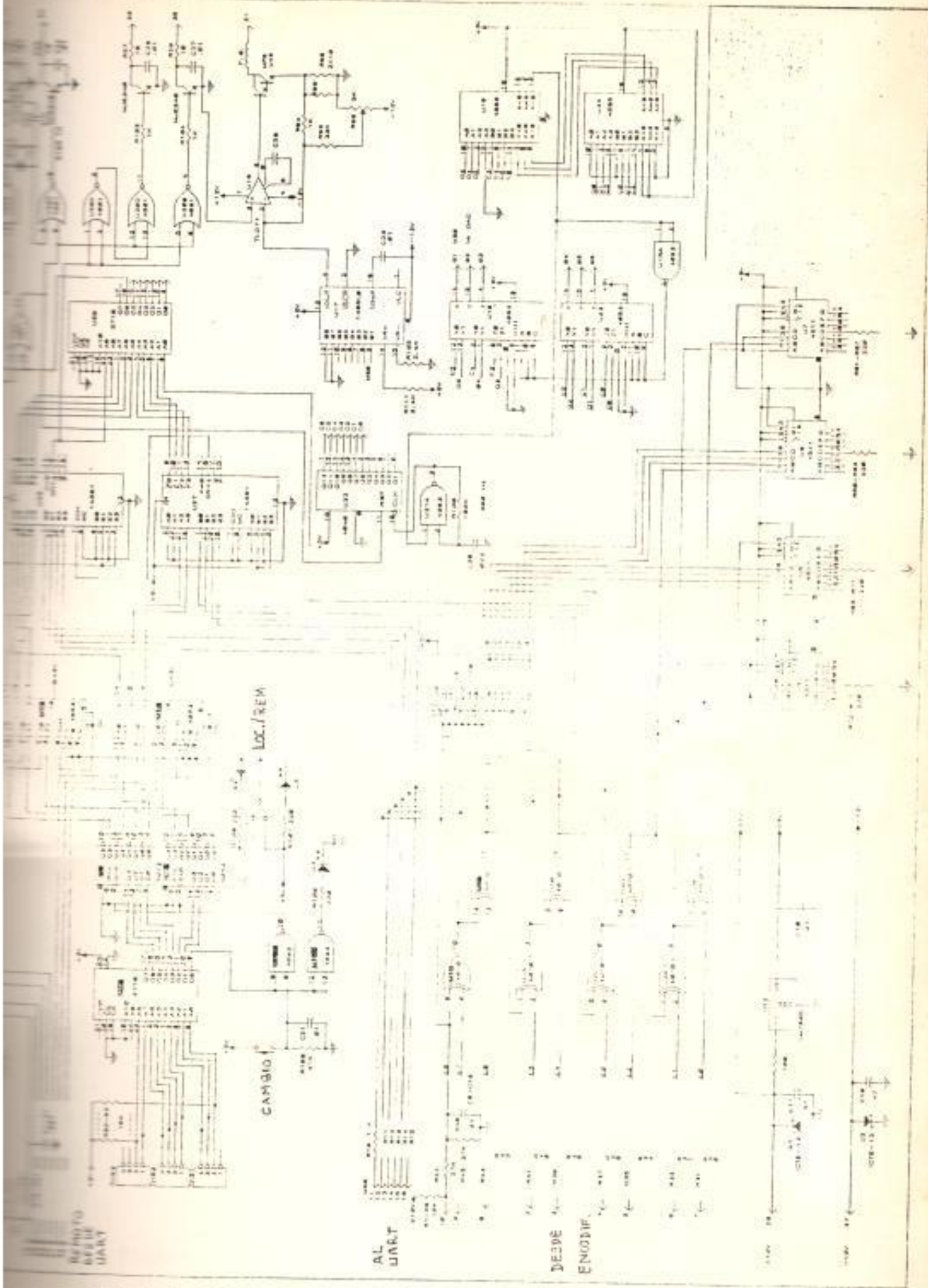


FIGURA 2.1 DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA TARJETA DE CONTROL PRINCIPAL

El sistema provee de un mecanismo para no aceptar valores angulares inválidos. Estos valores serán los ángulos no considerados en el rango de posición de la antena. Por ejemplo, el circuito no aceptará datos angulares comprendidos entre 61 grados y 309 grados, y desde 361 grados en adelante. Para el efecto se ha implementado el pulsador CAMBIO que, al ser activado, permite que los dispositivos de enclavamiento lean el nuevo dato de entrada antes que estos pasen a los multiplexores. Si el dato es inválido, la condición habilitante de pulso de reloj no se producirá y el ángulo deseado no se tomará en cuenta. El indicador "NUMERO NO VALIDO" se encenderá para este caso.

Dos dispositivos ALU (Unidades Lógicas Aritméticas de 4 bits) -CD4581- (U26 - U27) se conectan en cascada para realizar la operación de restar, comparando así el valor angular de posición de antena que se desea, **A**, y el valor actual de posición que tiene la antena en ese momento, **B**. Puede anotarse que cada número o valor angular, **A** o **B**, está formado por palabras de 8 bits. En efecto, a la salida de las unidades lógicas U26-U27 se tiene la operación

$$A - B - 1 = C \quad 2.1$$

Donde, como fue explicado, **A** es la nueva posición en

que se desea fijar la antena. **B** es la posición actual de la antena; y **C** es la diferencia angular de posición resultante.

El número **B** proviene de los datos enviados por el Encodificador de Posición Absoluta. Este encodificador está adaptado al eje del motor del sistema hidráulico, y calibrado a fin de informar al control electrónico sobre la posición actual de la antena. Envía datos en código Gray, que llegan al control principal (terminales 2 - 10 del conector de la tarjeta), para ser convertidos en código binario mediante puertas lógicas EX-OR -"0 Exclusivo- (U1-U2 CD4070). Es este el número **B** que se emplea en la operación descrita.

Para información en detalle acerca del Encodificador de Posición Absoluta, debe remitirse al Apéndice A, que incluye información y especificaciones técnicas de este equipo.

El número **B**, ya en binario, es utilizado como direccionamiento para otro dispositivo EFROM 2716 (U3), el cual provee datos que son enviados a cuatro dispositivos convertidores de código binario a BCD -CD4511- (U4 - U7), los que, a su vez, activan cuatro indicadores situados en el panel frontal y con los cuales puede visualizarse la posición actual de la antena. La Tabla III muestra la

situación en el EPROM U3 en lo que respecta a direccionamiento y datos relativos a los valores angulares.

También el mismo número **B** se usa para informar al módulo REMOTO sobre la posición actual de la antena a través de la tarjeta UART/Reloj/MODEM, como puede apreciarse del diagrama.

La diferencia **C** de la ecuación 2.1 se utiliza, a su vez, como direccionamiento a un nuevo dispositivo EPROM 2716 (U25) (Ver Tabla IV), el cual provee los datos para activar las funciones de comando del sistema. Es el dispositivo que le "dice" al sistema qué es lo que tiene que hacer. Se mencionan a continuación, en la Tabla I, las funciones de comando que cumple el sistema:

# T A B L A I

## FUNCIONES DE COMANDO DE LA TARJETA DE CONTROL PRINCIPAL

FUNCION	DESCRIPCION	TERMINAL (conector)
CONTROL DE VE- LOCIDAD.	Controla la velocidad a la que debe moverse el motor.	31
ARRANCAR/APAGAR MOTOR	Arranca o apaga el motor según su estado.	32
MOVER HACIA LA IZQUIERDA	Una vez arrancado el motor, debe mover la antena hacia la izquierda.	33
MOVER HACIA LA DERECHA	Una vez arrancado el motor, debe mover la antena hacia la derecha.	35
DESCARGAR LA VALVULA	Activa la descarga de la válvula previo a poner el motor en movimiento.	34

T A B L A I I

DIRECCIONAMIENTO Y DATOS DEL EPROM 2716 -U11-

ANGULO	LOGICA INVERSA			NUMERO DESEADO		DIRECCION	DATO	
						HEX	HEX	
000	1111	1111	1111	1	1111	1111	FF	91
002	1111	1111	1101	1	1111	1110	FE	93
004	1111	1111	1011	1	1111	1101	FD	95
006	1111	1111	1001	1	1111	1100	FC	97
008	1111	1111	0111	1	1111	1011	FB	99
010	1111	1110	1111	1	1111	0111	F7	9B
012	1111	1110	1101	1	1111	0110	F6	9D
014	1111	1110	1011	1	1111	0101	F5	9F
016	1111	1110	1001	1	1111	0100	F4	51
018	1111	1110	0111	1	1111	0011	F3	53
020	1111	1101	1111	1	1110	1111	EF	55
022	1111	1101	1101	1	1110	1110	EE	57
024	1111	1101	1011	1	1110	1101	ED	59
026	1111	1101	1001	1	1110	1100	EC	5B
028	1111	1101	0111	1	1110	1011	EB	5D
030	1111	1100	1111	1	1110	0111	E7	5F
032	1111	1100	1101	1	1110	0110	E6	61
034	1111	1100	1011	1	1110	0101	E5	63
036	1111	1100	1001	1	1110	0100	E4	65
038	1111	1100	0111	1	1110	0011	E3	67
040	1111	1011	1111	1	1101	1111	DF	69
042	1111	1011	1101	1	1101	1110	DE	6B
044	1111	1011	1011	1	1101	1101	DD	6D
046	1111	1011	1001	1	1101	1100	DC	6F
048	1111	1011	0111	1	1101	1011	DB	71
050	1111	1010	1111	1	1101	0111	D7	73
052	1111	1010	1101	1	1101	0110	D6	75
054	1111	1010	1011	1	1101	0101	D5	77
056	1111	1010	1001	1	1101	0100	D4	79
058	1111	1010	0111	1	1101	0011	D3	7B
060	1111	1001	1111	1	1100	1111	CF	7D
310	1100	1110	1111	0	0111	0111	77	0F
312	1100	1110	1101	0	0111	0110	76	11
314	1100	1110	1011	0	0111	0101	75	13
316	1100	1110	1001	0	0111	0100	74	15
318	1100	1110	0111	0	0111	0011	73	17

T A B L A II (Continuación)

ANGULO	LOGICA INVERSA	NUMERO DESEADO	DIRECCION HEX	DATO HEX
320	1100 1101 1111	0 0110 1111	6F	19
322	1100 1101 1101	0 0110 1110	6E	1B
324	1100 1101 1011	0 0110 1101	6D	1D
326	1100 1101 1001	0 0110 1100	6C	1F
328	1100 1101 0111	0 0110 1011	6B	21
330	1100 1100 1111	0 0110 0111	67	23
332	1100 1100 1101	0 0110 0110	66	25
334	1100 1100 1011	0 0110 0101	65	27
336	1100 1100 1001	0 0110 0100	64	29
338	1100 1100 0111	0 0110 0011	63	2B
340	1100 1011 1111	0 0101 1111	5F	2D
342	1100 1011 1101	0 0101 1110	5E	2F
344	1100 1011 1011	0 0101 1101	5D	31
346	1100 1011 1001	0 0101 1100	5C	33
348	1100 1011 0111	0 0101 1011	5B	35
350	1100 1010 1111	0 0101 0111	57	37
352	1100 1010 1101	0 0101 0110	56	39
354	1100 1010 1011	0 0101 0101	55	3B
356	1100 1010 1001	0 0101 0100	54	3D
358	1100 1010 0111	0 0101 0011	53	3F
360	1100 1001 1111	0 0100 1111	4F	41

TODAS LAS DEMAS DIRECCIONES CONTIENEN "00" COMO DATO.



T A B L A I I I

EPROM    CONVERTIDOR DE BINARIO-A-BCD    -U3-    DE TARJETA DE CONTROL PRINCIPAL

ANGULO	DIRECCION (hex)	CODIGO BINARIO	CODIGO GRAY	DATO (hex)
310	0E	000 1110 00	0001 0010 0	88
312	10	001 0000 00	0011 0000 0	89
314	12	001 0010 00	0011 0110 0	8A
316	14	001 0100 00	0011 1100 0	8B
318	16	001 0110 00	0011 1010 0	8C
320	18	001 1000 00	0010 1000 0	90
322	1A	001 1010 00	0010 1110 0	91
324	1C	001 1100 00	0010 0100 0	92
326	1E	001 1110 00	0010 0010 0	93
328	20	010 0000 00	0110 0000 0	94
330	22	010 0010 00	0110 0110 0	98
332	24	010 0100 00	0110 1100 0	99
334	26	010 0110 00	0110 1010 0	9A
336	28	010 1000 00	0111 1000 0	9B
338	2A	010 1010 00	0111 1110 0	9C
340	2C	010 1100 00	0111 0100 0	A0
342	2E	010 1110 00	0111 0010 0	A1
344	30	011 0000 00	0101 0000 0	A2
346	32	011 0010 00	0101 0110 0	A3
348	34	011 0100 00	0101 1100 0	A4
350	36	011 0110 00	0101 1010 0	A8
352	38	011 1000 00	0100 1000 0	A9
354	3A	011 1010 00	0100 1110 0	AA
356	3C	011 1100 00	0100 0100 0	AB
358	3E	011 1110 00	0100 0010 0	AC
000	40	100 0000 00	1100 0000 0	00
002	42	100 0010 00	1100 0110 0	01
004	44	100 0100 00	1100 1100 0	02
006	46	100 0110 00	1100 1010 0	03
008	48	100 1000 00	1101 1000 0	04

T A B L A III (Continuación)

ANGULO	DIRECCION	CODIGO BINARIO	CODIGO GRAY	DATO
010	4A	100 1010 00	1101 1110 0	08
012	4C	100 1100 00	1101 0100 0	09
014	4E	100 1110 00	1101 0010 0	0A
016	50	101 0000 00	1111 0000 0	0B
018	52	101 0010 00	1111 0110 0	0C
020	54	101 0100 00	1111 1100 0	10
022	56	101 0110 00	1111 1010 0	11
024	58	101 1000 00	1110 1000 0	12
026	5A	101 1010 00	1110 1110 0	13
028	5C	101 1100 00	1110 0100 0	14
030	5E	101 1110 00	1110 0010 0	18
032	60	110 0000 00	1010 0000 0	19
034	62	110 0010 00	1010 0110 0	1A
036	64	110 0100 00	1010 1100 0	1B
038	66	110 0110 00	1010 1010 0	1C
040	68	110 1000 00	1011 1000 0	20
042	6A	110 1010 00	1011 1110 0	21
044	6C	110 1100 00	1011 0100 0	22
046	6E	110 1110 00	1011 0010 0	23
048	70	111 0000 00	1001 0000 0	24
050	72	111 0010 00	1001 0110 0	28
052	74	111 0100 00	1001 1100 0	29
054	76	111 0110 00	1001 1010 0	2A
056	78	111 1000 00	1000 1000 0	2B
058	7A	111 1010 00	1000 1110 0	2C
060	7C	111 1100 00	1000 0100 0	30

TODAS LAS DEMAS DIRECCIONES CONTIENEN "7F" COMO DATO

T A B L A I V

EPROM CONTROLADOR DE COMANDOS -U25- DE TARJETA DE CONTROL PRINCIPAL

DIRECCION (hex)		DATA(hex)		DIRECCION(hex)
000	>	40	<	
001	>	0B	<	3FF
002	>	10	<	3FE
003	>	14	<	3FD
004	>	17	<	3FC
005	>	19	<	3FB
006	>	1C	<	3FA
007	>	1E	<	3F9
008	>	20	<	3F8
009	>	22	<	3F7
00A	>	24	<	3F6
00B	>	25	<	3F5
00C	>	27	<	3F4
00D	>	29	<	3F3
00E	>	2A	<	3F2
00F	>	2C	<	3F1
010	>	2D	<	3F0
011	>	2F	<	3EF
012	>	30	<	3EE
013	>	31	<	3ED
014	>	33	<	3EC
015	>	34	<	3EB
016	>	35	<	3EA
017	>	36	<	3E9
018	>	37	<	3E8
019	>	39	<	3E7
01A	>	3A	<	3E6
01B	>	3B	<	3E5
01C	>	3C	<	3E4
01D	>	3D	<	3E3
01E	>	3E	<	3E2
01F	>	3F	<	3E1
.	>	.	<	.
.	>	.	<	.
.	>	.	<	.
1B8	>	3F	<	248

TODAS LAS DEMAS DIRECCIONES CONTIENEN "FF" COMO DATO

Si el bit utilizado más significativo a la salida del EPROM U25 es "0" (bajo), activará la función ARRANCAR/PAUSAR MOTOR y el motor arrancará. En esa situación, y luego de un retardo de alrededor de 3 segundos, la válvula procederá a descargarse, con lo cual la antena quedará en situación de moverse. Este tiempo de retardo es logrado mediante la red RC para R110 (1 M  $\Omega$ ) y C22 (5  $\mu$ F).

Si lo afirmado en el párrafo anterior se cumple, y si la diferencia a la salida de los ALUs se encuentra comprendida entre 1B8(hex) y 001, la antena rotará hacia el lado derecho. Si la diferencia está comprendida entre 248(hex) y 3FF(hex) la antena se dispondrá a moverse hacia su lado izquierdo. Esto puede verificarse en el estado de la salida del bit portador de U26 (C n+4). Si esta salida es baja (L), la antena va hacia su lado derecho. Si es alta (H), la antena se desplazará hacia el lado izquierdo. Es de notarse que las condiciones referidas en este párrafo provienen de posiciones angulares válidas.

Los ejemplos dados a continuación ilustran la forma en que el control cumple con lo afirmado:

**Ejemplo 1.-** Si se supone que la antena tiene como posición actual 0 grados sexagesimales y se la quiere llevar hacia la posición de 30 grados sexagesimales, entonces

Posición deseada: 30 grados

Dirección de U11 : 1 1110 0111 E7(hex) TABLA II

Dato correspondiente: 0101 1111 5F(hex) TABLA II

Dato presente a la  
entrada de los ALUs

U26-U27: A = 1011 1100

Salida de Encodifica  
dor de Posición

(Codigo Gray) : 1100 0000 0 TABLA III

Salida de Converti  
dor Gray a binario

U1 - U2 : 1000 0000 0 TABLA III

Dato de posición ac  
tual a la entrada de

ALUs : B = 1000 0000 0 grados

Resultado de la ope  
ración en ALUs

: C = 0 0 0 1 1 1 0 1 1  
Cn+4

Dirección a EPROM

U25 : 000 0111 0110 076(hex)

Dato de salida co  
rrespondiente

: 0 0 1 1 1 1 1 1 TABLA IV  
D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0 3F(hex)

Al ser D6 L el motor arranca

Al ser C n+4 L la antena es movida hacia la derecha

**Ejemplo 2.-** Si se supone que la antena tiene como posición actual 0 grados sexagesimales y se la quiere llevar a la posición de 330 grados sexagesimales, entonces.

Posición deseada: 330 grados

Dirección de U11	:	0	0110	1100	6C(hex)	TABLA II					
Dato correspondientes	:		0010	0011	23(hex)	TABLA II					
Dato presente a la entrada de los ALUs U26-U27	:		<b>A =</b> 0100 0100								
Salida de Encodificador de Posición (Codigo Gray)	:		1100	0000	0	TABLA III					
Salida de Convertidor Gray a binario U1 - U2	:		1000	0000	0	TABLA III					
Dato de posición actual a la entrada de ALUs	:		<b>B =</b> 1000 0000			0 grados					
Resultado de la operación en ALUs	:		<b>C =</b> 1 1 1 0 0 0 0 1 1								
			<b>Cn+4</b>								
Dirección a EPROM U25	:	011	1000	0110		385(hex)					
Dato de salida correspondiente	:	0	0	1	1	1	1	1	1	TABLA IV	
			D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	3F(hex)

Al ser **D6** L el motor arranca

Al ser **C n+4 H** la antena es movida hacia la izquierda.

Una vez analizadas las funciones de arranque de motor y de movimiento de la antena hacia uno u otro lado, falta por considerar la función de control de velocidad de la antena y cómo ésta logra la posición deseada.

Si la salida del dispositivo EPROM U25 es "3F(hex)", lo cual sería el valor máximo de dato en condiciones normales, implicará que la antena se desplace con su máxima velocidad. Mecánicamente resultaría perjudicial para la estructura de la antena iniciar la marcha desde el reposo con velocidad máxima. Entonces la velocidad deberá variar gradualmente.

Para este efecto se activa un circuito oscilador (U21A- puerta NAND "Disparador de Schmitt"- y la red RC -R100, C29-), cuya frecuencia de oscilación es de 500-Hz. Este circuito habilita un dispositivo contador binario CD4040 U22-. Se utilizan las seis salidas menos significativas de este contador para formar la palabra binaria **E**. Los datos de salida de U25, otra palabra binaria de los seis dígitos menos significativos, forman **D**. Dos dispositivos comparadores U19 y U24 -CD4585- comparan **D** y **E**; mientras que dos dispositivos multiplexores, U19 y U25, -CD4053- aceptan el paso de **D** ó **E** según el caso. Se con

sideran las siguientes alternativas:

$$D > E$$

$$D = E$$

$$D < E$$

2.2

Cuando el motor recibe la orden de arrancar, la misma condición habilita el contador U22. Su salida E en ese momento es "00", empezando la cuenta a la frecuencia, ya señalada, de 500 Hz. En condiciones normales se cumple que

$$D > E$$

Para salida "3F(hex)", por ejemplo, D será igual a

$$D = 111111$$

Los multiplexores U18 y U23 permiten el paso de los datos de E. Estos ingresan desde aquí a un dispositivo convertidor digital-analógico U17 -1408LB- que provee una salida analógica de corriente directamente proporcional a la palabra digital que ingresa. Esta señal de corriente será ingresada a los dispositivos de control de velocidad del motor hidráulico. Para condiciones extremas, como la señalada "3F(hex)", la corriente producida es de 9 mA, y la velocidad de desplazamiento de la



antena será la máxima: 3 pies/seg.

Cuando E iguale a D, la salida de comparación de U19 habilita a los multiplexores para dar paso a D. Por otro lado es de notar que B se va actualizando de acuerdo a las posiciones que adopte la antena en su recorrido. La diferencia C se va reduciendo, y cuando alcance a ser igual a B grados, las salidas sucesivas del EPROM U25 harán que la velocidad empiece a reducirse. La Tabla IV ilustra esta afirmación. Es decir, que los datos de salida se reducen a medida que la antena va alcanzando la posición deseada.

Cuando la diferencia entre A y B es cero, el direccionamiento al EPROM U25 será "000", y la salida correspondiente "40(hex)", D6 es ahora "H", lo cual ordena al motor detenerse, con lo cual la antena ha alcanzado la posición deseada. Asimismo, D y E serán "00", con lo que todas las demás funciones se inhabilitan.

Se encontró que la precisión del control en llevar a la antena a su posición final era de 0.25 grados sexagesimales.

### 3.0 TARJETA DE UARI / RELOJ / MODEM

Esta tarjeta cumple la función de enlazar la Tarjeta de Control Principal con el Modem de Canal asignado a cada módulo. Se encuentra tanto en el módulo local como en el módulo remoto; y ambos desarrollan las tareas que se describen en esta sección. En el módulo remoto enlaza la Tarjeta de Comando de Posición con el Modem de Canal.

Las tareas básicas que cumple esta tarjeta son:

1. Recibir el dato binario de posición actual de la antena desde la Tarjeta de Control Principal, y enviarlo a la tarjeta de Modem de Canal.
2. Recibir el dato binario de posición deseada de la antena desde el Modem de Canal (Venido desde el módulo remoto), y enviarlo a la Tarjeta de Control Principal para que ejecute la orden.
3. Sintetizar las frecuencias portadoras de las señales transmitida y recibida para codificar/decodificar la información según el caso.
4. Generar pulsos de reloj para el sincronismo y control del proceso de comunicación de datos.

La contraparte de esta tarjeta en el módulo remoto cumple tareas análogas con respecto a la Tarjeta de Comando de Posición.

Se procede a describir en detalle la forma cómo se cumplen las tareas señaladas. El gráfico de la figura # 3.1 contiene el diagrama de circuito para esta tarjeta.

### 3.1 TRANSMISION DE TONOS

Esta tarjeta recibe la información acerca de la posición actual de la antena en forma de dato binario paralelo. Este dato llega al dispositivo IC1 "Transmisor/Receptor Asíncrono Universal" -UART CDP6402- el cual, de acuerdo al diseño, convierte el dato binario paralelo a forma serial, y adiciona los respectivos bits de paridad, de inicio y final. La palabra de datos tiene 8 bits, y la paridad que se escoge para este diseño es par. Se adiciona un bit de inicio y dos de final de palabra. Los bits seriales son generados a la frecuencia de 125 Hz, (2000 Hz dividido para 16).

Para lograr las funciones anotadas, se deben realizar las siguientes conexiones de control en el dispositivo integrado:



**TRC** (Reloj de Registro de Transmisión): pin 40. Conectado a salida de frecuencia de 2000 Hz (ver sección 3.4)

**CRL** (Carga de Registro de Control): pin 34. Conectado a +Vcc (+5 V). Con lo cual el registro de control es cargado.

**PI** (Inhibir paridad): pin 35. Conectado a tierra a fin de inhabilitar esta función (se escogerá paridad par).

**EPE** (Habilitar Paridad Par): pin 39. Conectado a +Vcc, con lo cual se selecciona paridad par.

**SBS** (Selección de Bits de Parada): pin 36. Conectado a +5 V, con lo cual se seleccionan 2 bits de parada.

**CLS1** y **CLS2** (Selección de Longitud de Caracteres): pines 37 y 38. Ambos se conectan a + 5 V. Con ello se selecciona la longitud de la palabra serial a 8 bits.

Para información en detalle de las funciones descritas deberá consultarse la sección "Apéndice B" con respecto al dispositivo integrado CDP6402.

La palabra de datos serie es enviada al dispositivo IC2, "Modem de Audio" -MC6860-. Este dispositivo tiene la propiedad de, en este caso, modular el dato serie me-

dian te la técnica de Modulación de Desplazamiento de Frecuencia a una rata de 125 bits por segundo -bps-. Con ello produce tonos modulados en el rango de las frecuencias audibles que serán enviados a la tarjeta de Canal de Modem para su posterior procesamiento.

Previo a enviar los tonos modulados a la tarjeta de Modem de Canal, la señal es amplificada por medio de un dispositivo amplificador operacional IC12 -TL072-.

### 3.2 RECEPCION DE TONOS

La señal de tonos modulados en frecuencias audibles se reciben en esta tarjeta provenientes, esta vez, de la tarjeta de Modem de Canal. Esta señal contiene la información de la posición deseada de la antena proveniente del módulo remoto. Luego de ser amplificada en un nivel conveniente (de aproximadamente 1 Vp-p) por el dispositivo amplificador operacional IC11 -LM 393-, llega a IC2, "Modem de Audio" el cual, en este caso, se encarga de demodular los tonos modulados en FSK y dejar disponible el dato en forma serial. En esta forma el dato llega al terminal de recepción de IC1 -UART CDP6402-, el cual, siguiendo el proceso inverso al de la sección anterior, translada el formato de datos de serial a paralelo. En este formato se envía la información a la Tarjeta

de Control Principal para su posterior proceso.

Para esta sección tienen validez las funciones de control proporcionadas para la operación de transmisión. Se adiciona las correspondientes funciones de recepción que son:

**RRC** (Reloj de Registro de Recepción): pin 17. Es común a TRC. Es decir 2000 Hz (16 veces la rata de bits seriales).

**RRD** (Inhabilitar Registro de Recepción): pin 4. Conectado a tierra a fin de lograr baja impedancia a las salidas del registro.

En la sección "Apéndice B" se incluye la información técnica acerca de los dispositivos IC1 e IC2.

### 3.3 SINTESIS DE FRECUENCIAS PORTADORAS

Debe señalarse que la frecuencia portadora para envío de datos desde el módulo local hasta el remoto es de 104 KHz; mientras que la frecuencia portadora para la comunicación desde el módulo remoto al local es de 100 KHz. Ambos módulos deben disponer de dos señales a esas frecuencias tanto para el proceso de modulación como para

el de demodulación. Estas señales son logradas mediante síntesis de frecuencias por los dispositivos IC3 -MC 145151-, Lazo de Seguimiento de Fase -PLL-, e IC5A, -6H 54LS629-, Oscilador dual Controlado por Voltaje -VCO-, para obtener la frecuencia de 100 KHz; y por el dispositivo IC4, idéntico a IC3, e IC5B, el segundo VCO del dual, para la frecuencia de 104 KHz.

La frecuencia de 104 KHz es enviada a la entrada de frecuencia portadora en la tarjeta de modem de canal para su posterior proceso.

#### 3.4 GENERACION DE PULSOS DE RELOJ

Asimismo, una de las salidas de IC3 (terminal 15), provee una señal de frecuencia sintetizada de 4096 KHz, la cual sirve de entrada a un dispositivo contador IC8 -CD4040-, del cual se obtiene una señal de frecuencia de 1024 KHz. Esta señal es empleada como reloj para sincronizar los procesos del dispositivo IC2 -MC3860-. De otra de las salidas de IC3 (terminal 10) se logra una señal de frecuencia de 2 KHz, que se emplea como reloj de sincronismo para los Registros de Transmisión y Recepción del dispositivo IC1 -UART CDP6402-.



#### 4.0 TARJETA DE MODEM DE CANAL

Esta tarjeta contiene en sí un modulador-demodulador de canal. Es utilizada en ambos módulos, tanto LOCAL como REMOTO. Se trata de unidades empleadas generalmente en sistemas telefónicos, ya que puede procesar tonos de audio comprendidos dentro del ancho de banda de un canal telefónico (-300 a 3400 Hz-). Con ligeras modificaciones ha sido adaptado para los propósitos de este proyecto.

Los datos son enviados entre los módulos en dos canales diferentes. Así, para comunicación desde el módulo LOCAL al REMOTO, se utiliza el canal cuya frecuencia portadora es de 104 KHz. La especificación con que el fabricante conoce a esta unidad es: 30P2-2MX. Para la comunicación desde el módulo REMOTO al LOCAL se utiliza la frecuencia portadora de 100 KHz. La especificación correspondiente para esta tarjeta es: 30P2-3MX.

Para efectos del presente informe se procede a considerar la primera de las tarjetas mencionadas en el párrafo anterior. El gráfico de la figura 4.1 muestra el correspondiente diagrama esquemático.

#### 4.1 PROCESO DE MODULACION

La sección moduladora traslada los tonos modulados de audio provenientes de la tarjeta UART/Reloj/MODEM (terminales C,D) que contienen la información de posición actual de la antena, al grupo de base de 104 KHz. Esta frecuencia es lograda, como ya fue explicado, en la tarjeta antes mencionada y aplicada a la tarjeta de Modem de Canal (terminales H,J).

En el proceso de modulación se suprime la portadora y la banda lateral superior para sólo enviar la información de audio modulada en la banda lateral inferior. Como puede verse del diagrama esquemático, se tiene en esta etapa un filtro pasabajos (C1, C2), una red atenuadora de entrada (AT1), un modulador balanceado (transformador T1 y transistores Q1 y Q2), y un filtro pasabanda (FL2). Tanto los puntos de operación, como los ajustes y el proceso de calibración que deben hacerse se encuentran contenidos en las especificaciones técnicas. La operación de supresión de portadora y de la banda lateral superior se cumple justamente en FL2.

La banda lateral inferior con la información de audio es enviada a la Tarjeta de Amplificación-Atenuación como paso previo a ser enviada al módulo REMOTO (terminales A,B).

## 4.2 PROCESO DE DEMODULACION

La sección de demodulación recibe las señales en banda lateral inferior enviadas por el módulo remoto via la Tarjeta de Amplificación-Atenuación (terminales R,S) en la frecuencia portadora de 100 KHz. Se lleva a cabo la operación de demodulación para trasladar las señales a frecuencias de audio.

Las señales son transportadas sucesivamente a través de una red de aislamiento (R31, R32, C32, C33 y C39). Esta red aísla el filtro pasabanda (FL1) de los circuitos externos, y también es un circuito resonante serie en la entrada de FL1. El capacitor variable (C39) permite variar la resonancia del circuito sintonizado. Al igual que para la sección moduladora, también se tiene aquí que realizar operaciones de calibración y ajustes, los que se indican en las especificaciones técnicas.

Los transistores Q3 y Q4, así como las resistencias R37 y R38 y el transformador 3, conforman el demodulador balanceado. El control R27 permite el ajuste del nivel de salida del demodulador. Los transistores Q5 y Q6 y los capacitores C19 y C20 forman un amplificador clase B que, mediante el ajuste de R26 permite máxima supresión de portadora.

Los inductores L3 y L4 y los capacitores C36 y C37 forman un filtro pasa-bajos; y la red atenuadora AT2 permite una salida adecuada para llevar los tonos modulados de audio hacia la tarjeta de UART/Reloj/MODEM conteniendo la información de posición deseada de antena (terminales N y P).

#### 4.3 MODIFICACIONES PRACTICADAS EN LA TARJETA

A fin de adaptar la tarjeta a los requerimientos del control, se ensayaron los siguientes cambios: La tarjeta inicialmente requería de un nivel de voltaje de polarización de -20 V. En vista de que los niveles de las fuentes de poder para este proyecto no disponen de este nivel, se procedió a cambiar la configuración de todos los transistores. Así, los transistores de esta tarjeta (Q1-Q6) son originalmente de tipo PNP (2N1302). Fueron luego cambiados por otros de tipo NPN (2N2219A) manteniendo sus conexiones asociadas. Con este cambio se permite implementar la polarización del circuito con un nivel de voltaje de +20 V, del cual sí se dispone.

El cambio anterior implicó también que el diodo Zener CR2 deba ser revertido en su conexión (+6.5 V), para una correcta operación del amplificador clase B en el circuito demodulador balanceado.

## 5.0 CONSTRUCCION DEL CONTROL DE POSICION

Esta sección debería estar dedicada a la consideración del circuito de la Tarjeta de Amplificación-Atenuación de señal. Este circuito tiene como propósito proveer una determinada ganancia de señal a ser enviada al otro módulo, con el fin de compensar las pérdidas que se tengan en la línea de enlace; y, a su vez, en el circuito de la contraparte producir una determinada atenuación de nivel en caso de ser éste un tanto excesivo. Toda vez que el propósito de este informe es el de considerar los aspectos referentes al módulo local, y debido a que el mencionado circuito forma parte de un posterior estudio, no se lo incluirá aquí.

La construcción del control de posición de la antena gobernable incluye varios aspectos a ser discutidos en esta sección. Los requerimientos de la fuente de poder, las interconexiones entre tarjetas, la tecnología de construcción de los diversos circuitos impresos y el acondicionamiento de un control manual de posición asociado al módulo local se consideran seguidamente.

## 5.1 LA FUENTE DE PODER

La tarjeta conteniendo los circuitos de la fuente de poder es idéntica para ambos módulos; lo cual es ventajoso ya que permitirá, por un lado construir tarjetas patrón, y por otro, permitir intercambiabilidad para casos de fallas.

Los niveles de voltajes de polarización para las diversas tarjetas alimentadas por la fuente son: +20 V, +5 V, y -12 V. Estos niveles son regulados. Además se tienen 2 niveles de +12 V (A y B) que, además de regulados, contienen dispositivos de conmutación (transistores Q1-Q8). La figura 5.1 muestra el diagrama esquemático de la fuente de poder.

Para efectos de simplicidad en el diseño en algunas tarjetas (Control Principal y UART/Reloj/Modem) se proveyó del nivel de +5 V a través del dispositivo regulador de voltaje LM7805 contenido en la tarjeta, con lo que solo hubo de alimentarla con el nivel de +12 V.

Se determinó que el consumo total de potencia para el módulo local fue de 15 W; por lo que la corriente en el lado primario del transformador fue de aproximadamente 125 mA. La alimentación se la toma del nivel de 120 Va.c. disponible de línea. Debido al requerimiento de

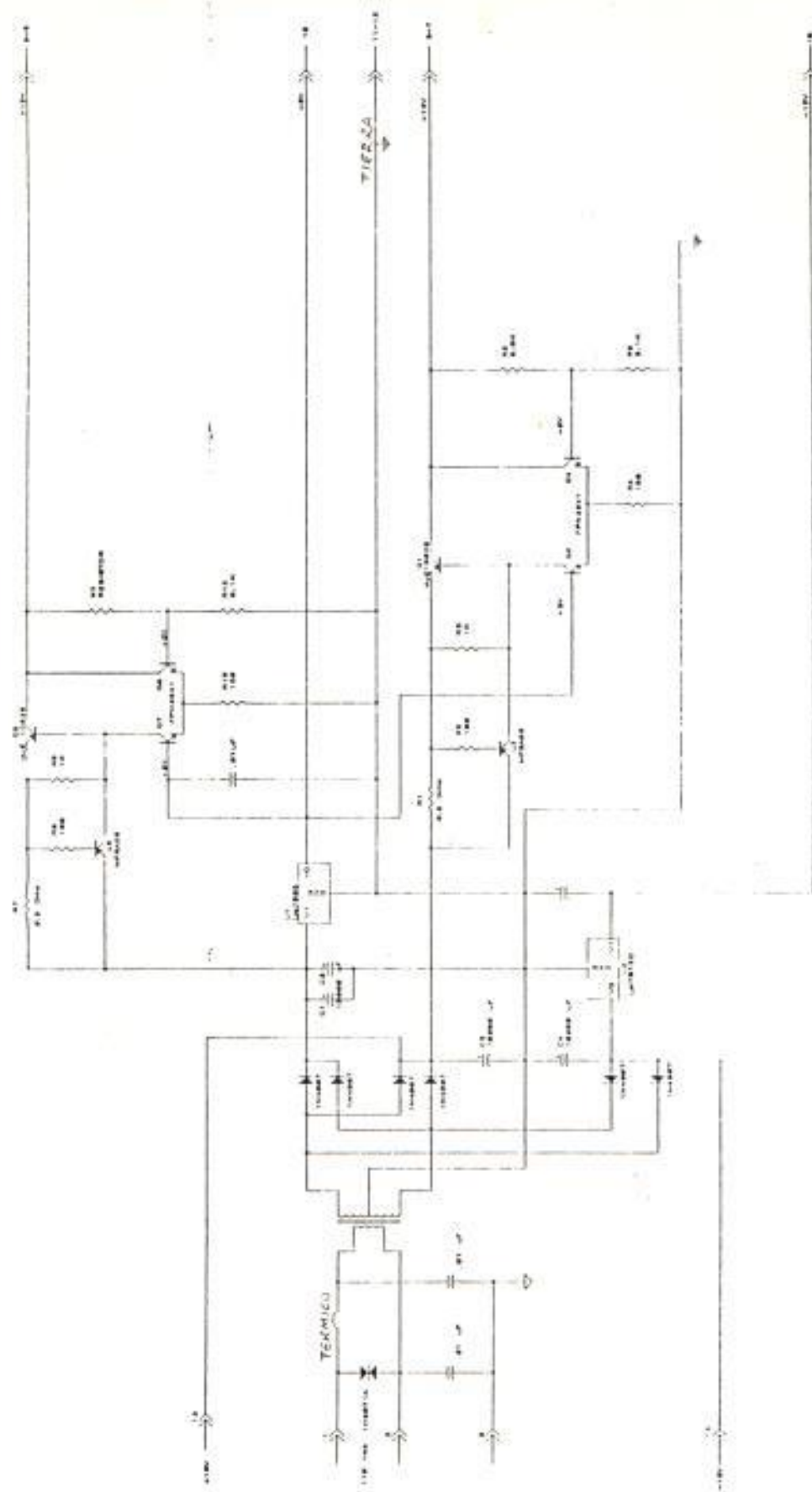


FIGURA 5.1 DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA FUENTE DE PODER

fuentes de poder dual, el transformador empleado aquí posee terminal central, el cual va conectado a tierra.

El valor de corriente mencionado en el párrafo anterior es relativamente bajo si se tiene en cuenta los varios circuitos que deben ser alimentados. Un factor que influye aquí es el escogitamiento de la tecnología de dispositivos integrados que se empleó. Una de las ventajas de la tecnología CMOS es precisamente requerir un bajo consumo de potencia con relación a otras tecnologías, como TTL por ejemplo; lo cual la hace preferible para aplicaciones como estas.

## 5.2 INTERCONEXIONES ENTRE TARJETAS

Del gráfico de la figura 1.3 puede apreciarse que las diversas tarjetas van ubicadas convenientemente en cada uno de los módulos. Cada módulo es en efecto una jaula metálica de tarjetas de dimensiones como las indicadas en la figura.

A fin de permitir facilidad de mantenimiento, reparación e intercambiabilidad de tarjetas, éstas se conectan al sistema mediante conectores de anfenol de tal modo que las interconexiones entre tarjetas se hacen a nivel de los conectores. De este modo, las tarjetas de Control



Principal y de UART/Reloj/Modem poseen cada una de ellas un conector de 72 terminales; en realidad son 36 los terminales que requieren las tarjetas mencionadas, es decir un lado completo de la tarjeta. Por su parte, las tarjetas de Modem de Canal y la fuente de poder emplean conector de idéntico material que las anteriores pero de 15 terminales.

Los gráficos de las figuras 5.2 y 5.3 presentan tanto la distribución de los conectores en el módulo, como las interconexiones efectuadas entre ellos. Las interconexiones se efectuaron típicamente con alambre protegido de tipo 20 AWG aplicado con soldadura a los respectivos terminales de los conectores. El primero de los gráficos corresponde al módulo local y el segundo muestra la situación para el módulo remoto.

Cuando la tabla 2.1 hace referencia a números terminales de conector, se trata de la información mostrada en los gráficos indicados. Así mismo, en la sección 4.0 las referencias a los terminales del conector no son numéricas sino alfabéticas; por esta razón, en la posición correspondiente a la tarjeta de Modem de Canal se ha ubicado la correspondiente especificación literal para los terminales del conector.

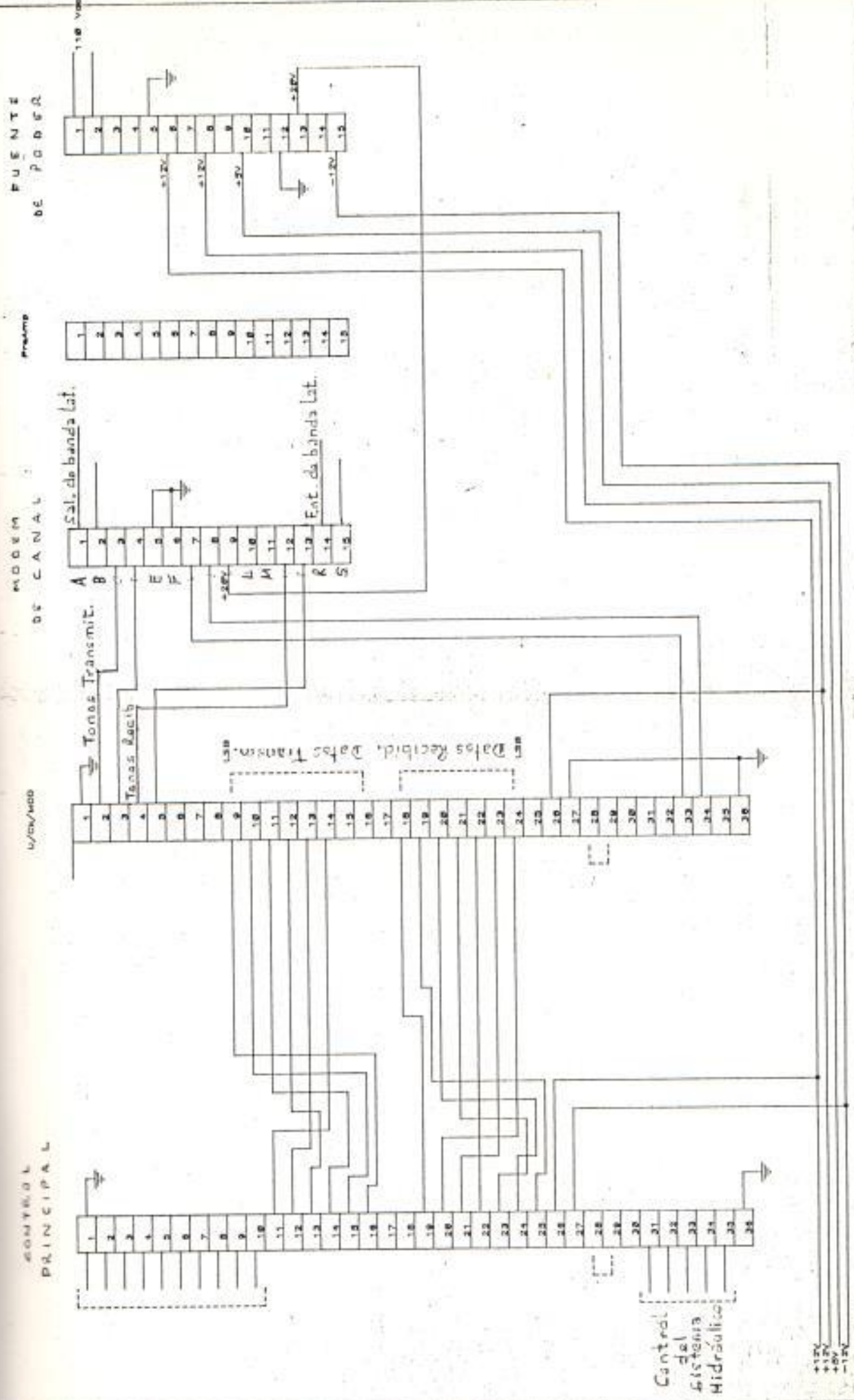


FIGURA 5.2 DISTRIBUCION DE CONECTORES E INTERCONEXIONES EN EL MODULO LOCAL

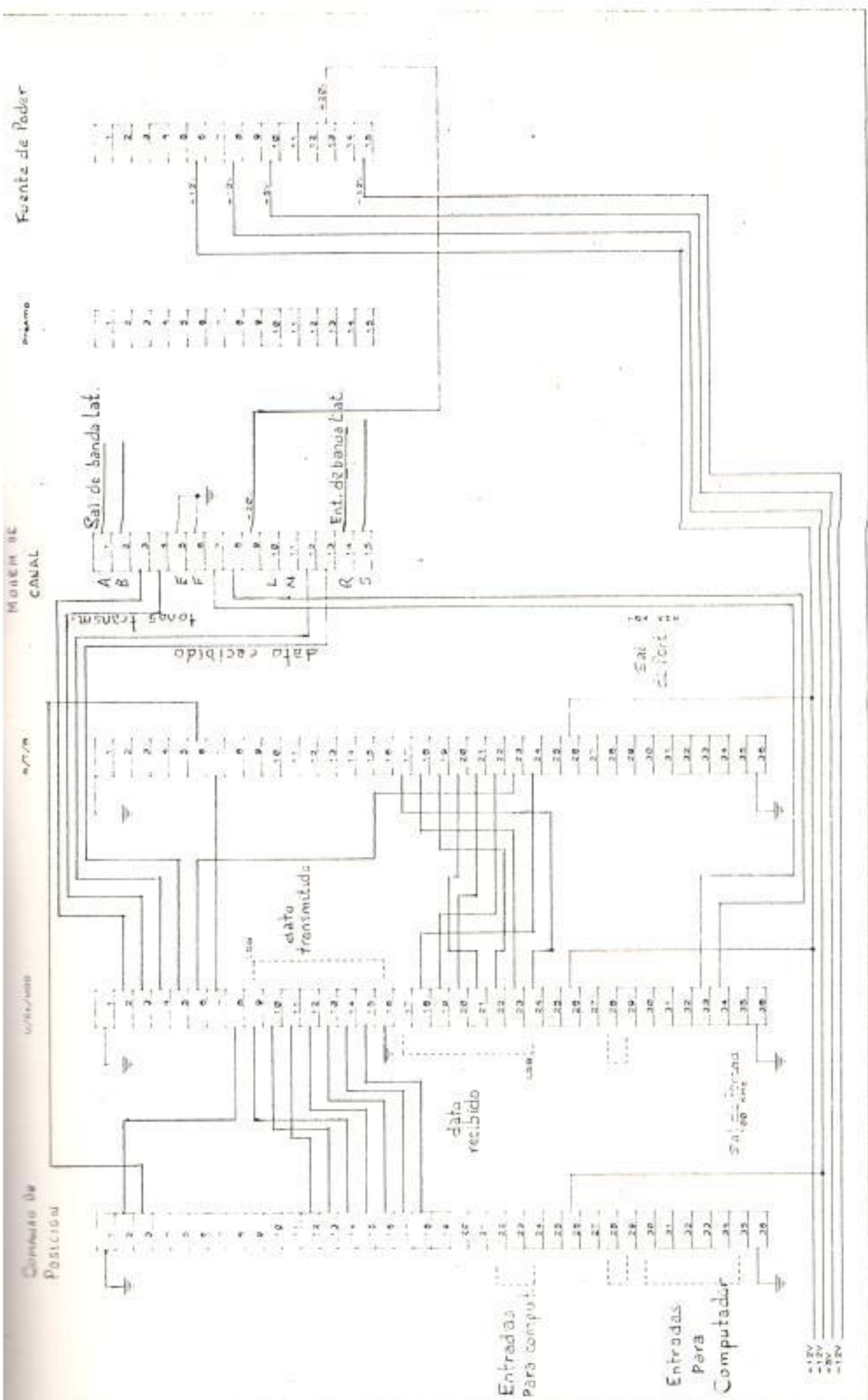


FIGURA 5.3 DISTRIBUCION DE CONECTORES E INTERCONEXIONES EN EL MODULO REMOTO

### 5.3 ASPECTOS EN LA CONSTRUCCION DE TARJETAS

A excepción de la tarjeta de Modem de Canal, que es fabricada por la compañía norteamericana "Collins Radio", las restantes tarjetas debieron ser construidas; empleándose para el efecto, la técnica de circuito impreso de lado único.

Cada tarjeta debió construirse de forma tal, que pudiera ser insertada en su respectivo módulo, y conectada a través del conector asociado; para lo cual las dimensiones tenían que guardar compatibilidad con el módulo. Con referencia al gráfico de la figura 1.3, que muestra las dimensiones frontales (largo y ancho) de cada módulo, las dimensiones de cada una de las tarjetas fueron:

15.90 cm de ancho x 26.00 cm de largo (profundidad del módulo).

Respecto al material de la tarjeta, ésta fue del tipo de propósito generales, de lado único de cobre y de 0.20 cm de espesor.

En las tarjetas de Control Principal y de UART/Reloj/MODEM, hubo de realizarse una combinación de técnicas de conexión de componentes, debido a las características propias de estas tarjetas. En las unidades 2.0 y 3.0 se

notó que las tarjetas contienen una alta densidad de dispositivos integrados. Por esta razón se combinó la técnica de interconexión via ruta impresa con la de enroscamiento de alambre. La primera de las técnicas mencionadas se empleó para interconectar componentes discretos entre sí, y componentes discretos a dispositivos integrados; mientras que la segunda se empleó para la interconexión de dispositivos integrados.

Cada dispositivo integrado fue conectado a través de un zócalo, el cual fue directamente soldado a la tarjeta. De ese modo se permite fácil reposición para efectos de mantenimiento y reparación.

La tarjeta de Control Principal (figura 2.1) dispone además de un panel frontal de material metálico (lámina de aluminio de 0.3 cm de espesor), el cual se adhiere perpendicularmente a la tarjeta a fin de quedar ubicada en la vista frontal del módulo local. El ancho de este panel es de aproximadamente 15.9 cm. En este panel van colocados los tres conmutadores digitales de selección de posición (THS1 - THS3) y un dispositivo de cuatro indicadores numéricos en base a diodos emisores de luz que muestran la posición angular actual de la antena. También se coloca aquí el conmutador de modo de función LOCAL/REMOTO, el pulsador de cambio de posición (CAMBIO), y un diodo emisor de luz que actúa como indicador

cuando un valor angular inválido ha sido seleccionado (D3). Del gráfico de la figura 1.3 se aprecia que esta tarjeta está ubicada en el extremo izquierdo de la vista frontal del módulo.

Por su parte la tarjeta de la fuente de poder dispone de otro panel metálico, de idénticas características que el de la tarjeta del párrafo anterior, es decir de 15.9 cm. de ancho. En este panel van convenientemente distribuidos el conmutador de encendido y el zócalo conteniendo el fusible de protección.

#### 5.4 IMPLEMENTACION DE RELEVADORES Y CONTROL MANUAL

El control concluye con la implementación del circuito de control en base a relevadores que serán activados por las salidas de función de la tarjeta de Control Principal (Tabla I). Estos relevadores, al ser energizados, van a comandar directamente el sistema hidráulico asociado al gobierno de la antena.

La misma configuración de relevadores se emplea en el modo manual de control de posición de la antena. La razón para hacerlo así es obvia, ya que permitirá movilizar la antena cuando el Control Electrónico esté fuera de servicio.

El gráfico de la figura 5-4 muestra la configuración de relevadores, en la cual se considera la implementación del modo manual. Puede observarse que cada una de las funciones de la Tabla I (con la sola excepción del control de velocidad) activan un relevador. El conmutador ENCENDIDO/APAGADO, en posición ENCENDIDO activa el modo manual aislando el control electrónico; mientras que en la otra posición queda inhabilitado. La configuración de los relevadores debe mantener la lógica estudiada en la unidad 2.

La fuente de poder de 12 V (requerida para energizar los relevadores) es proporcionada externamente al sistema; al igual que la fuente de 9 V necesaria para el control de velocidad de desplazamiento de la antena.

Tanto el circuito de relevadores como las fuentes externas señaladas van ubicadas cercanamente al módulo local en la caseta de control en el sitio de la antena. El gráfico de la figura 5.5 muestra las fotografías de esta implementación, así como una vista del sistema hidráulico.

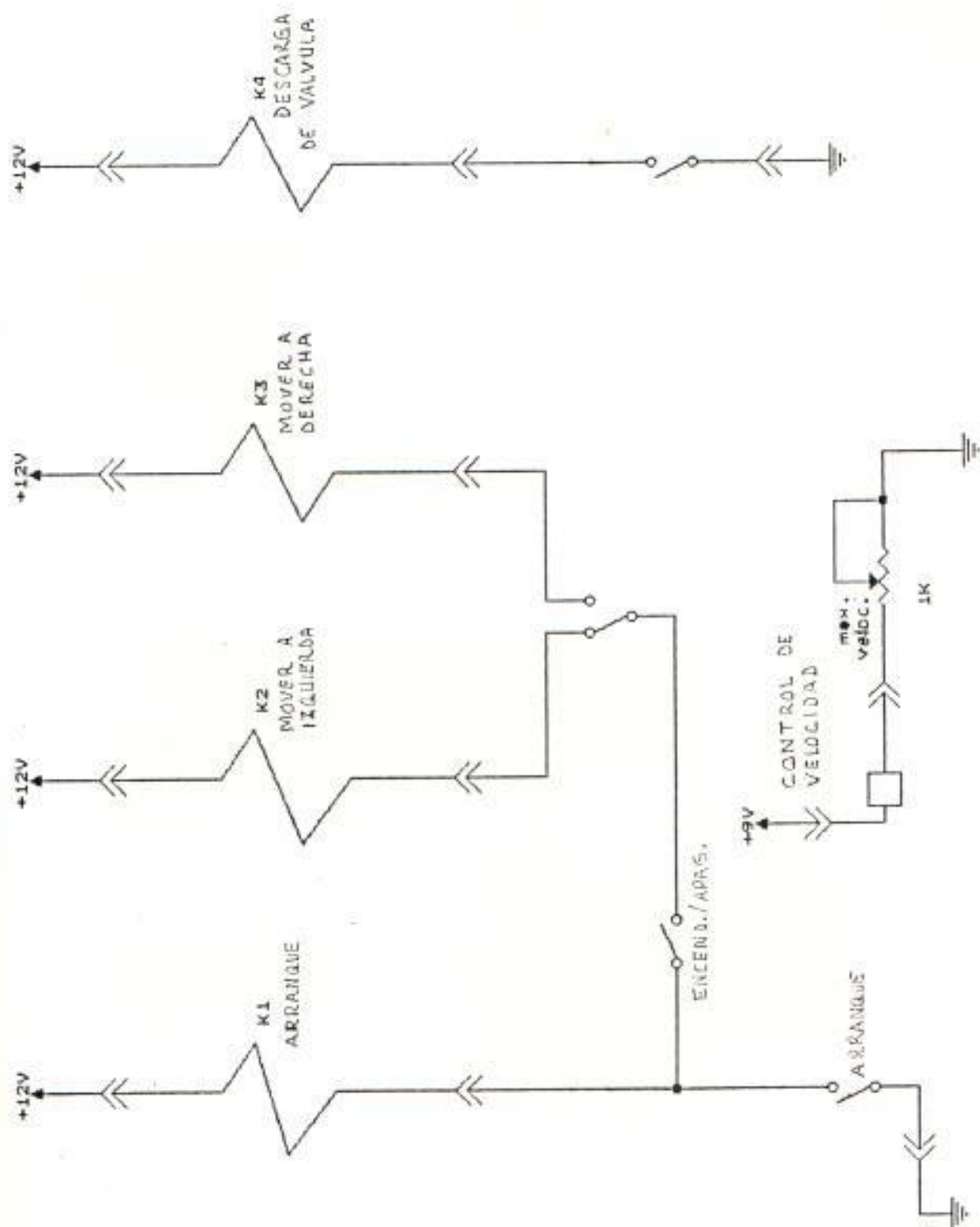
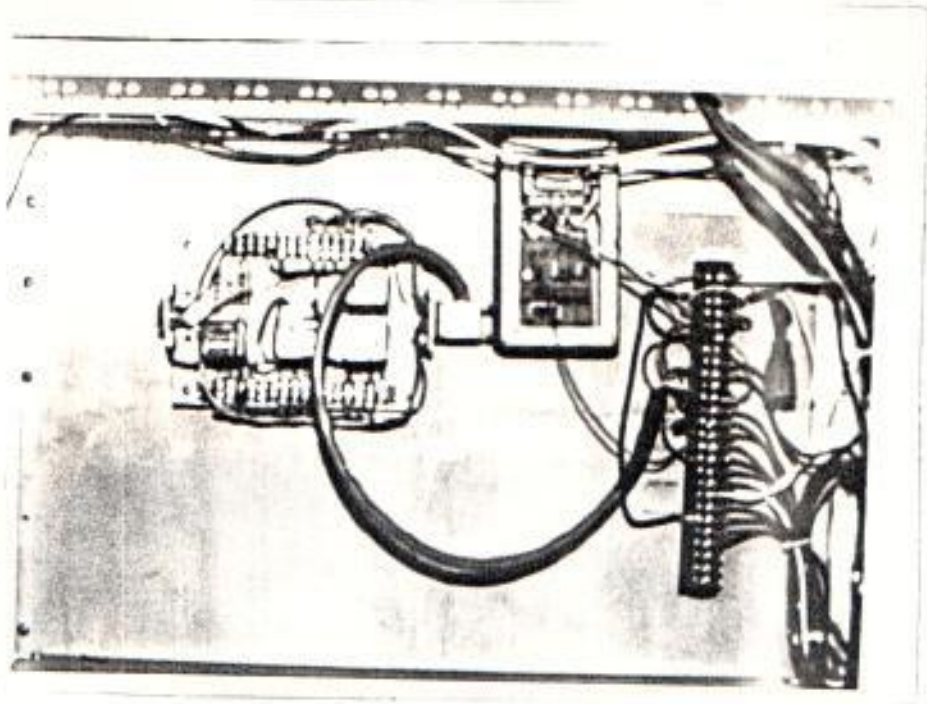
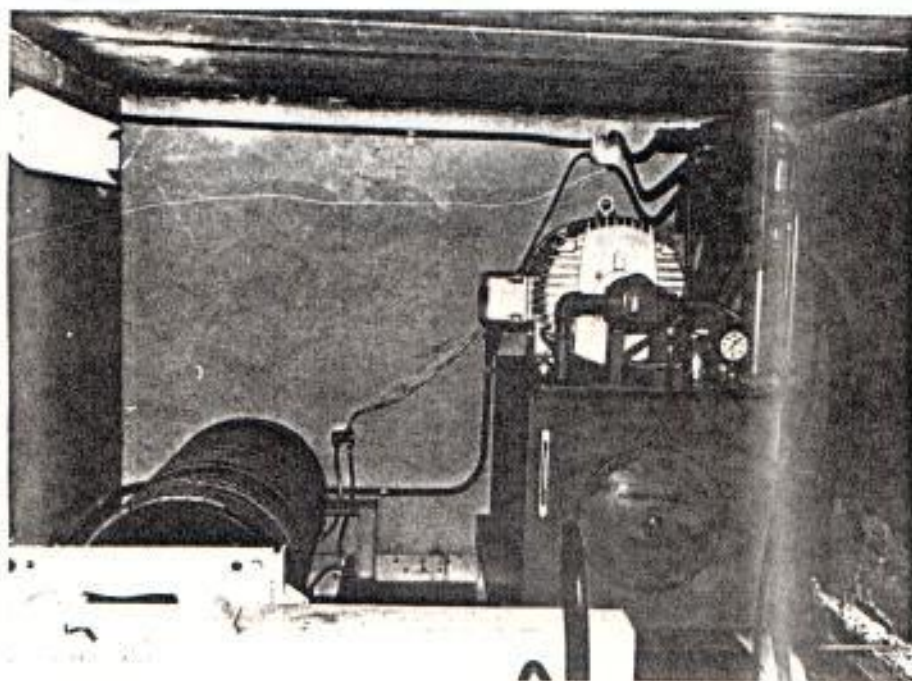


FIGURA 5.4 CONFIGURACION DE RELEVADORES Y CONTROL MOTOR.





(a)



(b)

FIGURA 5.5 a) FOTOGRAFIA DE IMPLEMENTACION DE RELEVADORES b) FOTOGRAFIA DEL SISTEMA HIDRAULICO

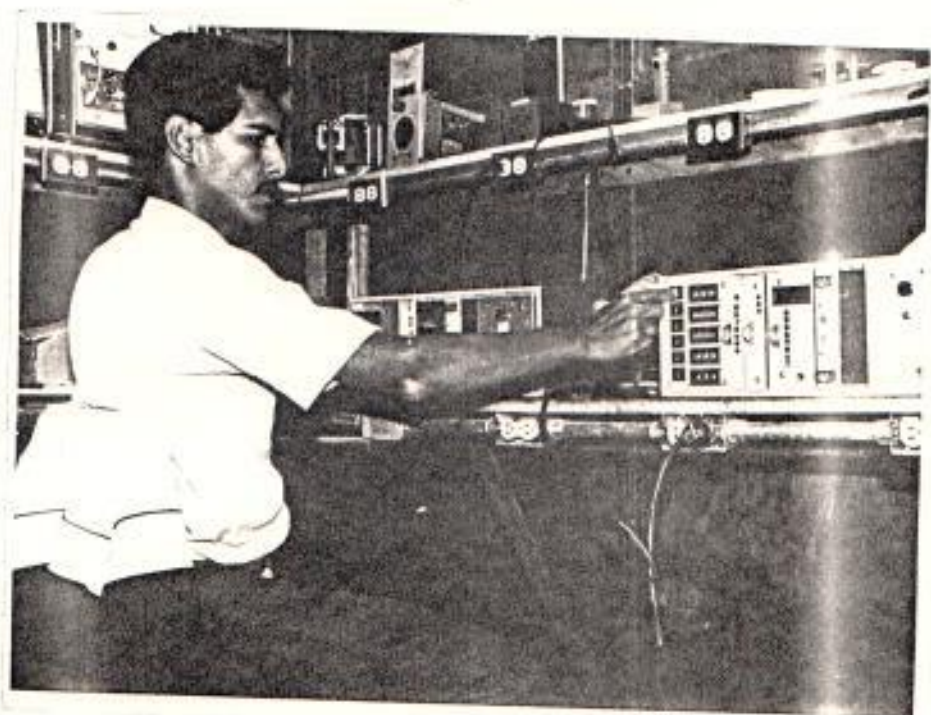


FIGURA 5.6 EL AUTOR REALIZANDO PRUEBAS

## 6.0 ESTIMACION DE COSTOS DEL CONTROL DE POSICION

Esta unidad trata acerca de los costos que en materia económica mereció el Control Electrónico de Posición de la Antena Gobernable. Debe tenerse en cuenta que sólo incluye el módulo local y los componentes asociados; no tomando en cuenta ni el módulo remoto y sus dispositivos asociados, ni los dispositivos de enlace ni el control hidráulico que completan el sistema (1).

Este estudio comenzará considerando los costos del control en el mismo orden que se ha seguido para su análisis. Es decir, se tratará primero lo referente a la Tarjeta de Control Principal.

### 6.1 LA TARJETA DE CONTROL PRINCIPAL

Se tiene el listado de componentes discretos (resistencias, capacitores, diodos y transistores), dispositivos integrados, componentes, memorias semiconductoras, conmutadores, pulsadores e indicadores con sus cantidades y precios:

---

(1) Los precios señalados aquí son referidos a los años de 1985 a 1987, lapso en que el proyecto fue desarrollado.

COMPONENTES DISCRETOS

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>US\$</u>	<u>PRECIO</u>
1	Resistencias de composicion de de carbon de 1/4 W (R1-R95, y R97-R105)	105	US\$	5.25
2	Potenciometro (R96)	1		0.50
3	Capacitores ceramicos (C1-C16)	16		0.64
4	Capacitores electroliticos (C17-C18)	2		1.00
5	Capacitores cerámicos (C19-C30)	12		0.48
6	Diodos Zener ICTE-12 (D1-D2)	2		1.20
7	Diodo Emisor de Luz LED (D3-D5)	3		0.12
8	Transistores MJE-340 (Q1-Q4)	4		1.20
9	Transistor Darlington MFS- U45. (Q5)	1		0.60

DISPOSITIVOS INTEGRADOS Y MEMORIAS

10	MC14070 Cuad. Puertas EX-OR de 2 entradas (U1 - U2).	2		1.20
11	MC2716 Memorias Borrables-Pro- gramables de solo lectura (U3, U11 y U25).	3		7.20
12	MC14511 Decodificador BCD-a-Indi- cador de 7 seg. (U4-U7)	4		2.40
13	MC14071 Cuad. Puertas OR de 2 entradas (U8)	1		0.60
14	MC14042 Cuad. Flip-flops tipo D (U9-U10).	2		1.20
15	LM7805 Regulador de voltaje de +5 V. (Cap. 1 A) (U12)	1		0.50
16	MC14053 Triple MUX analogico de dos canales (U13-U14, U18 y U23).	4		2.40

(Continuación)

17	MC14093 Cuad. Puertas NAND de 2 entradas (U15, U21) Tipo disparador de Schmitt	2	1.20
18	TL071 Amplificador operacional de tecnología FET (U16)	1	0.60
19	LM1408 Convertidor D/A de 8 bits. (U17)	1	0.90
20	MC14585 Comparador de Magnitud de 4 bits. (U19, U24)	2	1.40
21	MC14001 Cuad. Puerta NOR de 2 entradas. (U20)	1	0.60
22	MC14040 Contador binario de 12 bits. (U22)	1	0.60
23	MC14581 Unidad lógica aritmética de 4 bits (U26 - U27).	2	1.50

COMPONENTES VARIOS

24	Conmutadores Digitales de 10 dígitos (THS1 - THS3)	3	3.60
25	Indicador de LED (7 segmentos) para tres dígitos (Incluido zócalo)	1	2.40
26	Pulsador de panel	1	0.80
27	Zócalos de terminal soldado de 16 terminales	10	1.60
28	Zócalos de enroscamiento de 24 terminales.	5	1.60
29	Conector de Amphenol de 72 terminales.	1	0.90

ACCESORIOS

30	Costo de producción de circuito impreso.	1	15.00
----	--	---	-------

TOTAL PARA LA TARJETA DE CONTROL PRINCIPAL US\$ 59.20

## 6.2 LA TARJETA DE UART / RELOJ / MODEM

Asimismo, el siguiente es el listado de dispositivos y componentes para esta tarjeta:

### COMPONENTES DISCRETOS

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO
31	Resistencias de composición de carbon (1/4 W). (R1-R41)	41	US\$ 2.05
32	Capacitores ceramicos 100V Monoblock, 0.01 uF, (C1-20)	2	1.20
33	Capacitores electroliticos 47 uF, 50 V (C21, C23, C24)	3	0.90
34	Capacitores de Tantalio 0.1 uF (C22, C25-C29)	6	0.60
35	Capacitores de Tantalio 1.0 uF (C30-C33)	4	0.40
36	Diodo Zener ICTE-12 (D1)	1	0.60
37	Diodos Emisores de luz (D2-D4)	3	0.12
38	1N4148 Diodos de señal (D5-D7)	3	0.12
39	MPS A06 Transistores tipo NPN (Q1-Q3)	3	0.90
40	Oscilador de cristal (f= 10.24 KHz)	1	0.75

(Continuación)

DISPOSITIVOS INTEGRADOS

41	IC1 CDF6402 RCA CMOS UART	1	US\$ 22.00
42	IC2 MC3860 Modem de Audio	1	13.00
43	IC3-IC4 MC145151 CMOS LSI- Sintetizador de Frecuencias de entrada paralela -PLL-	2	27.00
44	IC5 SN54L5629 Oscilador Dual Controlado por Voltaje -VCO-	1	3.00
45	IC6 TL082 Amplificador Ope- racional dual tipo FET.	1	0.60
46	IC7 MC79M05 Regulador de Vol- taje (+5 V)	1	0.60
47	IC8 MC14040 Contador binario de 12 bits	1	0.60
48	IC9 MC14538 Multivibrador Mo- nostable Redisparable dual	1	0.60
49	IC10 74HC00 Cuad. puerta NAND de dos entradas.	1	0.60
50	IC11 LM393 Amplificador Ope- racional	1	0.60
51	IC12 TL072 Amplificador Ope- racional tipo FET	1	0.60

COMPONENTES VARIOS Y ACCESORIOS

52	Conmutadores de polo único y dos terminales	2	0.80
53	Zócalos de Terminal soldado de 14 y 16 terminales	7	1.20
54	Zócalos de enroscamiento de 28 terminales	3	1.00
55	Zócalo de enroscamiento de 40 terminales	1	0.40
56	Conector de Amph. (72 Term.)	1	0.90

(Continuación)

57	Costo de Producción de circuito impreso	1	US\$ 15.00
TOTAL DE LA TARJETA UART/RELOJ/MODEM			US\$ 99.00

### 6.3 TARJETA DE MODEM DE CANAL

Esta tarjeta es fabricada por la compañía "Collins Radio", por medio de la cual fue adquirida para varios proyectos, como el presente. Como fue señalado en la sección, se ensayaron modificaciones ligeras con el fin de adaptarla en este control; con lo cual el listado de dispositivos y componentes queda como sigue:

<u>COMPONENTES Y ACCESORIOS</u>			
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO
58	01-06 Transistores tipo NPN 2N2219A (Propósitos Generales)	6	1.80
59	Conector de Amphenol de 15 terminales	1	0.60
60	Tarjeta	1	55.00
TOTAL DE LA TARJETA DE MODEM DE CANAL			US\$ 57.40



#### 6.4 TARJETA DE FUENTE DE PODER

Esta tarjeta, al igual que las dos primeras, fue diseñada y construida especialmente para el Control de Posición, siendo el siguiente su listado de dispositivos, componentes y accesorios:

##### COMPONENTES Y ACCESORIOS

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO
61	R1-R12 Resistencias de composición de carbón (1/2 W)	12	US\$ 0.60
62	C1-C4 Capacitores Electrolíticos, 10000 uF, 100 V	4	18.00
63	C5-C8 Capacitores cerámicos 0.01 uF, 1 KV.	4	0.20
64	D1-D6 Diodos semiconductores 1N4007 (Si, 1 KV)	6	0.60
65	Q1, Q5 Transistores de Potencia MJE 15029	2	1.20
66	Q2, Q6 Transistores de señal MPSA56	2	0.80
67	Q3, Q4, Q7, Q8 Transistores de señal FPN 3641	4	1.60
68	U1 LM7805 Regulador de voltaje (+5 V)	1	0.50
69	U2 LM7912C Regulador de voltaje (-12 V)	1	0.50
70	Transformador 110 V/35 V de terminal central, (3.5 A)	1	12.00
71	Fusible -FB- 0.30 A	1	0.10
72	Enchufe 120 V aterrizado	1	0.60
73	Cable trifilar (12 AWG)	1.5 m	1.20

(Continuación)

74	Conector de Amphenol. 15 terminales	1	0.60
75	Costo de producción de circuito impreso	1	15.00
TOTAL DE LA TARJETA DE LA FUENTE DE PODER			US\$ 53.50

#### 6.5 CONSIDERACIONES GENERALES

Se tiene a continuación el desglose del costo total del Control de Posición:

DESCRIPCION	COSTO(US\$)
1. Tarjeta de Control Principal	59.20
2. Tarjeta de UART/Reloj/MODEM	99.00
3. Tarjeta de Modem de Canal	57.40
4. Tarjeta de Fuente de Poder	53.50
5. Costo de producción de jaula de tarjetas (Módulo)	25.00

COSTO TOTAL DEL CONTROL DE POSICION DE LA

ANTENA GOBERNABLE: US\$ 294.10 (2)

(2) Se ha utilizado aquí el signo monetario norteamericano, ya que en él fueron realizadas las adquisiciones y transacciones.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Ha podido demostrarse que, mediante un sencillo algoritmo matemático, es posible implementar el Control de Posición para la Antena Gobernable, empleando para el efecto, la tecnología digital.

2. Dado el requerimiento de poder controlar la posición de la antena, ya sea en modo local o desde la sala de control de transmisores, los datos de control han debido ser transmitidos y recibidos por los respectivos módulos. Para el efecto, cada módulo ha debido, en primer lugar, convertir los datos de modo paralelo a serial; luego, modular los datos en tonos digitales de audio; y, en la parte final del proceso, modularlos en forma de banda lateral única. Esto debió ser así por dos razones:

a. Utilizar solo un cable como medio de enlace entre los módulos (Una de las líneas de alimentación de 480 V trifásicos).

b. Minimizar la distorsión de señal debido al fuerte nivel de interferencia de RF en el ambiente de trabajo.

3. Se aprovecharon recursos disponibles como fue el uso de los Modems de Canal. Estas tarjetas han venido siendo

utilizadas por la emisora durante varios años en enlaces telefónicos desde los estudios ubicados en Quito hasta la planta de transmisión en Pifo, con magníficos resultados. Por lo que, con los cambios que se ensayaron, fue adaptado a este trabajo. Resultó ser la mejor alternativa entre las que se consideraron.

4. Debido a que la rapidez de procesamiento de señal no fue un factor crítico, el uso de dispositivos integrados de tecnología CMOS es altamente recomendable en estos casos, debido a que el consumo de potencia es bajo si se lo compara con los de tecnología TTL.

5. El error de posición final, de 0.25 grados sexagesimales como fue anotado, tiene su origen en la función seleccionada de las unidades lógicas aritméticas, y no repercute decisivamente en la operación de la antena. Así lo revelaron los reportes de sintonía recibidos desde los puntos geográficos de cobertura (Hemisferio norte: Norteamérica, El norte de África, el continente europeo, y la Unión Soviética).

6. Este trabajo fue sometido a pruebas primeramente en el módulo local. Aquí se afinó el algoritmo de operación y se hizo fuerte uso de datos codificados y almacenados en memorias borrables de solo lectura, como fue notado. La funcionabilidad en esta parte resultó satisfactoria

tanto en las pruebas de laboratorio como en el campo.

La segunda fase de las pruebas fue intercomunicar ambos módulos mediante conexiones directas, también con resultados satisfactorios tanto en el laboratorio como en el campo.

La tercera fase del proyecto, que consistió en la implementación del enlace seguía adelante a la fecha en que el proyecto dejó de estar bajo la responsabilidad del autor.

7. El proyecto considera una función adicional con miras a que en el futuro pueda utilizarse el control de posición mediante el uso de computadoras, como es la tendencia en la emisora. Se ha implementado hasta la presente un sistema conmutador de antenas en base a microprocesadores, el cual puede ser perfectamente aplicable a este trabajo.

## A P E N D I C E S

Especificaciones y Datos Técnicos acerca de:

A. DATAMETRICS; Encodificador de Posición Absoluta

B. RCA "Solid State Division"; Receptor/Transmisor  
Asíncrono Universal -UART CDP6402-; y  
MOTOROLA Inc.; Modem Digital de frecuencias de  
Audio -MC6860- \_\_\_\_\_

## A P E N D I C E    A

El Encodificador de Posición Absoluta DATAMETRICS es fabricado por la compañía norteamericana "DRESSER INDUSTRIES", disponible para una variedad de aplicaciones, entre las que se tiene el posicionamiento de mecanismos como el que motiva el presente trabajo. Sus especificaciones técnicas son las siguientes:

- VOLTAJE DE ALIMENTACION ( $V_s$ ): de 10 a 24 Vcc  $\pm 10\%$
- CORRIENTE DE ALIMENTACION ( $I_s$ ): 0.7 A (máximo)
- VOLTAJE LOGICO DE SALIDA (lógico "1"):  $V_s$
- TIEMPO DE SUBIDA EN LA SALIDA: 1.0 useg. sin carga ext.
- TIEMPO DE CAIDA: 0.1 useg.
- MAXIMA VELOCIDAD DE DATOS: 20 KHz
- PRECISION (bit a bit): 0.25 grados sexagesimales
- FORMATO DE SALIDA: Lineas paralelas.
- CODIGO NORMALIZADO: Gray.

CONDICIONES DE SALIDA

Rotación del eje (grados)	Cuenta Decimal	Salida BCD											
		100s				10s				1s			
		2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>	2 <sup>3</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>	2 <sup>3</sup>
000	0												
001	1												*
002	2											*	
003	3											*	*
004	4										*		
005	5										*		*
006	6										*	*	
007	7										*	*	*
008	8								*				
009	9								*				*
010	10								*				
011	11								*				*
012	12								*			*	
013	13								*			*	*
↓	↓												
096	96					*			*		*	*	
097	97					*			*		*	*	*
098	98					*			*	*			
099	99					*			*	*			*
100	100				*								
↓	↓												
356	356			*	*			*	*		*	*	
357	357			*	*			*	*		*	*	*
358	358			*	*			*	*	*			
359	359			*	*			*	*	*			*



## A P E N D I C E B

En esta sección se ofrece información técnica sobre los dispositivos integrados CMOS UART CDP6402 y el MODEM digital de audio MC6860, empleados en la tarjeta UART/Reloj/MODEM (Sección 3).

### B.1 DISPOSITIVO INTEGRADO CMOS UART CDP 6402

El gráfico de la figura b.1 muestra la asignación de terminales para este dispositivo, el cual tiene las siguientes especificaciones técnicas:

RANGO DE VOLTAJE DE ALIMENTACION (V DD):	-0.5 a +11 V
RANGO DE VOLTAJE EN LAS ENTRADAS:	-0.5 A V DD + 0.5
CORRIENTE D.C. EN LAS ENTRADAS:	±100 $\mu$ A
RANGO DE TEMPERATURA DE OPERACION:	-55 a +125 °C
VOLTAJE DE BAJO NIVEL DE SALIDA:	0.1 V
VOLTAJE DE ALTO NIVEL DE SALIDA:	V DD - 5%
VOLTAJE DE BAJO NIVEL DE ENTRADA:	0 - 0.8 V
VOLTAJE DE ALTO NIVEL DE ENTRADA:	V DD + 5%

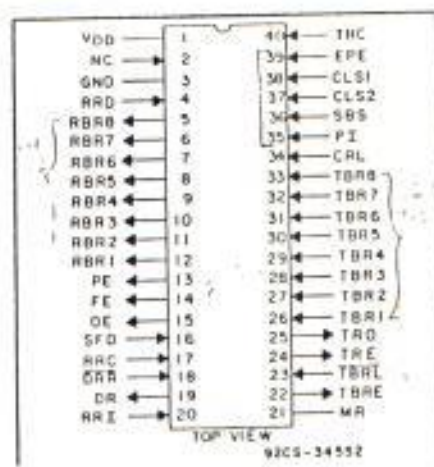


Fig. b.1 Asignación de Terminales

El gráfico de la figura b.2 muestra el diagrama funcional de bloques de este dispositivo.

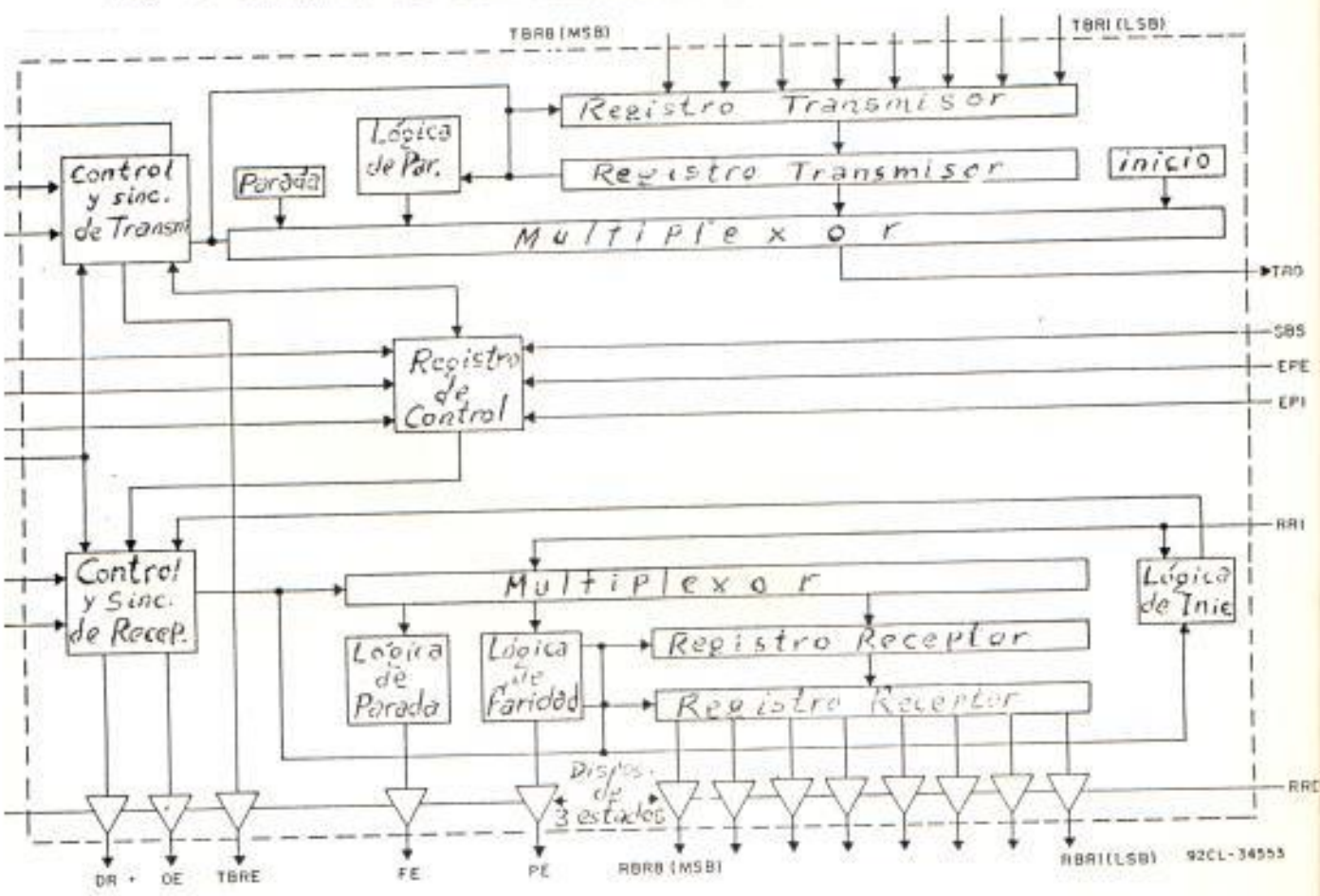


Fig. b.2 Diagrama Funcional de Bloques

## B.2 DISPOSITIVO INTEGRADO MC6860

Este dispositivo es un modem digital de audio con un rango de velocidad comprendido entre 0 a 500 bps. Se trata de un subsistema en tecnología CMOS diseñado para usarse en comunicaciones de datos en serie. El gráfico de la figura b.3 muestra la asignación de terminales y sus especificaciones técnicas más importantes son las siguientes:

VOLTAJE DE ALIMENTACION (Vcc):	-0.5 V a +2.0 V
VOLTAJE DE ENTRADA DE NIVEL ALTO:	al. 2.0 V a Vcc
VOLTAJE DE ENTRADA DE NIVEL BAJO:	Vcc x 0.17
RANGO DE TEMPERATURA DE OPERACION:	0 a +70° C
RANGO DE VELOCIDAD DE OPERACION:	0 a 500 bps

1	Vcc	Rx Data	24
2	Rx Data	CTS	23
3	Rx Data	ESD	22
4	Rx Data	RT	21
5	CTS	DTR	20
6	ESD	A1	19
7	TD	Y1	18
8	FSBL	Rx Cn	17
9	SRCK	RT	16
10	Tx Cn	Mod	15
11	FD	Rx Rcv	14
12	Vcc	Xtal	13

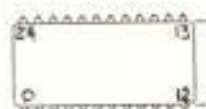


Fig. b.3 Asignación de Terminales

El gráfico de la figura b.4 muestra la estructura de bloques del dispositivo.

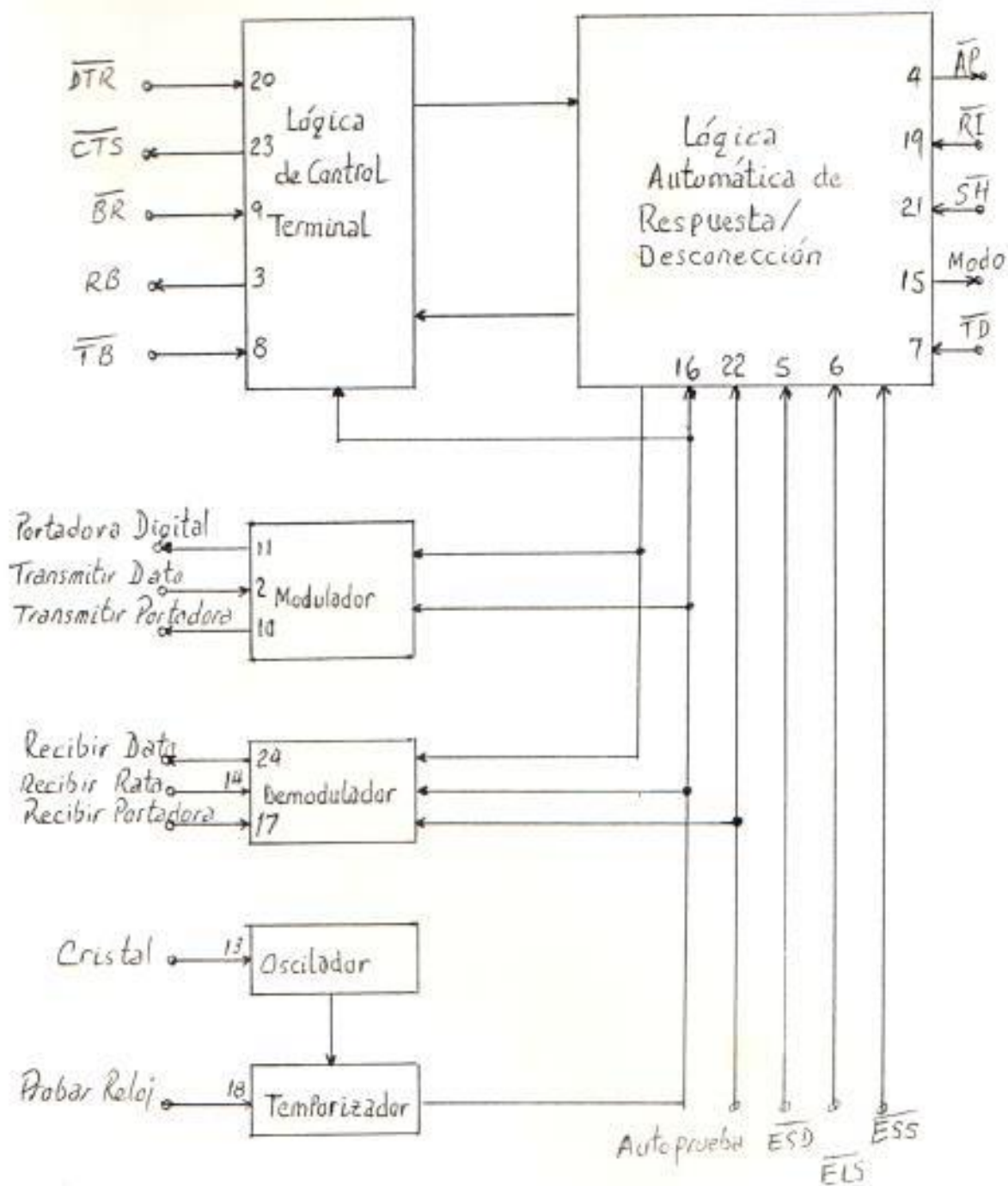


Fig. b.4 Diagrama de Bloques del Dispositivo MC 6860

## B I B L I O G R A F I A

1. D. Lancaster; CMOS COOKBOOK; H. W. Sams & Co.; Indianapolis, EE. UU.; 1979.
2. Motorola Inc.; MOTOROLA CMOS DATA BOOK; Austin, EE.UU.; 1980.
3. W. I. Orr; RADIO HANDBOOK; 23era. edición; H. W. Sams & Co.; Indianapolis, EE. UU.; 1987.
4. P.H. Young; ELECTRONICS COMMUNICATION TECHNIQUES; Merril Publishing Co.; Columbus, EE. UU.; 1985.