

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA DE CALIFORNIA

ESCUELA DE INGENIERÍA

INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TEMA:

**“RADAR ESTÁTICO DE MICROONDAS EN BANDA C PARA
REALIZAR OBSERVACIONES DE LA SUPERFICIE DEL MAR,
DISEÑO DE UNA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.”**

TITULACIÓN POR OPCIÓN DE MEMORIAS DEL SERVICIO SOCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

PRESENTA:

ENRIQUE COLORADO ORTIZ.

ENSENADA B.C. DICIEMBRE DE 1996.

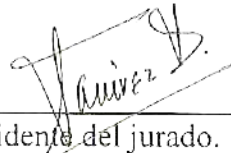
**“RADAR ESTÁTICO DE MICROONDAS EN BANDA C PARA
REALIZAR OBSERVACIONES DE LA SUPERFICIE DEL MAR,
DISEÑO DE UNA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.“**

TITULACIÓN POR OPCIÓN DE MEMORIAS DEL SERVICIO SOCIAL
PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

PRESENTA:

ENRIQUE COLORADO ORTIZ.



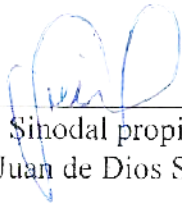
Presidente del jurado.
M.C. Benjamin Ramirez D.



Sinodal propietario
Dr. Francisco Ocampo T.



Sinodal propietario
M.C. Jesus Zamarripa T.



Sinodal propietario
Ing. Juan de Dios Sanches L.



Sinodal propietario
M.C. Juan Ivan Nieto Hipólito.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Francisco Ocampo Torres director de este proyecto por permitirme colaborar en este interesante proyecto y por su apoyo mostrado en el transcurso del mismo.

De manera muy especial a nuestro director de tesis M.C Benjamin Ramirez Duran, por su invaluable cooperación y apoyo brindado para la realización de este trabajo.

RADAR ESTÁTICO DE MICROONDAS EN BANDA C PARA REALIZAR OBSERVACIONES DE LA SUPERFICIE DEL MAR.

DISEÑO DE UNA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

ÍNDICE	PÁGINA
I INTRODUCCIÓN.	1
II DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.	7
II.1- Introducción.	7
II.2- Objetivo.	7
II.3- Justificación del proyecto.	8
II.4- Esquema general del proyecto.	11
II.5- Funcionamiento básico del proyecto.	14
III TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.	17
III.1- Introducción.	17
III.2- Bloques básicos de la tarjeta de adquisición de datos.	18
III.3- Interfaz a la computadora personal (Ducto IBM -ISA).	21
III.4- Reforzador de la señales del ducto IBM ISA.	30
III.5- Decodificador de direcciones.	33
III.6- Circuitería del convertidor analógico a digital.	37
III.7- Acondicionamiento de la señal analógica.	40
III.8- Cristal detector de microondas.	41
III.9- Características y especificaciones.	42
III.10- Diagrama de la interconexión de los dispositivos, circuito impreso, y posición de los componentes de la tarjeta de adquisición de datos.	51

IV	PROGRAMA DE CONTROL Y MANEJO DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.	58
	IV.1- Introducción.	58
	IV.2- Algoritmo para la adquisición de una muestra.	59
	IV.3- Explicación de las opciones del menú.	60
	IV.4- Utilización del programa.	61
V	CARACTERIZACIÓN DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.	69
	V.1- Introducción.	69
	V.2- Pruebas de laboratorio.	69
	V.3- Resultados.	70
VI	PRUEBAS EXPERIMENTALES.	72
	VI.1- Introducción.	72
	VI.2- Interconexión del analizador de espectros.	73
	VI.3- Pruebas experimentales con analizador de espectros.	75
	VI.4- Solución de problemas encontrados.	76
	VI.5- Interconexión con la tarjeta de adquisición de datos.	76
	VI.6- Pruebas experimentales con tarjeta de adquisición de datos y con el analizador de espectros.	78
	VI.7- Resultados.	79
VII	CONCLUSIONES.	85
VIII	BIBLIOGRAFÍA.	86
IX	APÉNDICE A(LISTA DE COMPONENTES).	88
X	APÉNDICE B(EQUIPO UTILIZADO).	90
XI	APÉNDICE C (LISTA DE PROGRAMAS UTILIZADOS).	91
XII	GLOSARIO.	92

LISTA DE FIGURAS.

NÚMERO DE FIGURA	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
1.1	Sistema de radar por satélite a implementar por la JPL	2
1.2	Reflexión de señales de microondas.	3
2.1	Ológrafo.	10
2.2	Diagrama a Bloque del sistema del radar.	12
2.3	Funcionamiento del radar.	15
3.1	Sistema de adquisición de datos.	19
3.2	Ducto IBM - ISA de 8 bits.	22
3.3	Circuito Reforzador.	32
3.4	Circuito decodificador.	36
3.5	Circuitería del ADC.	39
3.6	Esquema de la tarjeta de adquisición.	52
3.7	Circuito Impreso.	54
3.8	Componentes de la tarjeta de adquisición.	57
4.1	Presentación del programa "Radar.Exe".	62
4.2	Menú principal del programa "Radar.Exe".	62
4.3	Pantalla de "Adquirir Datos" del programa "Radar.Exe".	63
4.4	Pantalla de "Configuración" del programa "Radar.Exe".	64
4.5	Pantalla "Visualizar Datos" del programa "Radar.Exe".	65
4.6	Pantalla "Acerca de ..." del programa "Radar.Exe".	68
5.1	Respuesta de voltaje contra los datos obtenidos con la tarjeta de adquisición de datos.	71
5.2	Gráfica de potencia contra datos.	72
6.1	Interconexión con el analizador de espectros.	74
6.2	Interconexión con la tarjeta de adquisición.	77
6.3	Gráfica obtenida con la tarjeta de adquisición de datos.	79
6.4	Gráficas obtenidas con el analizador de espectros.	82

LISTA DE TABLAS.

NÚMERO DE TABLA	DESCRIPCIÓN	PAGINA
III.1	Voltajes de la fuente de poder de la PC.	30
III.2	Dirección de los canales del ADC.	44
III.3	Direcciones de los modos de operación del temporizador 8253 (U5)	46
III.4	Formato de la palabra de operación, y opciones de configuración del temporizador 8253.	47
III.5	Señales del conector DB25.	50
V.I	Respuesta característica de potencia, voltaje y datos de la tarjeta de adquisición.	70



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN.

En este trabajo se describe el desarrollo de una tarjeta de adquisición de datos, que forma la parte digital del sistema de un radar estático coherente que utiliza microondas para realizar observaciones de la superficie del mar. El radar tiene aplicación en el área de la oceanología, ya que es un medio remoto de medición del comportamiento promedio de la superficie del mar, tiene grandes ventajas sobre otros sistemas utilizados para el mismo propósito, como los sensores de presión que se instalan en el fondo del mar.

El objetivo del proyecto es la medición y el registro del comportamiento promedio de la superficie del mar por medio de un radar estático de microondas. Para registrar estas mediciones se diseñó una tarjeta de adquisición de datos y un programa para una computadora personal para controlar la tarjeta y almacenar, graficar e imprimir los datos adquiridos.

Durante la década de los 80's se realizaron con éxito varios estudios de la dinámica de la ola pequeña y sus interacciones con olas mayores^[1]. Utilizaron un radar coherente de microondas (con frecuencias de 1.5 a 35 Ghz.) enfocado hacia el agua. A sido utilizado con gran éxito por el laboratorio naval de los estados unidos de América, en la ultima década, para

el estudio de la dinámica (e.g. generación, influencia del viento, crecimiento temporal, balance de energía y forzamiento) de pequeñas olas de vientos capilares gravitatorios y sus interacciones con las olas gravitatorias mas grandes en un tanque de olas. Mas recientemente, se han realizado mediciones en el campo para investigar el comportamiento de las olas en el océano, y en el presente este sistema se esta utilizando en naves aéreas y será usado en satélites para realizar observaciones de las olas del mar y dirección del viento, este ultimo proyecto esta siendo desarrollado por la NASA en el laboratorio de propulsión a chorro (JPL)^[2], la misión inicio en Febrero de 1996. Estas mediciones del viento sobre los océanos hechas por el radar serán usadas por la JPL para la investigación sobre el clima, con esto los científicos tendrán una herramienta mas para comprender el ciclo del océano y las interacciones entre aire y mar en el ecosistema global.

La figura 1.1, muestra un esquema general del sistema:

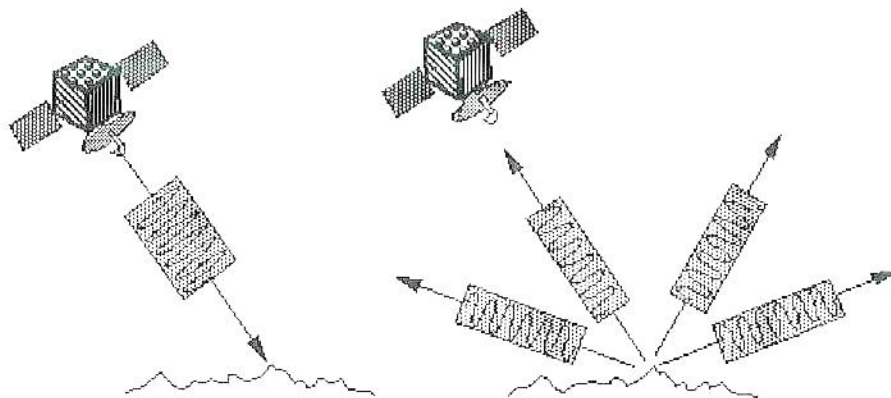


Figura 1.1 Se observa el comportamiento de la señal de microondas al ser emitida desde el satélite, posteriormente es reflejada por la superficie del mar y recibida por el satélite.

Al radiar la zona a medir, las microondas se reflejan por parte de la superficie del mar en todas direcciones. Una parte de esa energía se refleja en la dirección del radar y es detectada. A partir de esta, es posible determinar alguna característica de la superficie iluminada por las microondas.

La reflexión de las ondas de microondas en la superficie del mar es determinada por la rugosidad de la superficie. El factor, que determina la rugosidad de la superficie del mar, es el viento local.

La figura 1.2 muestra diferentes tipos de reflexión de la microondas dependiendo del la rugosidad de la superficie.

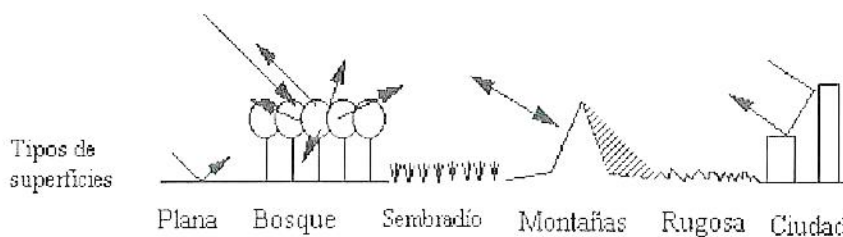


Figura 1.2 Reflexión de señales de microondas.

En este trabajo se utilizó un radar de microondas en banda C (a 3.650 Ghz), con polarización vertical, para investigar sobre la dinámica de las olas en la superficie del mar y por supuesto entender mejor los procesos de interacción entre las olas y las microondas. Esto es de gran importancia porque se necesita tener una estadística del comportamiento de las olas del

mar antes de desarrollar algún tipo de infraestructura marítima, ya que de ello depende las características de su construcción.

El radar coherente es un sistema que no hace contacto de una manera mecánica con las olas del océano, detecta simultáneamente variaciones en amplitud y fase de las ondas gravitatorias del océano. En contraste, un radar no coherente solo retiene la amplitud de la señal de regreso (la fase se pierde en el proceso).

Es posible inferir el promedio del periodo del oleaje con la información proporcionada por el receptor del radar, la información se obtiene de la modulación en amplitud hecha por las variaciones de la superficie del océano.

Este trabajo consiste en el diseño y construcción en un circuito impreso de una tarjeta de adquisición de datos y un programa de computadora, el cual podrá adquirir, procesar, graficar y almacenar la información proveniente del receptor del radar; esto con el fin de que investigadores oceanólogos puedan procesar la información con un conjunto de programas mas especializados para obtener una interpretación del comportamiento promedio de la superficie del mar.

La mayor parte de las actividades se desarrollaron en las instalaciones del CICESE. El proyecto es financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y está registrado con el nombre “Las ondas superficiales generadas por el viento en la interfase océano - atmósfera”, número de registro 3993-T9402.

Un experimento similar utilizando microondas en banda X se desarrolla como complemento del presente trabajo, para observar el oleaje en el laboratorio^[3].

El trabajo está organizado de la siguiente manera:

En el *capítulo II* se describe de manera detallada el sistema general del radar y sus componentes. En el *capítulo III* se describe el diseño y construcción de la tarjeta de adquisición de datos, y la interfase entre la computadora personal y la tarjeta. Se muestran los bloques funcionales del sistema de adquisición de datos. También se muestra el diagrama de interconexión lógico y el diagrama de conexión eléctrico, así como la distribución de los componentes electrónicos en el circuito impreso. En el *capítulo IV* se explica el funcionamiento del programa de computadora utilizado en la adquisición de datos. En el *capítulo V* se presentan los resultados obtenidos en pruebas de laboratorio del funcionamiento de la tarjeta de adquisición de datos y en el *capítulo VI* se reportan las pruebas

realizadas utilizando el sistema completo del radar estático de microondas.
Las conclusiones se encuentran en el *capítulo VII*.

CAPÍTULO II.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.

II.1 INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se describe el sistema completo del radar estático de microondas con las partes que lo componen, se describe el funcionamiento básico del radar.

II.2 OBJETIVO

El objetivo en general del proyecto es la medición y el registro del comportamiento promedio de la superficie del mar por medio de un radar estático de microondas. Para registrar estas mediciones se diseñó una tarjeta de adquisición de datos y un programa para una computadora personal para controlar la tarjeta y almacenar, graficar e imprimir los datos adquiridos.

Por otra parte, aquí no será necesario cubrir todas las consecuencias dinámicas importantes del rompimiento de las olas en el océano; a nosotros nos basta indicar que el rompimiento de las olas es un proceso de la parte

alta del océano que transfiere momento de las olas a las corrientes de superficie y que juegan un papel muy importante en el equilibrio del espectro de olas en el océano, por tal motivo se eligió el uso de microondas para medir este fenómeno.

II.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En este trabajo utilizamos un radar coherente ya que estudios teóricos y experimentales con instrumentos oceanográficos convencionales (e.g. boyas con sensores de presión o ológrafos. Ver figura 2.1) no son tan determinativos para el caso en el cual estamos trabajando. Además que el sistema de medición con sensores de presión presenta varios inconvenientes como el de ir a depositar el sistema al fondo del mar, porque tienen que definir bien el punto exacto de donde colocaron el sensor, si no se les puede perder o a la hora de recuperarlo pueden tardar demasiado en encontrarlo. Otro problema es el límite de muestras que pueden tomar, el sensor solo puede estar unos días bajo el agua tomando muestras ya que la memoria donde graba los datos se llena rápidamente; una vez llena la memoria de datos, se tiene que sacar el sistema de medición del sensor de presión y llevarlo hasta una computadora para vaciar los datos obtenidos, esto es muy tardado. Por otra parte con nuestro sensor remoto es muy fácil hacer las mediciones, solo hay que encender el equipo de transmisión y el de recepción del radar, tener una computadora con la tarjeta de

adquisición de datos y correr el programa de control de la tarjeta; como en la actualidad tenemos grandes dispositivos de almacenamiento, podemos estar adquiriendo datos por bastante tiempo, en cualquier tipo de clima, a cualquier hora.

Se muestra en la figura 2.1 un ológrafo o sensor de presión marino utilizado para medir las olas del mar.

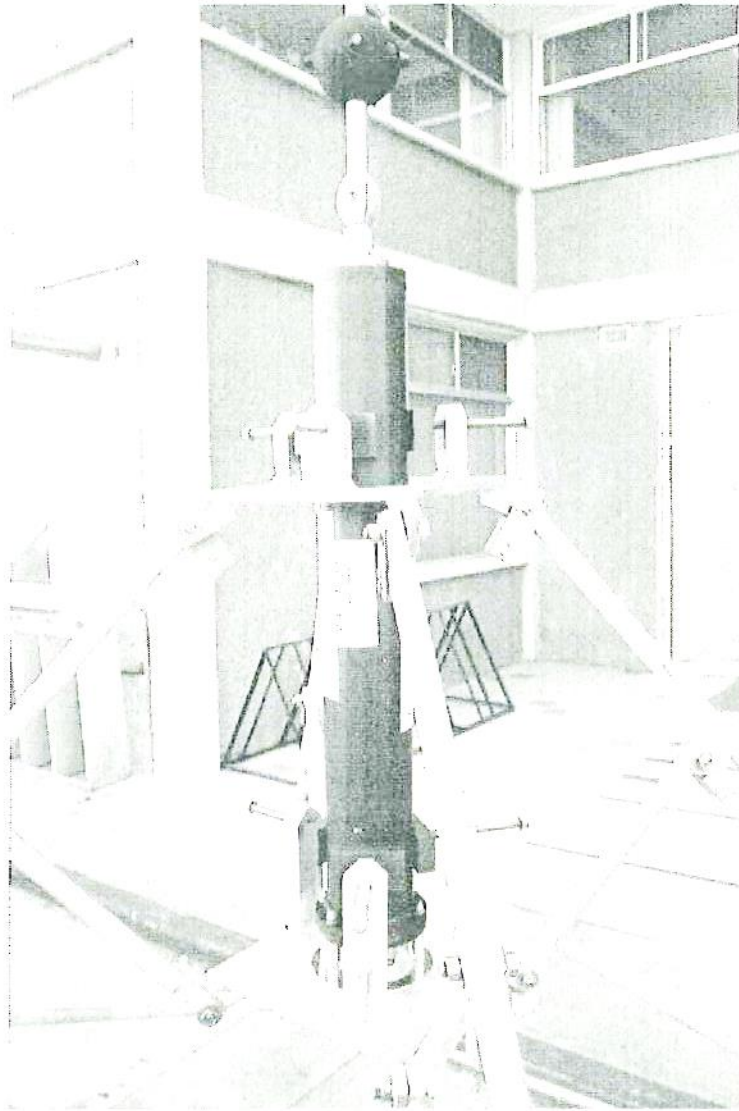


Figura 2.1 Ológrafo, instrumento que se instala en el fondo del océano para medir las amplitudes de las olas.

La tarjeta de adquisición de datos es parte de un proyecto global, se diseño y construyo para cumplir los requerimientos necesarios para la captura de los datos provenientes del radar coherente de microondas. No se compro una tarjeta de adquisición de datos por que la tarjeta que

se necesitaba debería de tener una etapa de alta amplificación a la entrada por que la señal proveniente del radar es muy pequeña, la cual no se encontraba en las tarjetas de adquisición de datos mas comerciales, además que la construcción de la tarjeta fue un método mas económico. (ver sección III.9 para conocer mas especificaciones de la tarjeta).

En este trabajo se utilizo un radar de microondas en banda C (3.650 Ghz.), porque en esta banda ya están construidos todos los sistemas de microondas como son las amplificadores de bajo ruido, polarotor, conectores y antenas, tanto para transmisión como para recepción.

II.4 ESQUEMA GENERAL DEL PROYECTO.

En el transcurso de este proyecto se vio la necesidad de fabricar las antenas de microondas las cuales, se decidió que se utilizarían parabólicas normales, las cuales con adaptaciones servirían para este proyecto. Uno de los primeros pasos fue el de diseñar el circuito que radiara las microondas el cual se muestra a continuación un diagrama a bloques de este circuito.

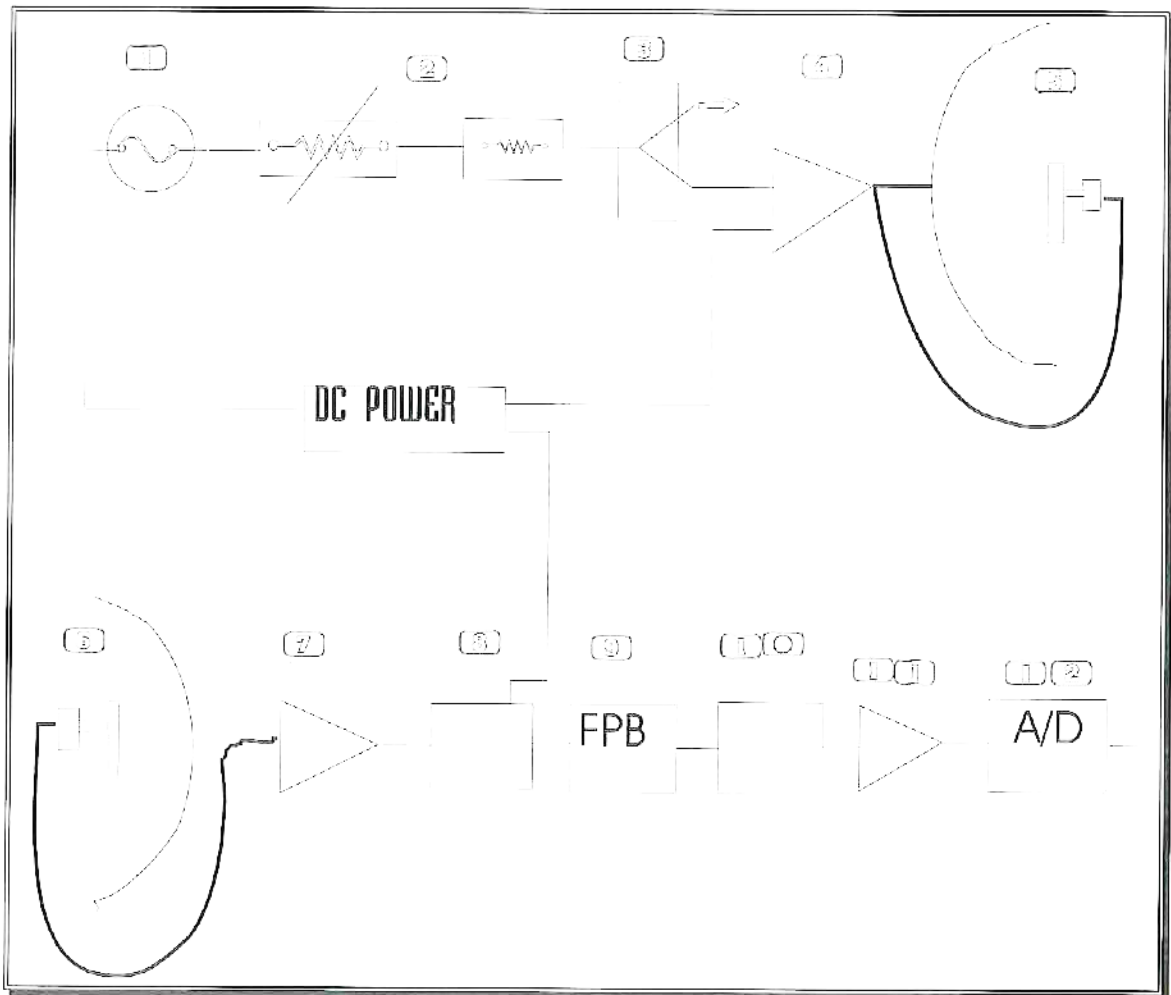


Figura 2.2 Bloques del sistema del radar.

En donde:

- 1.- Es un oscilador maestro, a una frecuencia de 3.65 GHz., y una potencia de salida de +10 dBm (10 mW).
- 2.- Es un atenuador variable, de 0 a 40 dB. Sirve para modificar la frecuencia del amplificador de potencia.

- 3.- Es un atenuador fijo de 20 dB. Limita la entrada del amplificador de potencia a - 10 dBm. Mejora el VSWR entre el oscilador y el amplificador de potencia.
- 4.- Es un amplificador de potencia con una potencia de salida de 1 watt.
- 5.- Es un polarizador que enfoca la energía por medio de la parabólica a una distancia de aproximadamente 4 Km.
- 6.- Es un polarizador utilizado para enfocar la energía proveniente de la parabólica con un amplificador de bajo ruido.
- 7.- Amplificador de bajo ruido, este recibe señales de -80 dBm, de señales que proviene de la interacción entre las olas y las microondas.
- 8.- Bias de polarización, sirve para alimentar el amplificador de bajo ruido.
- 9.- Filtro pasa banda.

10.- Detector HB8471E, convierte la señal de microondas a nivel de D.C.

11.- Amplificador de D.C.

12.- Tarjeta de adquisición, convierte la señal analógica a digital.

II.5 FUNCIONAMIENTO BÁSICO DEL PROYECTO.

En esta investigación experimental se uso un radar de microondas coherente a 3.650 GHz. en polarización vertical, utilizado para la investigación de oleaje en mar abierto, así como en las orillas del mar (playas).

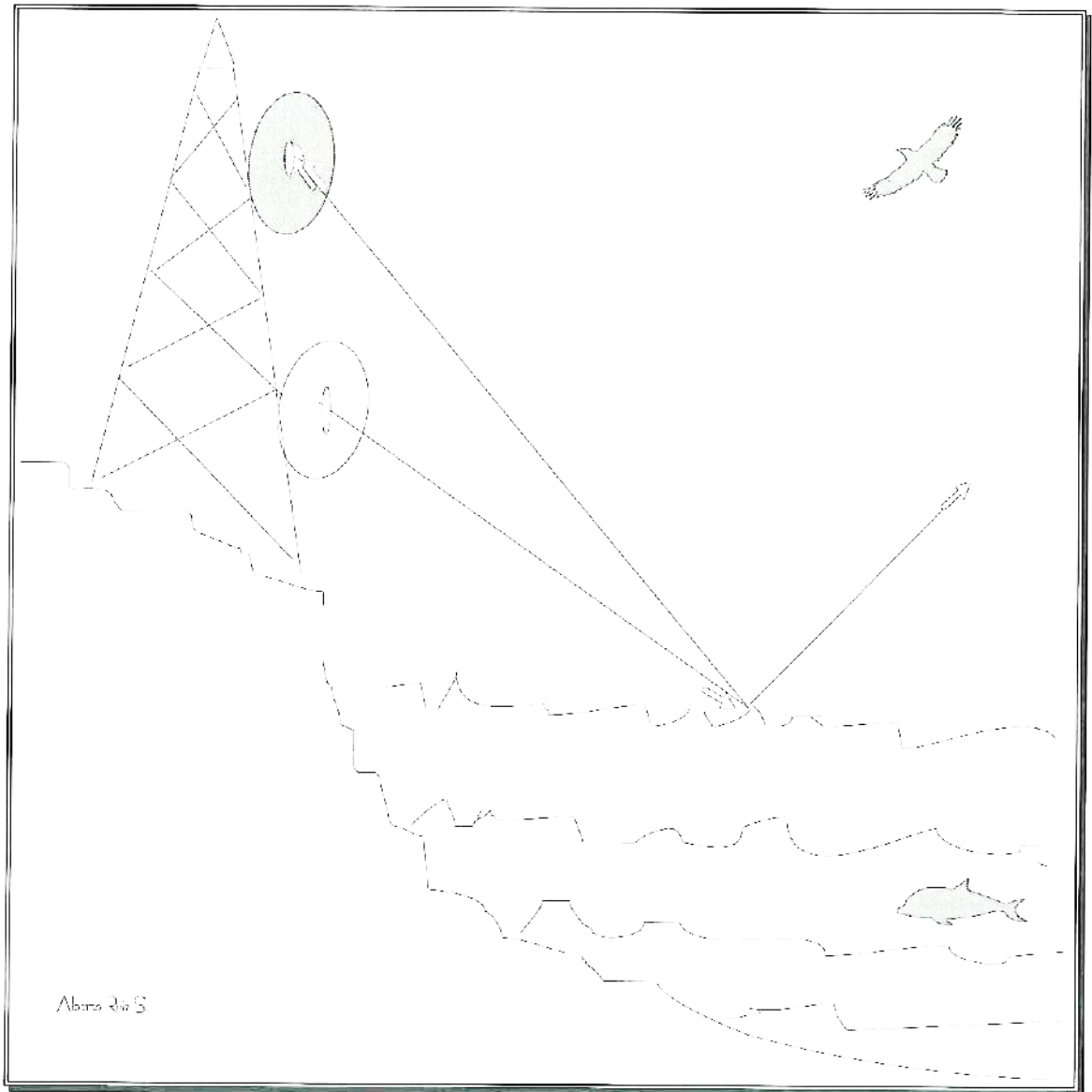


Figura 2.3.- La antena transmisora radia las microondas hacia la superficie del mar, parte de esa señal se refleja y es captada por la antena receptora.

En la figura 2.3, la antena transmisora radia microondas hacia la superficie del océano, las olas del océano hacen que se reflejen en varias direcciones, una parte de esa energía se refleja en la dirección de la antena receptora del radar y es detectada. A partir de esta, es posible determinar alguna característica de la superficie iluminada por las microondas.

CAPÍTULO III

TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

III.1 INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se describe cada una de las partes que forman la tarjeta de adquisición de datos de 8 bits y 8 canales, incluyendo sus características y especificaciones, además se muestra un diagrama a bloques del sistema de adquisición.

Se decidió diseñar una tarjeta de adquisición de datos que cumpliera con las especificaciones necesarias para poder registrar la señal recibida a través del cristal detector de microondas que se encuentra en la antena receptora. Se utilizó discos de computadora personal como el método de almacenamiento de los datos, esto debido a que en la actualidad los discos duros de computadora tienen una gran capacidad de almacenamiento.

Aunque existen otros métodos de almacenamiento utilizados, como el de cintas magnéticas que graban la información en forma analógica o digital,

se hizo más conveniente utilizar una tarjeta de adquisición de datos insertada en el ducto de una computadora personal porque en la computadora tenemos gran capacidad de almacenamiento, de procesamiento y visualización de la información, además de tener diversos medios de salida de la información como el de la impresora, monitor y se puede transmitir los datos a otras computadoras ya sea por módem, o por redes locales de datos (LAN).

III.2 BLOQUES BÁSICOS DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

El diagrama del sistema de adquisición de datos se muestra en la figura 3.1.

DIAGRAMA A BLOQUES DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

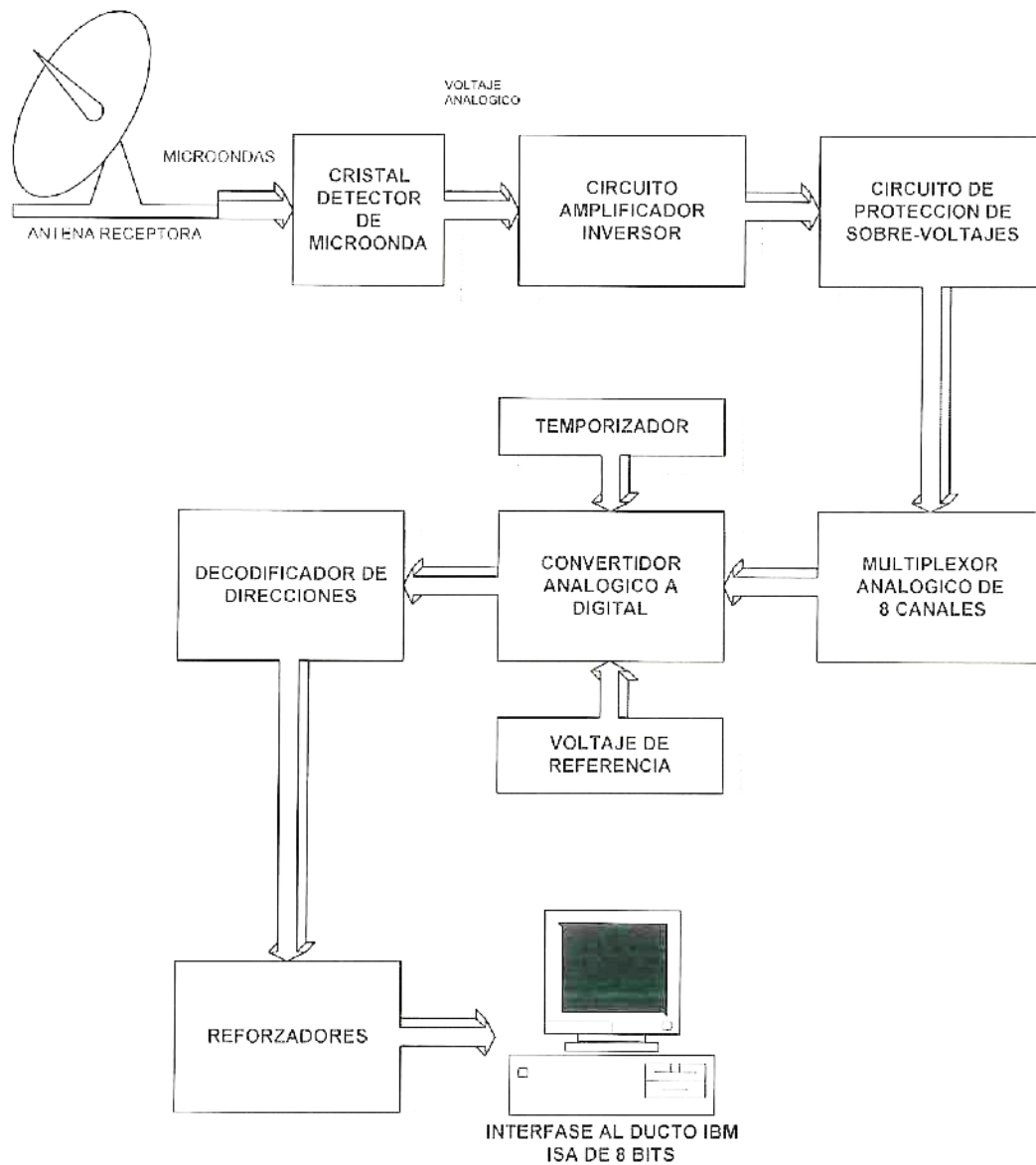


Figura 3.1 Sistema de Adquisición de Datos.

El circuito amplificador inversor acondiciona la señal analógica proveniente del cristal detector de microondas. El voltaje de la señal es muy pequeño (del orden de los mili volts) y es necesario amplificarla para estar dentro del intervalo de operación del convertidor analógico a digital, entre 0 y 5 volts.

El circuito de protección protege al convertidor de voltajes mayores a 5 volts y menores de 0 volts.

El multiplexor analógico se utiliza para poder adquirir varias señales analógicas, es este caso hasta 8 señales. El multiplexor analógico viene incluido en el convertidor analógico a digital.

El convertidor analógico a digital, convierte una señal analógica a códigos binarios digitales de 8 bits.

El bloque de temporizador sirve como base de tiempo para el reloj del convertidor analógico a digital, este es de una frecuencia de 500 Khz. Además sirve para dar una base de tiempo para generar interrupciones y así obtener una frecuencia exacta de muestreo en el proceso de adquisición de datos. Estas bases de tiempo son configuradas por software.

El bloque de voltaje de referencia, proporciona un voltaje exacto de 5.0 volts el cual es tomado como referencia por el convertidor analógico a digital.

La circuitería de decodificación de direcciones activa la circuitería de la tarjeta cuando se utilizan las direcciones de los puertos de entrada-salida en las direcciones 300h a 31Fh.

Los reforzadores se utilizan para reforzar las señales utilizadas provenientes del ducto IBM. Esto con el fin de tener los niveles de voltajes correctos y la suficiente corriente para activar otros dispositivos.

Finalmente se encuentra el ducto IBM ISA de 8 bits en el cual insertaremos nuestra tarjeta de adquisición de datos.

III.3 INTERFASE A LA COMPUTADORA PERSONAL

(DUCTO IBM - ISA 8 BITS).

En la figura 3.2 se muestra un esquema del ducto IBM-ISA XT, AT de 8 bits de una computadora personal.

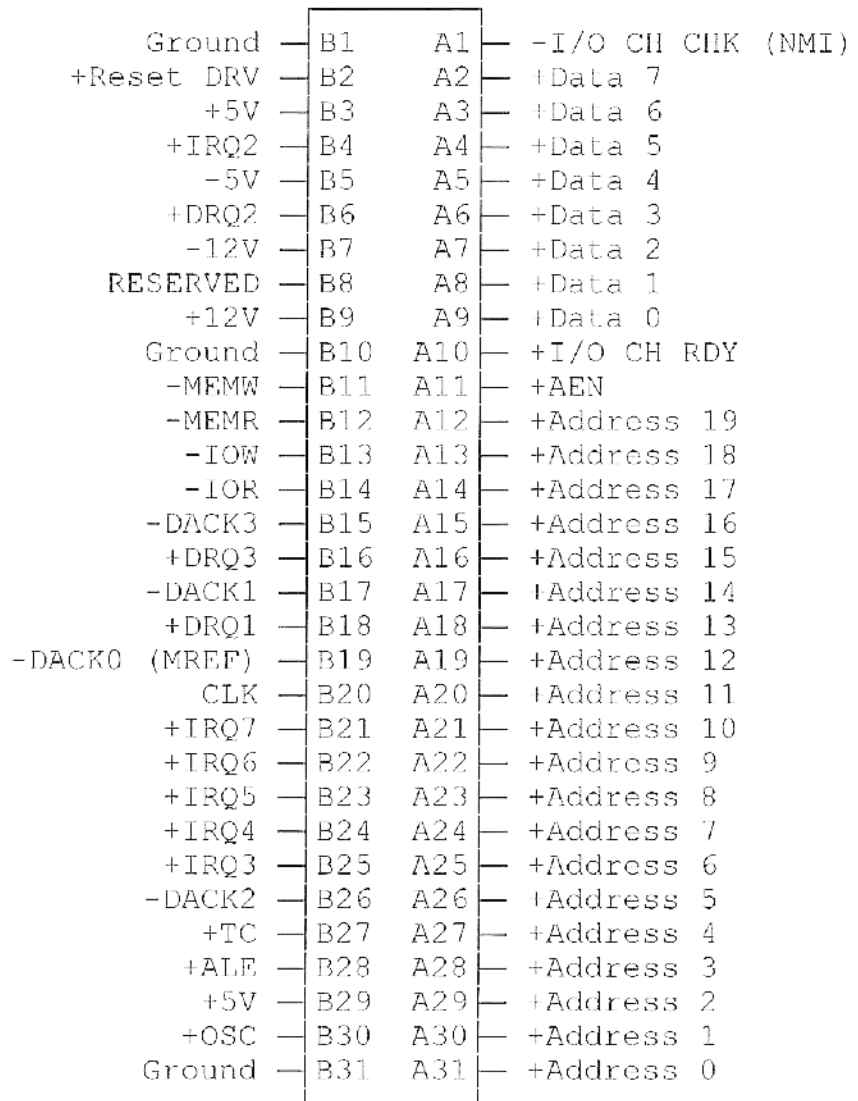


Figura 3.2 Ducto IBM - ISA.

A continuación se describe cada una de 62 las líneas del ducto, las cuales todas son niveles lógicos TTL excepto las señales de poder ($\pm 5v$, $\pm 12v$) y tierra:

RESET DRV:

RESET DRV (*reset driver - reinicialización del manejador*) es una señal de salida que se mantiene alta durante la secuencia de encendido del sistema. Se mantiene activa hasta que todos los niveles hayan alcanzado sus intervalos de operación específicos, luego esta se desactiva. Se activa o se desactiva en el flanco de bajada de OSC.

*I/O CH CK:

La señal I/O CH CK (*I/O channel check - verificación de los canales de entrada / salida*) es activa baja y de entrada, usada para reportar condiciones de errores en las tarjetas de interfase conectadas al ducto. Cuando la señal esta baja, se genera una interrupción no mascarable (NMI), con esto se detecta la presencia de algún error. Esta línea es usada para reportar errores de paridad en las tarjetas de interfase conectadas al ducto.

I/O CH RDY:

La señal I/O CH RDY (*I/O channel ready - canal de entrada / salida listo*) es de entrada (con colector abierto), es utilizada para extender la duración de los ciclos del ducto, para que la memoria o los puertos de entrada/salida que no sean lo suficientemente rápidos de responder en un ciclo de ducto normal (4 ciclos de reloj), puedan ser utilizados en el ducto del sistema.

IRQ2 .. IRQ7:

Estas (*interrupt requests - petición de interrupción*) son de entrada, se utilizan por el ducto del sistema para generar peticiones de interrupción al microprocesador. Estas señales van directamente al controlador de interrupciones 8259A. Los programas del BIOS del ROM inicializan el controlador 8259A y la IRQ2 es la de mas alta prioridad y la IRQ7 es la de mas baja prioridad. Si las interrupciones no están enmascaradas, una señal con flanco de subida genera una petición de interrupción al microprocesador. Después de que ocurra el flanco de subida, éste se debe mantener arriba hasta que el microprocesador genere una señal de reconocimiento de interrupción (*INTA- interrupt acknowledge - reconocimiento de interrupción*).

DRQ1 .. DRQ3:

Las líneas DRQ1 hasta la DRQ2 (*direct memory access request - petición de acceso directo a memoria*) son activas altas y de entrada, usadas por la interfase para solicitar ciclos de datos. Si un dispositivo o lógica de interfase quiere transferir datos entre este mismo y la memoria sin la intervención del microprocesador, la petición es inicializada por un flanco de subida de la línea DRQ.

***DACK0 .. *DACK3:**

Las señales DACK0 hasta DACK3 (*direct memory access acknowledge - reconocimiento de acceso directo a memoria*) son activas bajas y de salida. Estas indican que el DRQ correspondiente ha sido aceptado y que el controlador del DMA tomará el ducto y procederá con el ciclo DMA solicitado.

***MEMW:**

La señal MEMW (*memory write - escritura a memoria*) es activa baja, se utiliza para escribir datos desde el ducto del sistema hacia la memoria. El ciclo indica que la dirección del ducto contiene la dirección de una localidad de memoria en donde los datos del ducto de datos serán escritos.

***MEMR:**

La señal MEMR (*memory read - lectura a memoria*) es activa baja y de salida, utilizada para la petición de lectura de datos a la memoria. Indica que la dirección del ducto contiene una dirección válida de memoria.

***IOR:**

La señal *IOR (*I/O read - lectura de entrada / salida*) es activa baja y de salida. Se utiliza para indicar a los puertos de entrada/salida que el ciclo

del ducto es un ciclo de lectura de puertos de entrada/salida y que las direcciones del ducto son direcciones de un puerto.

*IOW:

La señal *IOW (*I/O write - escritura de entrada / salida*) es activa baja y de salida. Indica que las direcciones del ducto contienen una dirección de un puerto de entrada/salida y el ducto de datos contiene los datos que van a ser escritos al puerto.

+T/C:

La señal TC (*terminal count - cuenta terminal*) es de salida, y es manejada por el controlador DMA. Esta indica que uno de los canales del DMA ha llegado a sus ciclos de transferencia preprogramados. Esta señal es típicamente utilizada para terminar el bloque de transferencia del DMA.

AEN:

La señal AEN (*address enable - direcciones habilitadas*) es activa alta y es de salida, manejada por la lógica de control del DMA. Sirve para indicar que un ciclo DMA esté en proceso. Habilita el ducto de control y direcciones desde el controlador de DMA. AEN deshabilita la decodificación de direcciones de puertos de entrada/salida.

ALE:

La señal ALE (*address latch enable - cerrojo de direcciones habilitado*) es de salida y es manejada por el controlador de ducto 8288 (en XT). Es utilizada para indicar que las direcciones del ducto son validas. La ALE no se activa durante los ciclos DMA.

OSC:

La señal OSC (*oscillator - oscilador*) es un señal de salida con una frecuencia de 14.31818 Mhz. y un periodo de aproximadamente 70n, en una computadora XT. Tiene un ciclo de trabajo del 50%. La frecuencia de OSC es la más alta en el ducto.

CLK:

La señal CLK (*clock - reloj*) se deriva de la señal OSC. Es una señal de salida. La señal CLK es obtenida dividiendo la señal OSC por 3. Esta señal esta bien sincronizada con respecto a los ciclos de control de escritura y lectura de memoria, puede usarse para generar estados de espera.

D0 .. D7:

Las líneas D0 hasta D7 son líneas de datos bidireccionales usadas para transmitir datos entre el microprocesador, la memoria y los puertos de entrada/salida.

A0 .. A19:

Son señales de salida, son bits de direcciones de A0 hasta A19 y se usan para direccionar a los sistemas de memoria y dispositivos de entrada / salida (*I/O*). Estas 20 señales son manejadas por el microprocesador durante los ciclos de lectura de memoria, escritura de memoria, lectura de puertos de entrada/salida y escritura de puertos de entrada/salida. Y son manejadas por el controlador de acceso directo a memoria en los ciclos DMA.

Con estas 20 líneas de dirección es posible direccionar hasta 1 Mega byte de la memoria del sistema, pero no todo el espacio direccionable esta disponible para el ducto del sistema. El procesador a través de instrucciones IN y OUT , puede direccionar dispositivos de entrada/salida usando las líneas A0 hasta A15, las demás no se utilizan y se mantienen inactivas durante los ciclos de entrada/salida. Sin embargo en la PC, solo se utilizan para direccionar dispositivos de entrada/salida las líneas A0 hasta A9. Solamente las direcciones 0200h hasta 03FFh de los dispositivos de entrada/salida son validas para el sistema del ducto (existen algunas excepciones).

GND:

Esta es la tierra común del ducto, utilizada para establecer la diferencia de voltaje ($\pm 5V, \pm 12V$).

+5V:

Línea de +5 volts de corriente directa. Esta regulada a un 5% (+4.75 a +5.25 volts cd).

-5V:

Línea de -5 volts de corriente directa. Regulada a un 10% (-4.5 a -5.5 volts cd).

+12V:

Línea de +12 volts de corriente directa. Regulada a un 5% (+11.4 a +12.6 volts cd).

-12V:

Línea de -12 volts de corriente directa. Regulada a un 10% (-10.8 a -13.2 volts cd).

La tabla III.1 presenta los voltajes de la fuente de poder que se pueden utilizar en el ducto IBM - ISA (no se debe de consumir más corriente de la soportada por la ranura del ducto).

Voltaje electrónico directa	Vóto MÁXIMO	Vóto MÍNIMO	Capacitancia (picoFarads)	Resistencia (Ohmios)	Capacitancia Equivale en Resistencia (Ohmios)
+5.0	5.25	4.80	7.0	35.0	0.7
-5.0	5.50	4.60	0.3	1.5	0.03
+12.0	12.6	11.52	2.0	24.0	0.10
-12.0	13.2	10.92	0.25	3.0	0.05

TABLA III.1 Voltajes disponibles en el ducto IBM - ISA.

III.4 REFORZADOR DE LAS SEÑALES DEL DUCTO IBM.

Para utilizar las señales de datos, direcciones y de control de una computadora, se deben reforzar, para que los niveles de voltaje sean iguales en todas las ranuras (*slot*), y así se pueda realizar la transmisión y recepción de las señales con los niveles de voltaje apropiados en los que una computadora pueda trabajar apropiadamente, la figura 3.3 muestra el circuito reforzador de las señales del ducto. El circuito reforzador hace uso de los siguientes circuitos integrados:

U1: El circuito integrado 74LS245 es un transceptor (transmisor - receptor) bidireccional de 8 bits. Este tiene tres estados de operación (1 lógico, 0 lógico y alta impedancia), permite el flujo de datos desde el ducto de la computadora hacia la circuitería de la tarjeta o bien desde la circuitería

de la tarjeta hacia el ducto de la computadora. El flujo de direcciones de datos está determinado por la pata DIR del integrado.

U2 y U3: Se utilizaron dos circuitos integrados 74LS244, este circuito es un reforzador y manejador de ducto de 8 bits de tres estados.

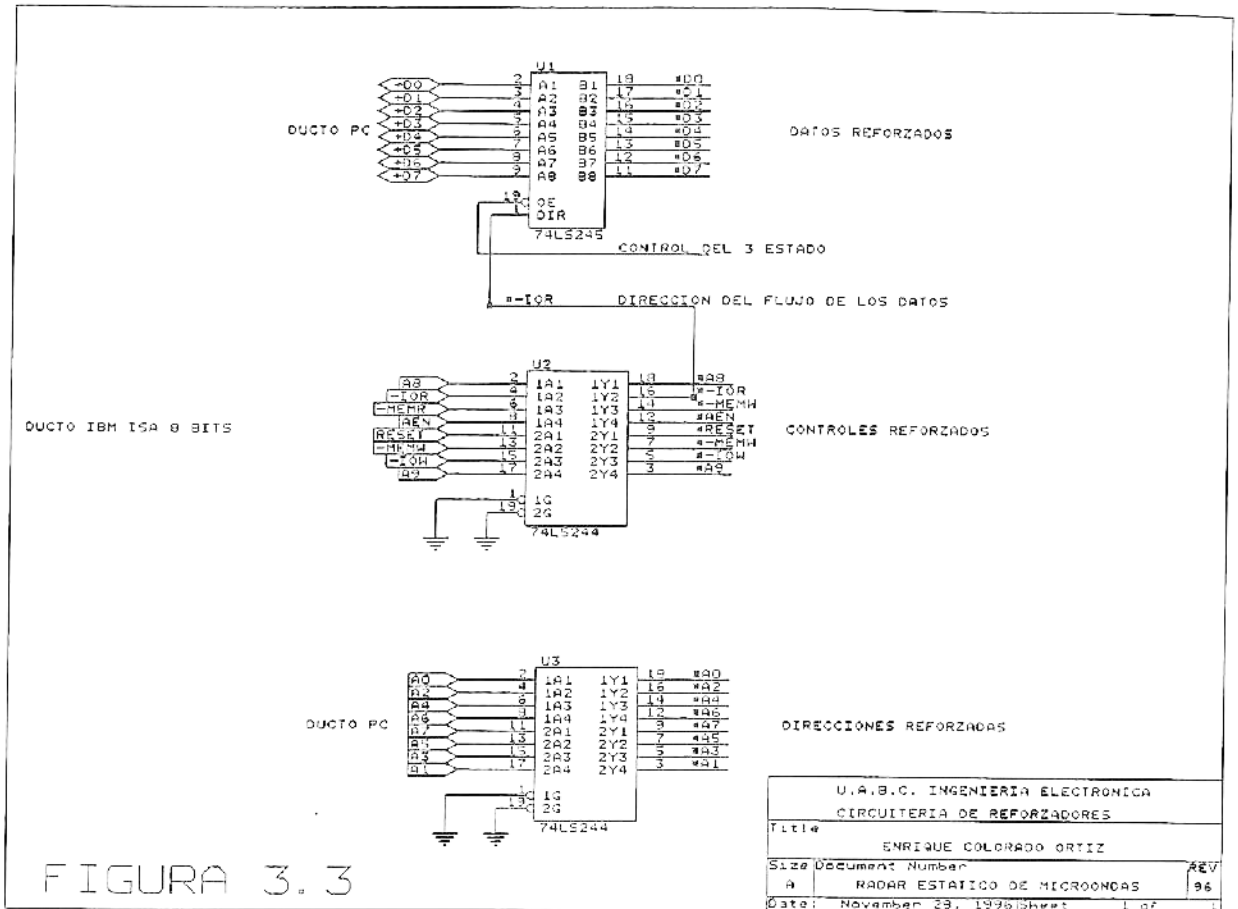


Figura 3.3 Circuito reforzador de las señales utilizadas del ducto.

III.5 CIRCUITO DECODIFICADOR DE DIRECCIONES.

Este circuito se utiliza para decodificar las direcciones que activan los circuitos de la tarjeta, el intervalo de direcciones de la tarjeta esta desde la dirección 300 hasta la dirección 31F en sistema numérico hexadecimal o bien de la dirección 768 hasta la 799 en decimal. Este circuito se muestra en la figura 3.4.

Los circuitos integrados utilizados son:

U4: Circuito integrado 74LS85, comparador lógico de 4 bits.

U7: Circuito integrado 74LS138, decodificador demultiplexor de 3 líneas a 8 líneas. Esto es, con 3 líneas de control seleccionamos cual de las 8 líneas posibles vamos a utilizar. Se utiliza para decodificar las direcciones y activar los circuitos de la tarjeta cuando se escriba o se lea en las direcciones de 300h hasta 31Fh.

U10: Circuito integrado TTL 74LS00, compuertas NAND.

U11: Circuito integrado TTL 74LS08, compuertas AND de 2 entradas.

Para activar algún periférico de la tarjeta se debe de efectuar un ciclo de escritura o lectura, esto hará que exista un 1 lógico a la salida del circuito integrado U10A. Por otra parte debe existir un 1 lógico a la salida del circuito U10B. Esto se logra cuando no existe ningún ciclo DMA, por lo tanto se tiene un cero lógico en la pata AEN, y cuando se tiene un uno lógico en *A8 (existe un 1 lógico cuando se escribe en el intervalo de 300h hasta 31F). Se efectúa con el circuito integrado U12A una operación AND de la salida del circuito U10A y U10B. El circuito integrado U10C deberá tener en su entrada un uno lógico proveniente de la operación AND anterior y otro 1 lógico proveniente del comparador U6. El cero lógico presente a la salida activara al circuito U7 (decodificador de 3 líneas a 8) por medio de la pata G2A. El circuito U7 selecciona una de las 8 líneas, que activara algún dispositivo, con el numero binario presente en las patas *A2, *A3, *A4.

Por otra parte, para controlar las direcciones del flujo de datos se utiliza el circuito UI. Este circuito permite escribir datos desde el ducto de la computadora hacia los periféricos, cuando en la pata DIR se encuentra un uno lógico, por lo contrario, cuando se encuentra un 0 lógico en la pata DIR permite leer direcciones de algún periférico hacia el ducto.

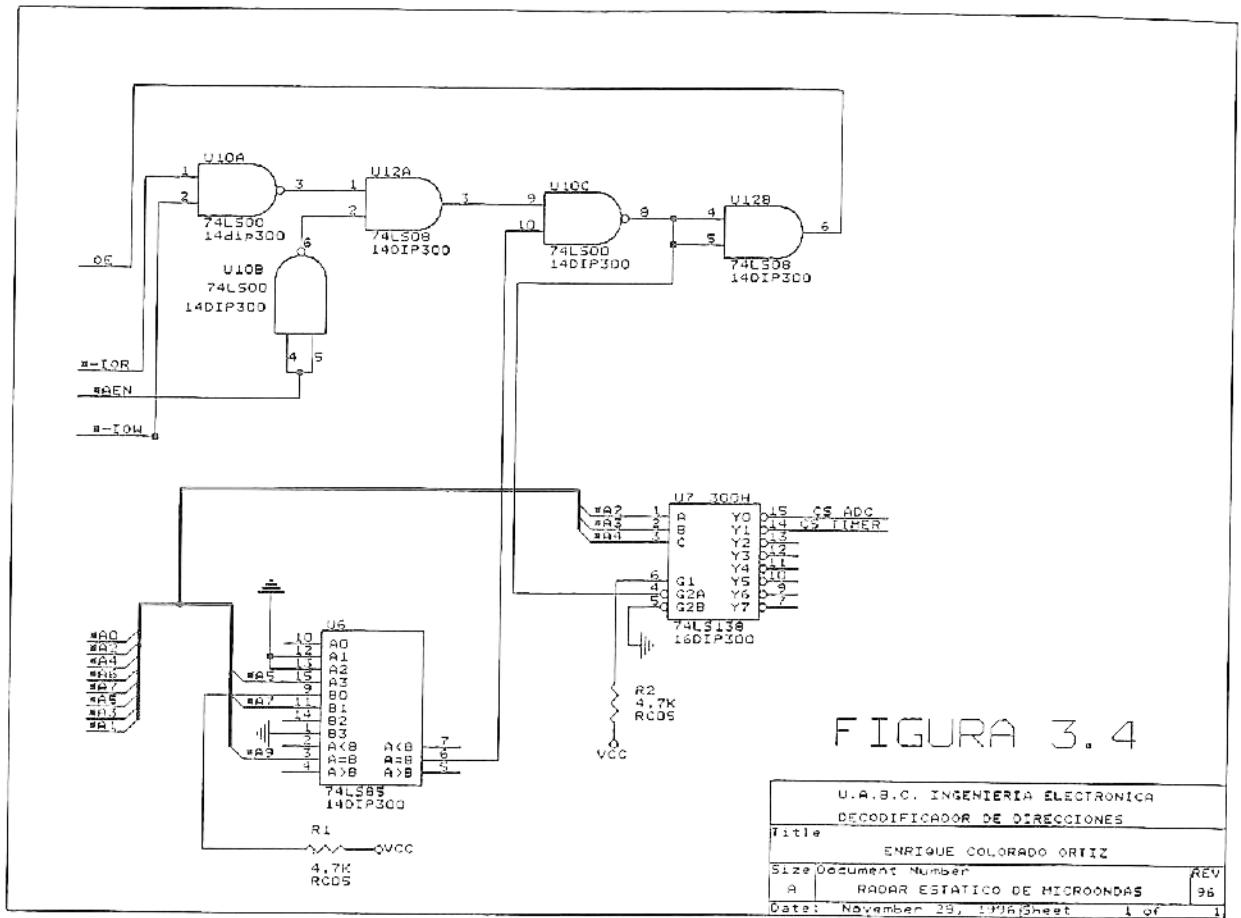


Figura 3.4 Decodificador de direcciones.

III.6. CIRCUITERÍA DEL CONVERTIDOR ANALÓGICO A DIGITAL.

Con el propósito de convertir los datos analógicos, provenientes del circuito detector de microondas, en datos digitales para poder comunicarnos con la computadora y así almacenar y procesar la información, se utiliza un convertidor analógico a digital de 8 bits. La computadora ve al convertidor analógico a digital simplemente como a otro puerto o dispositivo de entrada - salida (*I/O port*).

Las características principales de este convertidor analógico a digital se describen en la sección III.9. La figura 3.5 muestra un esquema de la circuitería.

Para poner en funcionamiento el convertidor analógico a digital es necesario escribir, en la dirección asignada al convertidor por el circuito de decodificación de direcciones (ver tabla III.2), depende de la dirección en se escriba, es el canal que se activa.

Esto va hacer que en la salida de la compuerta NOR (U11B) exista en 1 lógico el cual va a activar el inicio de una conversión analógica a digital. El canal activado será el que esté en las patas A0,A1,A2 del ADC. Al finalizar la conversión, el ADC nos lo indicara con la pata EOC (*End Of Conversions*- fin de conversión).

Para obtener el dato convertido se lee en la dirección del ADC. Esto hace que en la salida de la compuerta NOR (U11A) exista un 1 lógico el cual activa la pata OE (*Output Enable*) del convertidor analógico a digital y así podremos leer los datos D0 hasta D7 los cuales contienen, en binario, el valor convertido en un intervalo de 0 hasta 255.

Para activar los 8 canales del convertidor se utilizaron 2 líneas del decodificador (U7). La primera línea (ADC1) sirve para activar los primeros 4 canales del convertidor, la segunda (ADC2) activa los últimos 4. La compuerta AND (U12C) sirve para unir estas líneas.

La pata CLK (reloj) se utiliza como base de tiempo del convertidor, recibe una señal cuadrada de 500 kHz. generada por el temporizador 8253 (U5). Las entradas analógicas son las IN0 hasta las IN7.

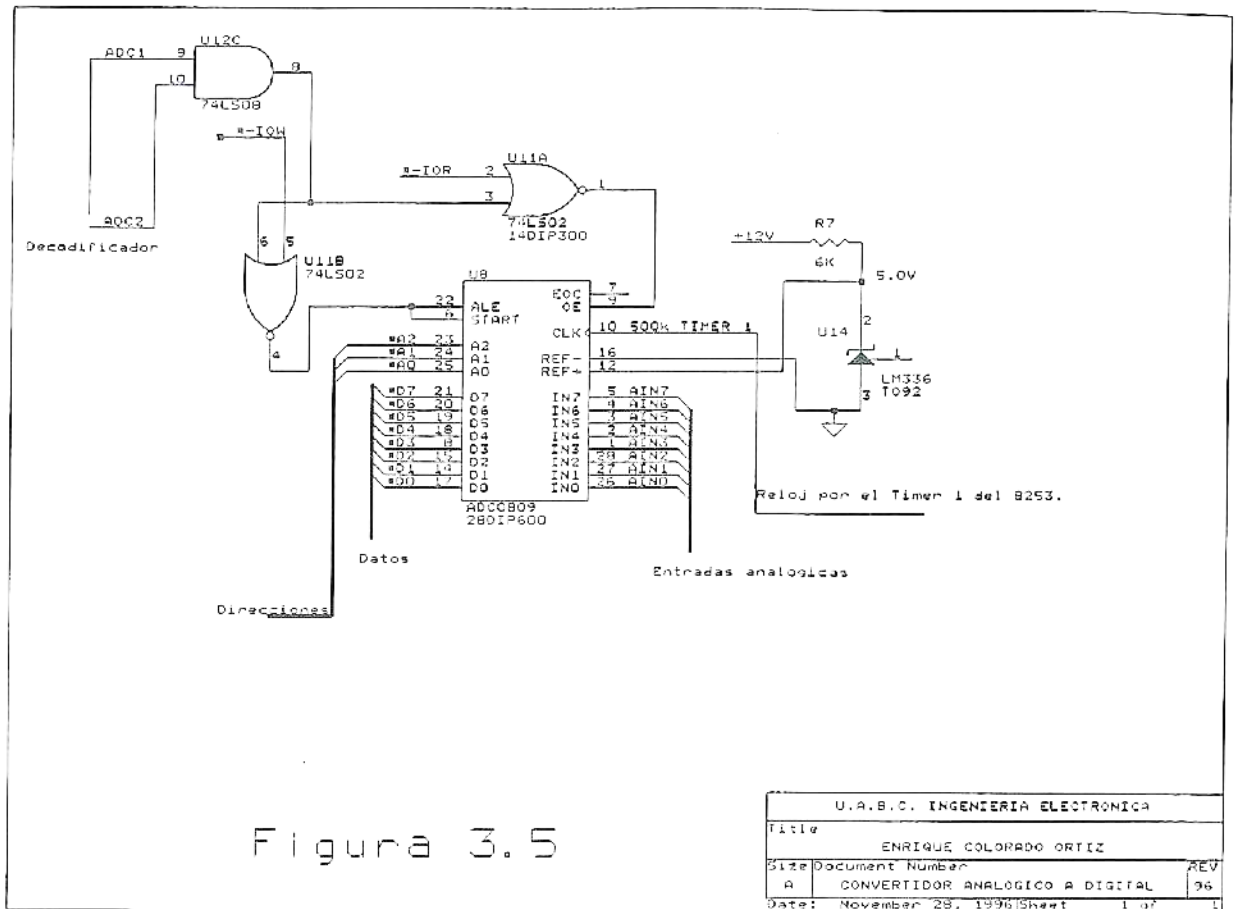


Figura 3.5

Figura 3.5 Circuitería del convertidor analógico a digital.

III.7 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL ANALÓGICA.

El cristal detector de microondas entrega un voltaje negativo del orden de mili-volts, es necesario una etapa de amplificación y de inversión de voltaje, con el propósito de acondicionar la antes de ser convertida a números binarios. Es necesario el circuito integrado U9 , que es un amplificador operacional dual con entrada BiFct, esto debido a que tenemos que tener una entrada de muy alta impedancia por las pequeñas señales de entrada , el U9A se utilizo en la configuración de amplificador inversor, el cual tiene la siguiente ecuación :

$$V_{out} = -\left[\frac{R4}{R3}\right]V_{in}$$

Vout= Voltaje de salida.

Vin=Voltaje de entrada.

R3=Resistencia de 10 KΩ.

R4=Potenciómetro para ajustar la ganancia de amplificación (1 MΩ).

Basándonos en la ecuación anterior, se utilizo un potenciómetro como resistencia de retroalimentación R4, con lo que se ajusta la ganancia del amplificador (se calibra el dispositivo).

Se utiliza un segundo amplificador para tener otra etapa de amplificación mayor, el U9B se utiliza en modo de amplificador no inversor.

La siguiente ecuación, muestra el voltaje de salida del amplificador no inversor.

$$V_{out} = \left[\frac{R5+R6}{R5} \right] V_{in}$$

Vout= Voltaje de salida.

Vin=Voltaje de entrada.

R5= Resistencia de 10 KΩ.

R6= Potenciómetro para ajustar la ganancia de amplificación (1 MΩ).

III.8 CRISTAL DETECTOR DE MICROONDAS:

Para poder recuperar la información de la señal recibida proveniente de la retrodispersión, se utilizó un cristal detector de microondas, el cristal recibe la señal reflejada por la superficie de las olas del océano y la convierte a una señal de corriente directa, demodula la información para así ser procesada por la tarjeta de adquisición de datos.

La corriente de salida es proporcional al cuadrado del valor del campo eléctrico que incide sobre el diodo y constituye una medición directa de la potencia.

Los cristales detectores se emplean ampliamente en campos de microondas por sus características de sensibilidad y simplicidad. Su extremadamente pequeño tamaño de los semiconductores que lo componen hacen que se limite su capacidad de potencia; 100 mW son suficientes para dañar un cristal.

III.9 CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES.

La tarjeta de adquisición de datos de 8 bits tiene 8 canales para adquirir señales analógicas; el canal 1 tiene una circuitería de acondicionamiento de la señal para recibir señales negativas muy pequeñas en el orden de milivolts y los canales restantes están conectados directamente al convertidor. El intervalo de operación de estos canales es de 0 a 5 volts. Esta tarjeta tiene tres temporizadores, de los cuales uno se utiliza para generar interrupciones para tener una frecuencia de muestreo exacta y otro se utiliza como base de tiempo del convertidor, siempre genera una señal cuadrada a una frecuencia de 500kHz, el tercer temporizador está disponible.

U8: Convertidor analógico a digital ADC0809 de 8 bits compatible con microprocesadores con un multiplexor de 8 canales. El convertidor utiliza la técnica de conversión de aproximaciones sucesivas.

El diseño de este convertidor ADC0809 ha sido optimizado incorporando los aspectos más deseables de los convertidores analógicos a digital. Este ofrece una buena velocidad para nuestra aplicación (100 μ S), una dependencia mínima de temperatura, una excelente precisión y repetibilidad.

Estas son las especificaciones de la hoja de datos del convertidor:

- Resolución de 8 bits.
- Error total de ± 1 LSB.
- No códigos perdidos.
- Tiempo de conversión de 100 μ S.
- Utiliza una sola fuente de voltaje de 5.0 volts.
- Multiplexor analógico de 8 canales con lógica de control con cerrojo (*latched*).
- Compatible con microprocesadores.
- Las salidas cumplen con las especificaciones TTL.
- El intervalo de voltaje analógico es de 0 a 5 volts.
- No se requiere un ajuste de escala.
- El intervalo de temperatura de operación es de -40°C a $+ 85^{\circ}\text{C}$.
- Consumo de potencia de 15 mW.
- Salidas con cerrojos (*latched*) de 3 estados.

Para escoger los canales del convertidor analógico a digital se utilizan las direcciones que se ilustran en la tabla III.2.

DIRECCIÓN (HEXADECIMAL)	CANAL ANALÓGICO
300	1
301	2
302	3
303	4
304	5
305	6
306	7
307	8

TABLA III.2 Direcciones del ADC.

U9: Amplificador operacional de banda amplia con entrada JFET (LF 353), se emplea en la etapa de acondicionamiento de la señal analógica a un intervalo de 0-5Vdc (ver sección III.7). Las principales características de este IC son las siguientes:

- Voltaje de Offset internamente balanceado. 10mV.
- Amplia ganancia en ancho de banda 4MHz..
- Alto slew rate 13v/ μ s.
- Alta impedancia de entrada $10^{12}\Omega$.
- Baja corriente de salida 3.6mA.
- Baja corriente de polarización 50pA.

U14: Circuito integrado de referencia de voltaje a 5.0 Volts

(LM 336-5.0v), es utilizado para que el convertidor analógico a digital tenga una referencia exacta de 5 Volts.

U5: Temporizador programable 8253. Contiene 3 contadores / temporizadores de 16 bits multi-modos, independientes y programables. La interfase es directa al ducto del microprocesador y este lo toma como un puerto de entrada/salida.

Estas son las especificaciones de la hoja de datos del temporizador:

- 3 independientes temporizadores / contadores de 16 bits.
- El intervalo del reloj es de DC hasta 5 Mhz.
- El contador tiene varios modos programables.
- Utiliza cuenta binaria o BCD.

- Alimentación: +5.0 volts.
- Encapsulado DIP de 24 patas.

La tabla III.3 muestra como los contadores son manipulados por las señales de entrada de lectura y escritura, aquí se muestran las funciones del temporizador.

*CS	*RD	*WR	A1	A2	FUNCIÓN
0	1	0	0	0	Cargar contador # 0
0	1	0	0	1	Cargar contador # 1
0	1	0	1	0	Cargar contador # 2
0	1	0	1	1	Escribir palabra de operación
0	0	1	0	0	Leer contador # 0
0	0	1	0	1	Leer contador # 1
0	0	1	1	0	Leer contador # 2
0	0	1	1	1	No operación, tercer estado
1	X	X	X	X	Deshabilitado, tercer estado
0	1	1	X	X	No operación, tercer estado

TABLA III.3A Direcciones de los modos de operación del temporizador.

La tabla III.3B es muy parecida a la anterior, solo que ahora se utiliza las direcciones de los puertos asignados a estas funciones del temporizador.

DIRECCIÓN	*RD	*WR	FUNCIONES
308	1	0	Cargar contador # 0
309	1	0	Cargar contador # 1
30A	1	0	Cargar contador # 2
30B	1	0	Escribir palabra de operación
308	0	1	Leer contador # 0
309	0	1	Leer contador # 1
30A	0	1	Leer contador # 2
30B	0	1	No operación, tercer estado
otra	X	X	Deshabilitado, tercer estado

* Señal activa baja.

TABLA III.3B Direcciones de los modos de operación del temporizador.

La palabra de operación tiene el siguiente formato:

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
SC1	SC0	RL1	RL0	M2	M1	M0	BCD

TABLA III.4 Formato de la palabra de operación.

Donde:

- SC - Se utiliza para seleccionar el contador.

SCI	SCD	FUNCIÓN
0	0	SELECCIONAR CONTADOR 1
0	1	SELECCIONAR CONTADOR 1
1	0	SELECCIONAR CONTADOR 2
1	1	INVALIDO

TABLA III.4A Opciones de configuración.

- RL - Significa lectura o escritura.

RLI	RI0	FUNCIÓN
0	0	OPERACIÓN DE CERROJO DEL CONTADOR
1	0	LEER O ESCRIBIR EL BYTE MAS SIGNIFICATIVO
0	1	LEER O ESCRIBIR EL BYTE MENOS SIGNIFICATIVO
1	1	LEER O ESCRIBIR EL BYTE MENOS SIGNIFICATIVO PRIMERO Y DESPUÉS EL MAS SIGNIFICATIVO

TABLA III.4B Opciones de configuración.

- M - MODO.

M0?	M1	M0	FUNCION
0	0	0	MODO 0
0	0	1	MODO 1
X	1	0	MODO 2
X	1	1	MODO 3
1	0	0	MODO 4
1	0	1	MODO 5

TABLA III.4C Opciones de configuración.

MODO 0. Interrupción en cuenta terminal.

MODO 1. Un solo disparo programable.

MODO 2. Generador de ciclos de reloj.

MODO 3. Generador de onda cuadrada.

MODO 4. Disparo por software.

MODO 5. Disparo por hardware.

Para mayor información ver las hojas de datos de algún manual del fabricante del 8253.

- BCD.

0	CONTADOR BINARIO DE 16 BITS
1	CONTADOR BCD, 4 DÉCADAS

TABLA III.4D Opciones de configuración.

Las señales del conector DB25 son las siguientes:

PIN	SEÑAL
1	Señal proveniente del cristal detector de microondas.
2	-12 Volts
3	Entrada al canal analógico #3 del ADC.
4	Chip select 6.
5	Entrada al canal analógico #5 del ADC.
6	Temporizador 2.
7	Entrada al canal analógico #4 del ADC.
8	Entrada al canal analógico #6 del ADC.
9	Chip select 5.
10	Entrada al canal analógico #7 del ADC.
11	No se utiliza.
12	Chip Select 4.
13	Entrada al canal analógico #1 del ADC.
14	+12 Volts
15	GND
16	GND
17	Tierra Analógica
18	Tierra Analógica
19	Tierra Analógica
20	Tierra Analógica
21	No se utiliza.
22	Chip Select 7.
23	No se utiliza.
24	No se utiliza.
25	Entrada al canal analógico #2 del ADC.

TABLA III.5 Señales del conector DB25.

Existen dos interruptores (*jumpers*) de configuración, el JP1 y el JP2. El JP1 sirve para configurar la interrupción a utilizar, puede ser la IRQ5 o la IRQ7 o ninguna si está en circuito abierto. Para utilizar la interrupción IRQ5, el jumper va en la parte izquierda del JP1, para la IRQ7 el jumper JP1 va a la derecha. El JP2 sirve para configurar si se va a utilizar el U13 que es un amplificador operacional con ganancia digitalmente programable o no. Si el interruptor JP2 se encuentra en corto circuito se activará el U13. El LF13007 (U13) es un amplificador operacional con ganancia programable digitalmente, este dispositivo es opcional.

III.10 DIAGRAMA DE LA INTERCONEXIÓN DE LOS DISPOSITIVOS, CIRCUITO IMPRESO, Y POSICIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

La figura 3.6 muestra el diagrama de interconexión de la tarjeta, elaborado utilizando el programa OrCAD SDT.

La figura 3.7 muestra el diagrama del circuito impreso elaborado con el programa OrCAD PCB. Primero se muestra el lado de los componentes y después el lado de la soldadura. Mas detalles de la fabricación del circuito impreso se presenta en Felix Arredondo (1996)^[3].

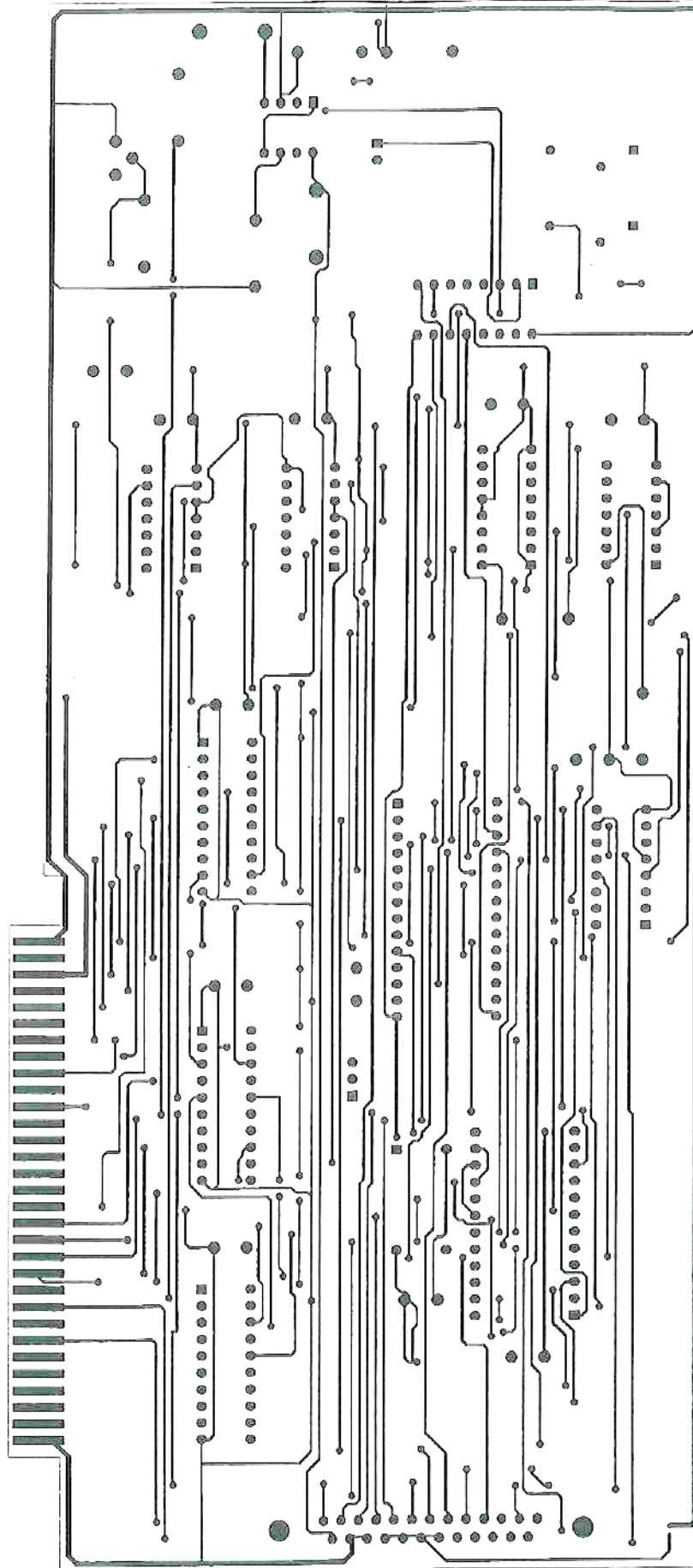


Figura 3.7A
Circuito impreso.

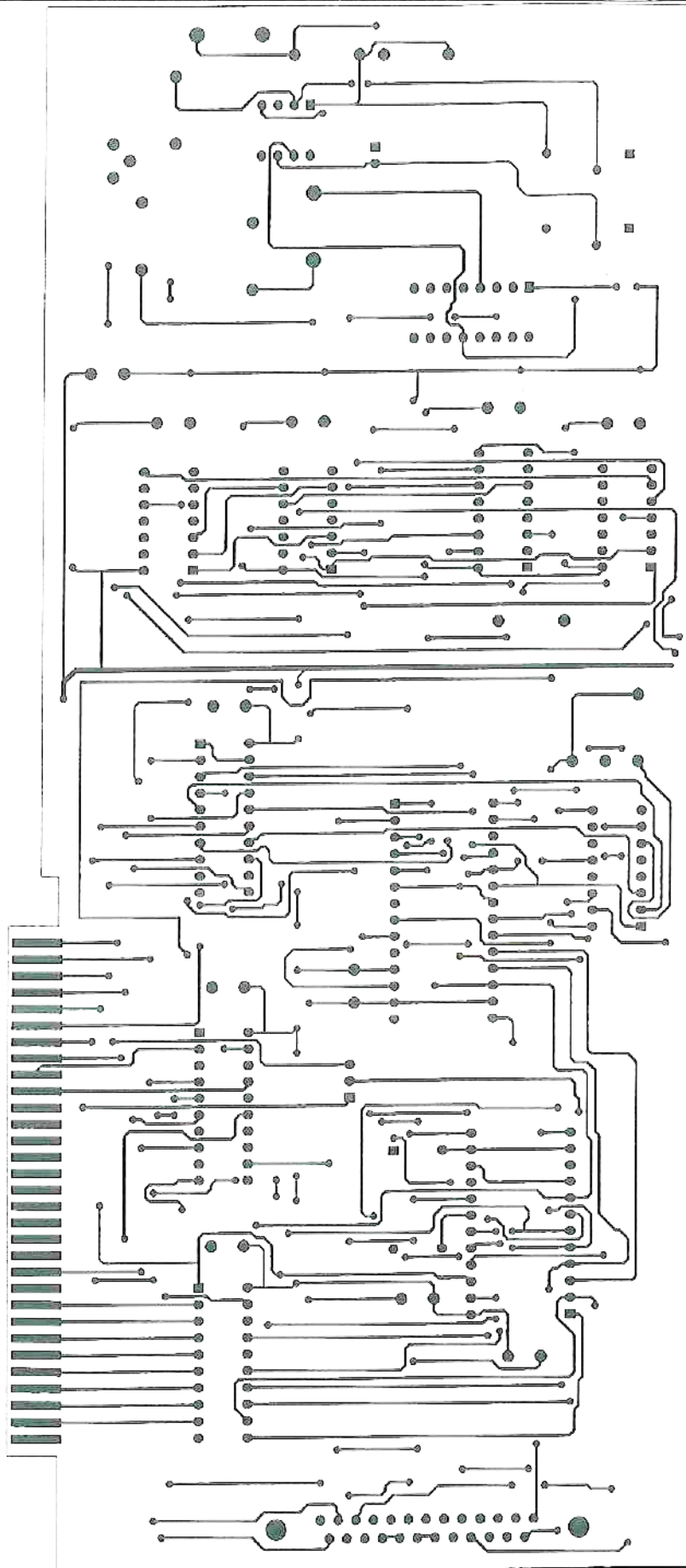


Figura 3.7B
Circuito impreso.

La figura 3.8 muestra el diagrama de la posición de los componentes en el circuito impreso, elaborado con el programa OrCAD PCB.

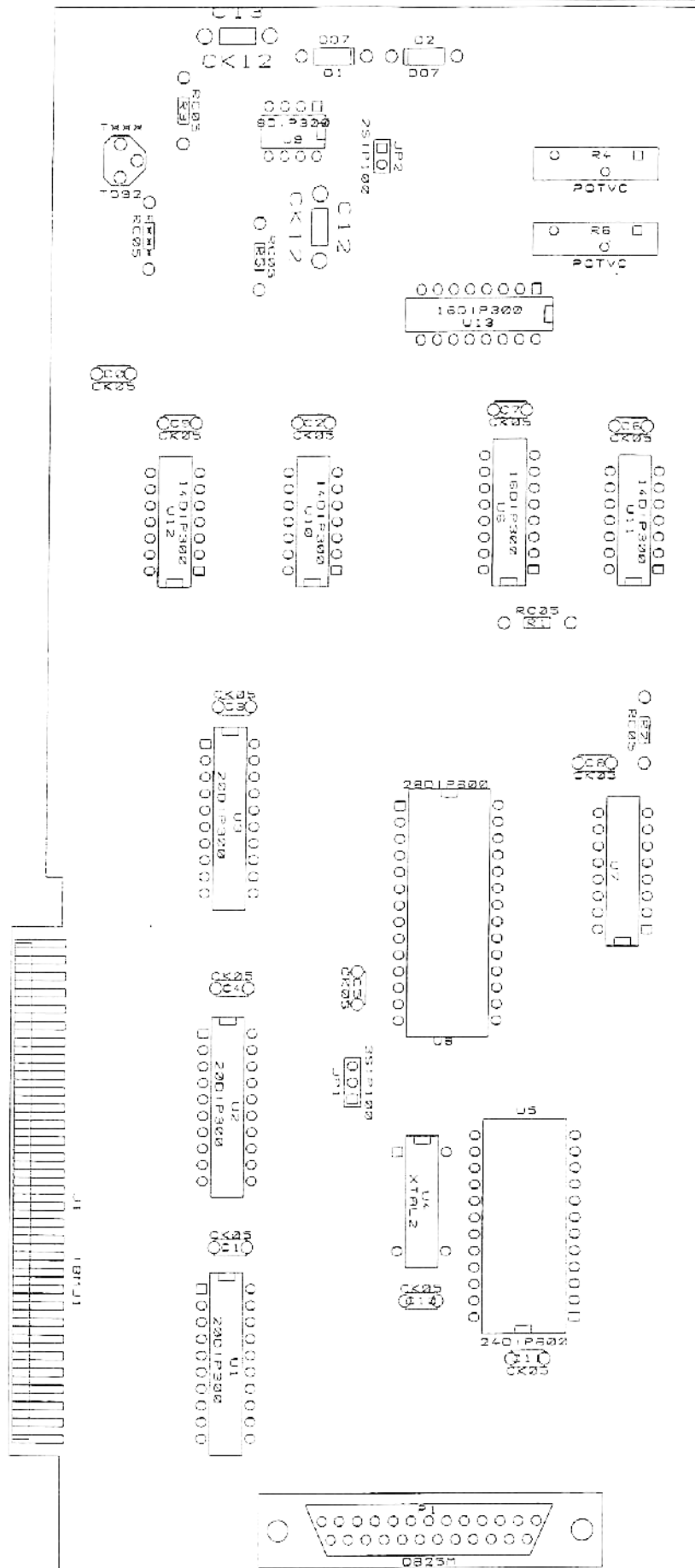


Figura 3.8
Posición de
componentes.



CAPÍTULO IV

PROGRAMA DE CONTROL Y MANEJO DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

IV.1 INTRODUCCIÓN.

Para controlar la tarjeta de adquisición de datos se hizo un programa nombrado “Radar” en turbo C, compilado en Borland C++ versión 3.1. Este programa se hizo específicamente para la tarjeta de adquisición de datos diseñada.

El programa “Radar” tiene la capacidad de visualizar los datos mientras se adquieren, mandarlos a impresora, seleccionar la frecuencia de muestreo, y grabar la información a disco, también puede visualizar los datos grabados anteriormente.

Para utilizar este programa “Radar.exe” se necesita una computadora personal compatible con IBM, un mouse, monitor y tarjeta de vídeo VGA.

IV.2 ALGORITMO PARA LA ADQUISICIÓN DE UNA MUESTRA.

1. Para adquirir una muestra se tienen que seguir los siguientes pasos en la programación: Guardar el vector de interrupción que vamos a utilizar (IRQ5 o IRQ7).
2. Escribir en el vector de interrupción la dirección de nuestra subrutina de atención a la interrupción.
3. Activar o habilitar las líneas IRQ5 o IRQ7 del ducto por medio del PIC.
4. Poner en funcionamiento el temporizador 1 del 8253 con una señal cuadrada de 500 KHz., esto como base de tiempo del convertidor analógico a digital.
5. Escribir en la dirección del convertidor analógico a digital (ver tabla III.2).
6. Habilitar las interrupciones.
7. Esperar a que se genere una interrupción.
8. Atender la interrupción.

9. Leer el convertidor analógico a digital.

10. Restaurar el vector de interrupción utilizado.

Una vez obtenido el dato, se puede grabar, graficar o procesar.

IV.3 EXPLICACIÓN DE LAS OPCIONES DEL MENÚ.

El programa cuenta con 6 opciones, que son las siguientes:

1. Adquirir Datos.- En este menú adquirimos los datos del convertidor y se muestran en la pantalla hasta que se presione cualquier tecla (ver figura 4.3). Si en la configuración se selecciono grabar a disco, pide el tiempo que va a durar la adquisición de datos y la frecuencia de muestreo.
2. Visualizar Datos.- Es posible visualizar los datos grabados en disco (ver figura 4.5).
3. Imprimir Gráfica.- Los datos grabados en disco pueden ser enviados a la impresora.
4. Acerca de- En este menú se muestra la pantalla mostrada en la figura 4.6.

5. Configuración.- Se configura, el número de canales activos de la adquisición de datos y la opción de grabar a disco; al grabar a disco se debe dar el nombre del archivo y se puede escribir una línea de comentario.

6. Salir.- Con esta opción obviamente salimos del programa.

IV.4 UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA.

Para utilizar el programa se debe correr el programa "*Radar.exe*".

NOTA: En el subdirectorio donde se localice el programa "*Radar.exe*" debe existir el archivo "*Cicese.Bgp*" y "*EgaVga.Bgi*" para que el programa se ejecute sin ningún error.

Posteriormente el programa muestra la figura 4.1.

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

*DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA
Y OCEANOLOGIA FISICA*

PROYECTO :

ADQUISICION DE DATOS DEL RADAR
ESTATICO DE MICROONDAS

TARJETA Y PROGRAMACION ELABORADA POR:

ENRIQUE COLORADO ORTIZ

Figura 4.1 Pantalla de presentación.

Se presiona cualquier botón del mouse para continuar y se muestra el menú principal, figura 4.2.

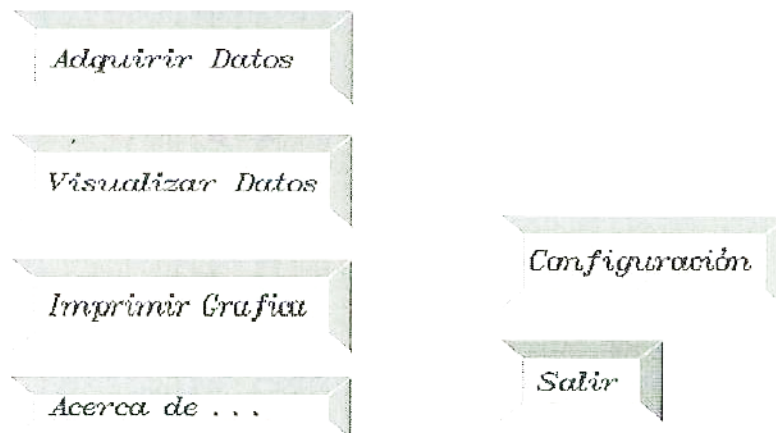


Figura 4.2 Menú principal.

Para Adquirir datos y solamente mostrarlos en el monitor, con el mouse se apunta al botón **“Adquirir Datos”** y se presiona el botón izquierdo del mouse. Con esto se deberá estar viendo los datos adquiridos en el monitor. Se presentará una pantalla similar a la de la figura 4.3.

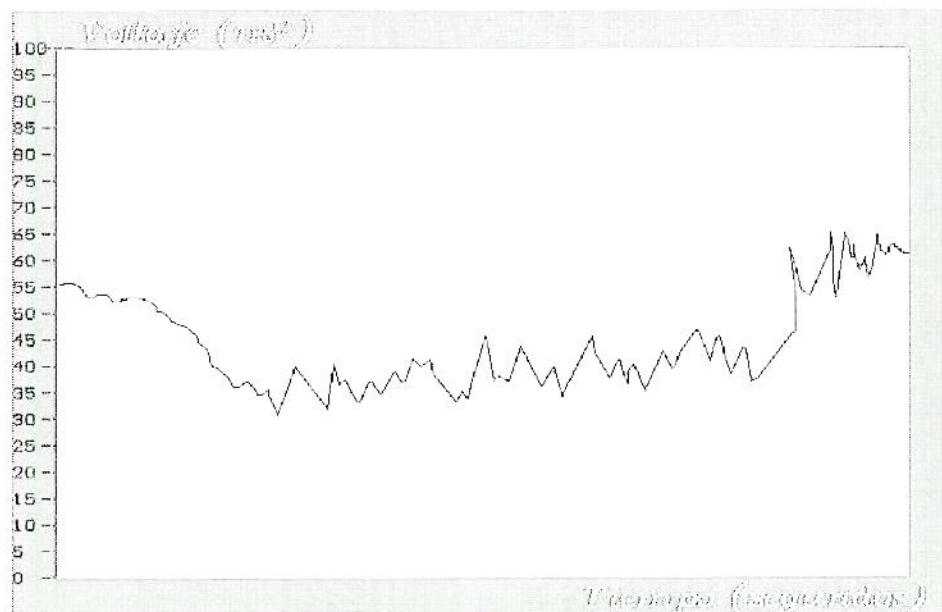


Figura 4.3 Pantalla del menú “Adquirir Datos”.

Para adquirir datos y grabarlos a disco, con el mouse se apunta al botón **“Configuración”** y se presiona el botón izquierdo del mouse. Aparece la pantalla siguiente (figura 4.4):

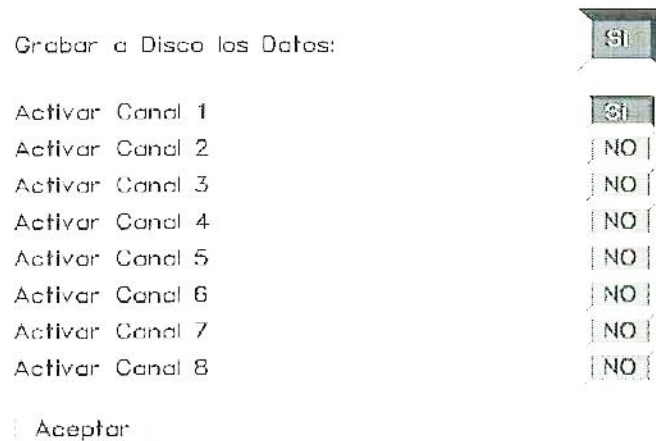


Figura 4.4 Pantalla del menú de configuración.

Con el mouse seleccionamos los canales a utilizar y en la opción de **“Grabar a disco”** la ponemos en **“Si”**. Una vez que esta listo todos los parámetros presionamos en el botón de aceptar. Luego nos pide el nombre del archivo (La extensión de los archivos es por default **“.Eco”**). Después podemos teclear un comentario como recordatorio.

Después nos tenemos que ir al menú de **“Adquirir datos”**, luego damos los segundos que vamos a grabar y por ultimo damos la frecuencia de muestreo, con esto ya empezamos a adquirir datos y grabarlos a disco.

En el menú de **“Visualizar datos”** damos el nombre del archivo que queremos desplegar en pantalla (sin la extensión **.Eco**). Luego se muestra en la pantalla algunos datos de ese archivo en particular como el comentario

dado por nosotros, la fecha de inicio y final de la adquisición de los datos, el número de canales utilizado, la frecuencia de muestreo y el tiempo de muestreo. Presionando cualquier botón del mouse, pasamos a la pantalla que se muestra en la figura 4.5.

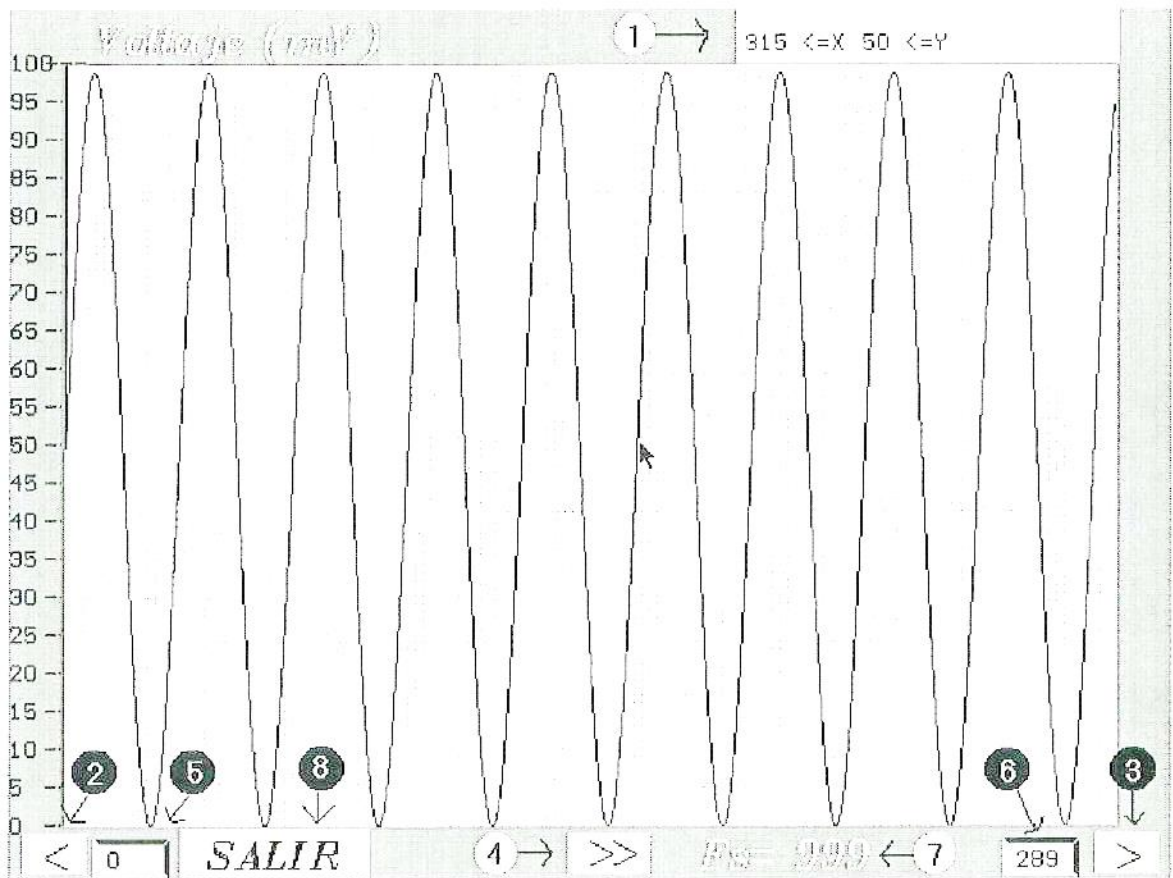


Figura 4.5 Pantalla de "Visualizar Datos".

A continuación se describe las partes que componen la pantalla 4.5.

1. Aquí se muestra el número de muestra en el que la flecha del mouse está posicionada (en X) y en Y se muestra el valor de la muestra en escala de 0 al 100. (El 100 representa al 255 del convertidor).
2. Este botón es para retroceder una pantalla, es decir para ver las muestras desplegadas anteriormente.
3. Este botón se utiliza para avanzar una pantalla, es decir para ver las muestras siguientes del archivo de datos.
4. Este botón se utiliza para ver todas las muestras del archivo de manera continua. Es decir se estará viendo las muestras grabadas hasta el final del archivo o hasta que se presione una tecla.
5. Este indicador señala el número de la primera muestra visualizada en pantalla.
6. Este indicador señala el número de la última muestra visualizada en pantalla.
7. Este indicador nos señala la frecuencia de muestreo a la que fueron adquiridos los datos.

8. Este botón sirve para salir de este menú e ir al menú principal.

Para imprimir un archivo de datos, utilizamos el menú de "**Imprimir gráfica**". Solo damos el nombre del archivo a imprimir (sin la extensión .Eco), preparamos la impresora y presionamos algún botón del mouse y así comenzará la impresión.

NOTA: Recuerde que para imprimir en modo gráfico primero deberá cargar el archivo "**Graphics.com**" del sistema operativo.

En el menú "**Acerca de...**" se muestra la figura 4.6.

Este programa y las tarjetas de adquisición de datos fueron desarrollados para el Proyecto:

” Radar Estático de Microondas Para Medir
La Superficie Del Mar ”

A cargo del Investigador Dr. Francisco J. Ocampo Torres
y del supervisor M.C. Benjamín Ramírez Durán

Esto fue desarrollado como Tesis para obtener el título
INGENIERO EN ELECTRONICA de los pasantes :

ENRIQUE COLORADO ORTIZ
HORACIO FELIX ARREDONDO

Figura 4.6 Pantalla del menú “Acerca de ...”

En el botón “**Salir**” obviamente salimos del programa.

CAPÍTULO V

CARACTERIZACIÓN DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

V.1 INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se describirá las pruebas de laboratorio que se hicieron, utilizando la tarjeta de adquisición de datos; para comprobar el funcionamiento de la tarjeta y de todos sus componentes. También sirvió para tener una relación de potencia de entrada contra el voltaje registrado por la tarjeta de adquisición, esto nos proporciona la referencia de potencia entre datos y voltaje.

V.2 PRUEBAS DE LABORATORIO.

En esta prueba se generó una señal de microondas de 3.650 GHz muy parecida a la recibida por el radar. Conectamos el detector de microondas para obtener una señal eléctrica proporcional a la señal de microondas. Esta señal eléctrica la conectamos a la tarjeta de adquisición de datos, se varió la potencia de salida de las microondas, se midió la salida del voltaje generado con un multímetro y se anotó el valor correspondiente a la adquisición con la computadora.

Con estos datos obtuvimos la gráfica que se muestra en la figura 5.1

V.4 RESULTADOS.

La tabla de los resultados de la caracterización se muestran a continuación:

DATOS	POENCIA (dBm)	VOLTAJE	milli-VOLTS
10	-22	-0.00334	-3.34
20	-20.4	-0.00502	-5.02
30	-18.8	-0.00668	-6.68
40	-17.6	-0.0084	-8.4
50	-16.8	-0.01005	-10.05
60	-16	-0.0117	-11.7
70	-15.6	-0.01334	-13.34
80	-14.8	-0.01509	-15.09
90	-14.4	-0.01666	-16.66
100	-14	-0.01816	-18.16

Tabla V.1 Respuesta característica de la tarjeta de adquisición utilizando el detector de microondas y un generador de microondas para simular la señal recibida por el radar.

Los resultados de las pruebas de laboratorio se muestran en la figura 5.1.

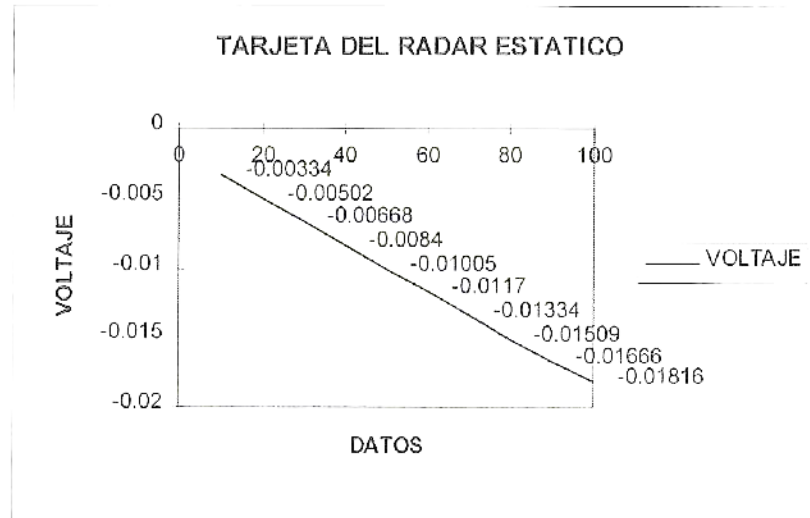


Figura 5.1 Respuesta de voltaje contra los datos obtenidos con la tarjeta de adquisición.

En la figura 5.1 se tiene una gráfica del voltaje entregado por el cristal detector de microondas contra los datos generados por el programa “Radar.exe” usando la tarjeta de adquisición.

La figura 5.2 nos muestra el valor de potencia en dBm entregada por el generador de microondas en contra del valor obtenido con la tarjeta de adquisición.

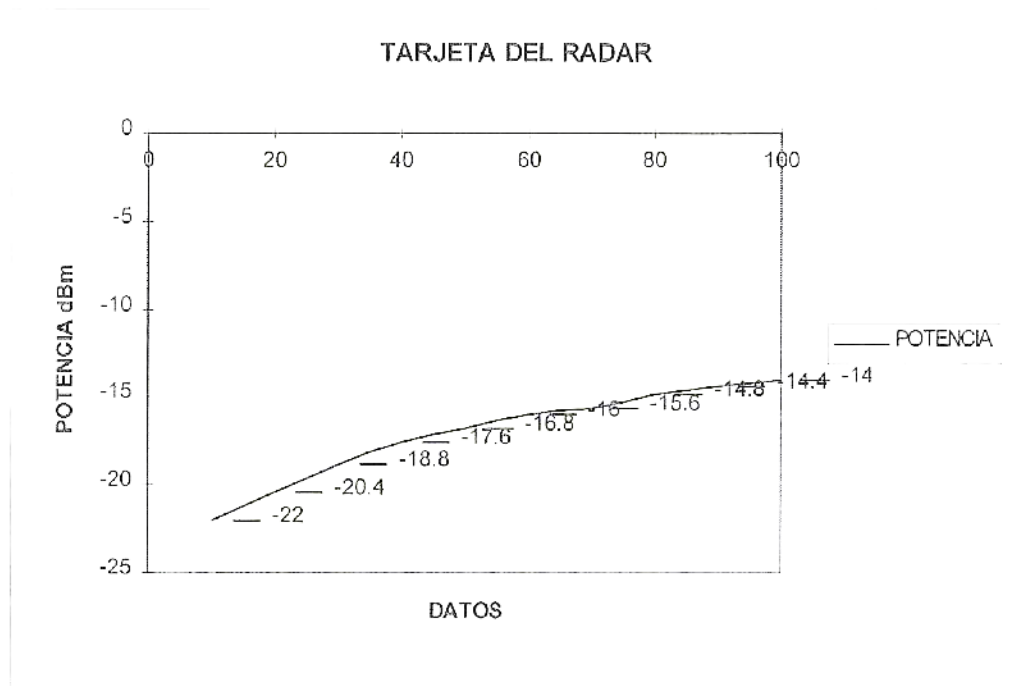


Figura 5.2 Potencia entregada por el generador de microondas contra el valor obtenido con la tarjeta de adquisición de datos.



CAPÍTULO VI

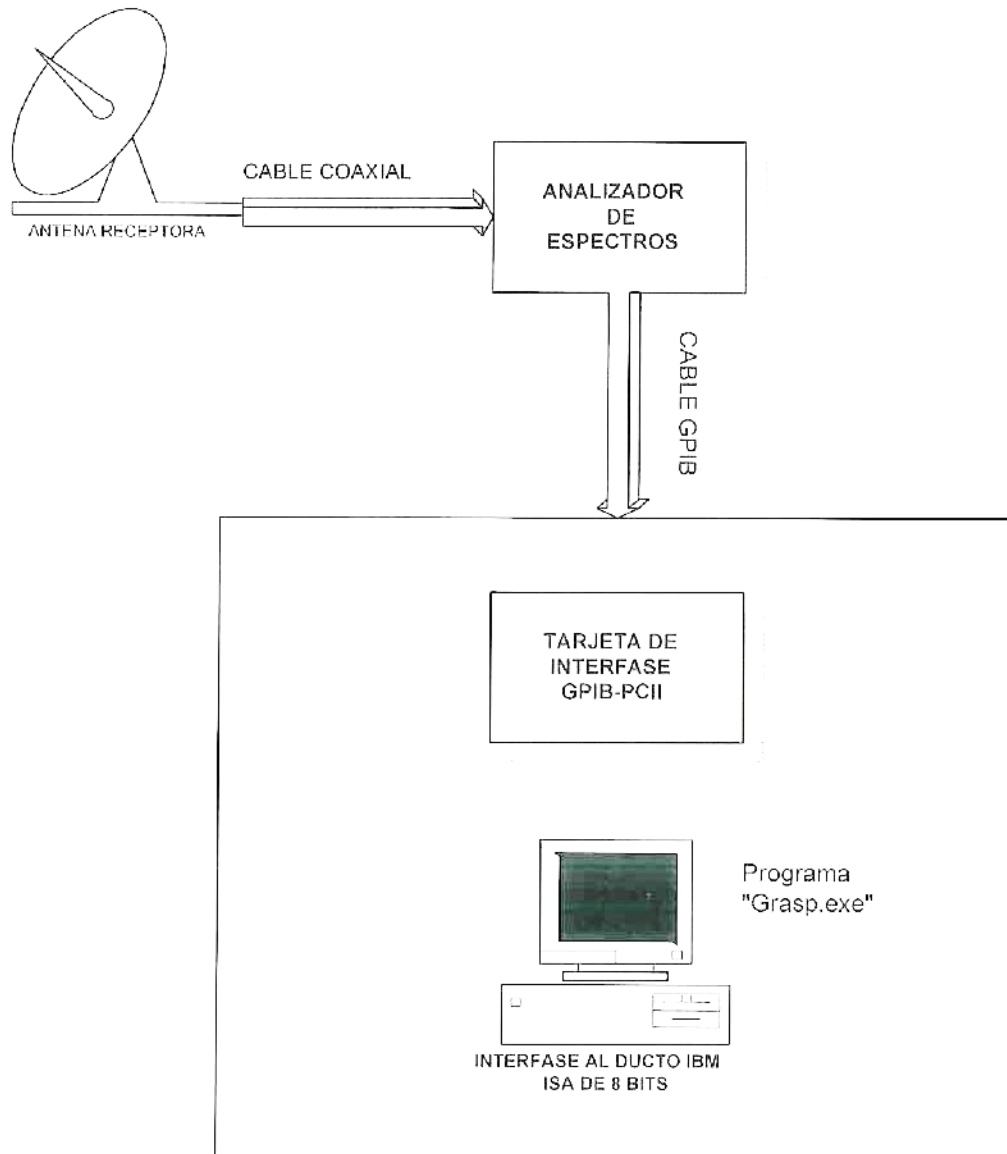
PRUEBAS EXPERIMENTALES.

VI.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe los experimentos realizados con el radar estático de microondas y muestra un diagrama de conexión. La primera prueba fue solo para comprobar que efectivamente sí se reflejaba las ondas de microondas en el mar y se pueden medir con el analizador de espectros. Las últimas pruebas fueron con la tarjeta de adquisición de datos, se estuvo midiendo y grabando en la computadora la señal reflejada por la interacción de las microondas con las olas del mar.

VI.2 INTERCONEXIÓN DEL ANALIZADOR DE ESPECTROS.

En la figura 6.1, se muestra un esquema de conexión del radar con el analizador de espectros y a una computadora personal para grabar las gráficas resultantes.



IEEE 488 , NI-488.2

Figura 6.1 Conexión con el analizador de espectros.

En la figura 6.1 se observa que el radar se conecta directamente al analizador de espectros por medio de cable coaxial. Para poder controlar y adquirir las gráficas de potencia contra frecuencia del analizador de espectros, se utilizó una computadora personal 386 semi-portátil con una tarjeta de interfase GPIB-PCII. Esta se unió al analizador de espectros por medio de un cable GPIB. El software de control y adquisición fue el Grasp GPIB para DOS de National Instruments.

VI.3 PRUEBAS EXPERIMENTALES CON EL ANALIZADOR DE ESPECTROS.

Estas fueron las primeras pruebas hechas con el radar estático de microondas, con el propósito de comprobar la posible detección de la retrodispersión de las microondas cuando estas chocaban con el mar. Estas pruebas se realizaron en el techo del edificio electrónica y telecomunicaciones del CICESE.

En este lugar se tuvo un problema de interferencia debido a que el transmisor y el receptor se encontraban muy cerca. Esto fue por que el transmisor genera lóbulos. Esto hizo que el receptor capturara señal directamente del transmisor.

VI.4 SOLUCIÓN DE PROBLEMAS ENCONTRADOS.

La solución al problema anterior fue sencilla, se alejo al receptor del transmisor. El receptor se puso en frente de la biblioteca del CICESE, así evitamos interferencia del transmisor. En este lugar se realizaron mediciones de la potencia de la señal recibida, del ancho de banda de la señal y de la frecuencia. Ver la sección 6.7 para ver los resultados de las pruebas.

VI.5 INTERCONEXIÓN CON LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

El esquema de interconexión se muestra en la figura 6.2.

CONEXION DE LA TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS

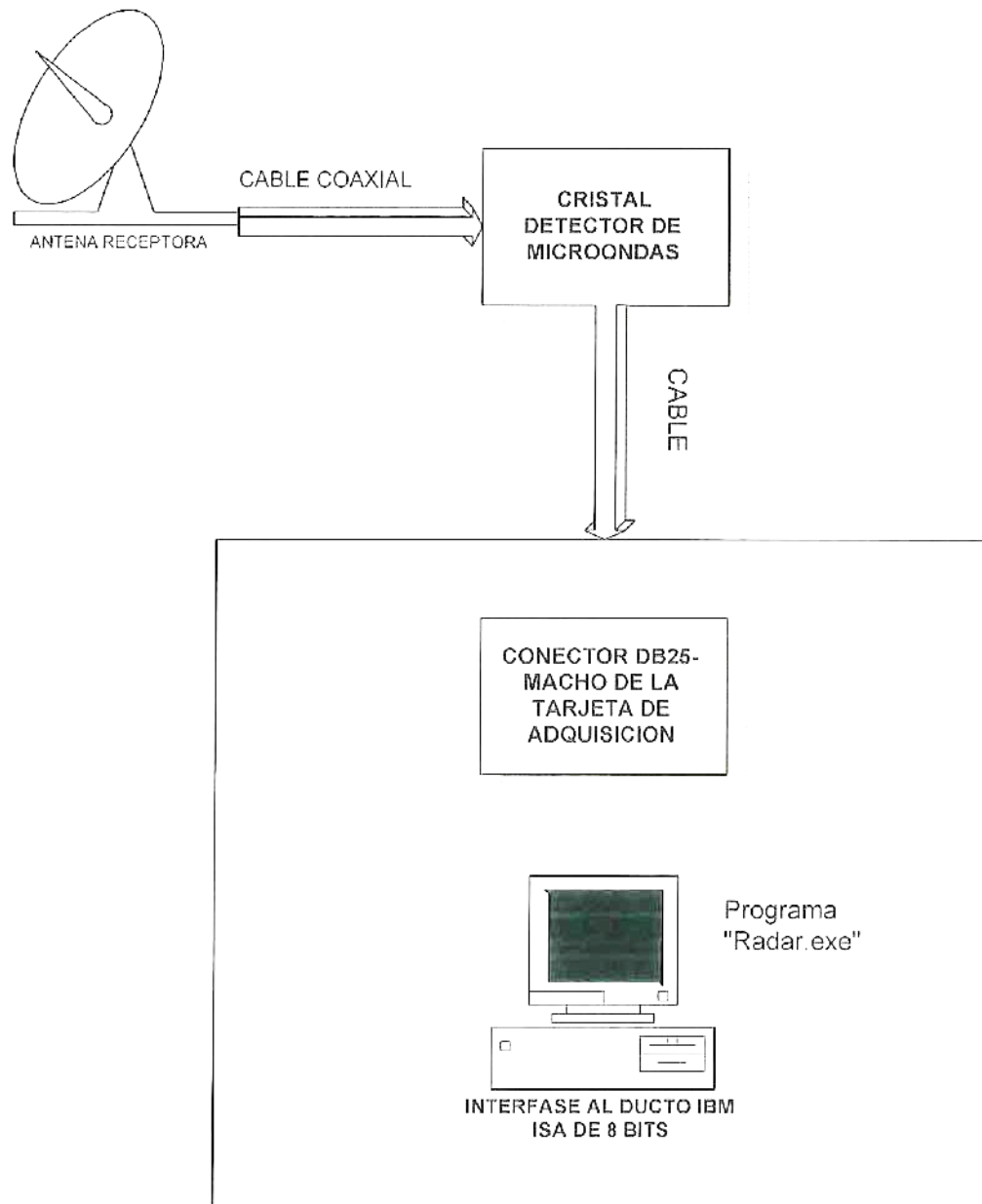


Figura 6.2 Conexión de la tarjeta de adquisición de datos.

La antena receptora se conecta por medio de cable coaxial al cristal detector de microondas, el cristal convierte la señal de microondas a señal de DC, esta es transmitida por cable a un conector DB25 macho el cual se conecta a la tarjeta de adquisición de datos. El software de control para la adquisición se llama “*RADAR.exe*” y fue desarrollado específicamente para esta tarjeta de adquisición (ver capítulo IV para mas información acerca del programa).

La información detallada sobre la conexión del conector DB25 se presenta en la tabla III.5.

VI.6 PRUEBAS EXPERIMENTALES CON LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CON EL ANALIZADOR DE ESPECTROS.

Una vez comprobado la detección de la retrodispersión de las ondas electromagnéticas a 3.650 Ghz., se realizaron pruebas con la tarjeta de adquisición de datos. Se adquirieron datos cada 30 minutos, durante intervalos de 10 minutos, a una frecuencia de 1299 hertz. El experimento se realizo durante 5 días. Se tomaron muestras del espectros cada 15 minutos.

VI.7 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS.

Las siguientes gráficas (6.3 a,b,c), fueron obtenidas con la tarjeta de adquisición de datos.

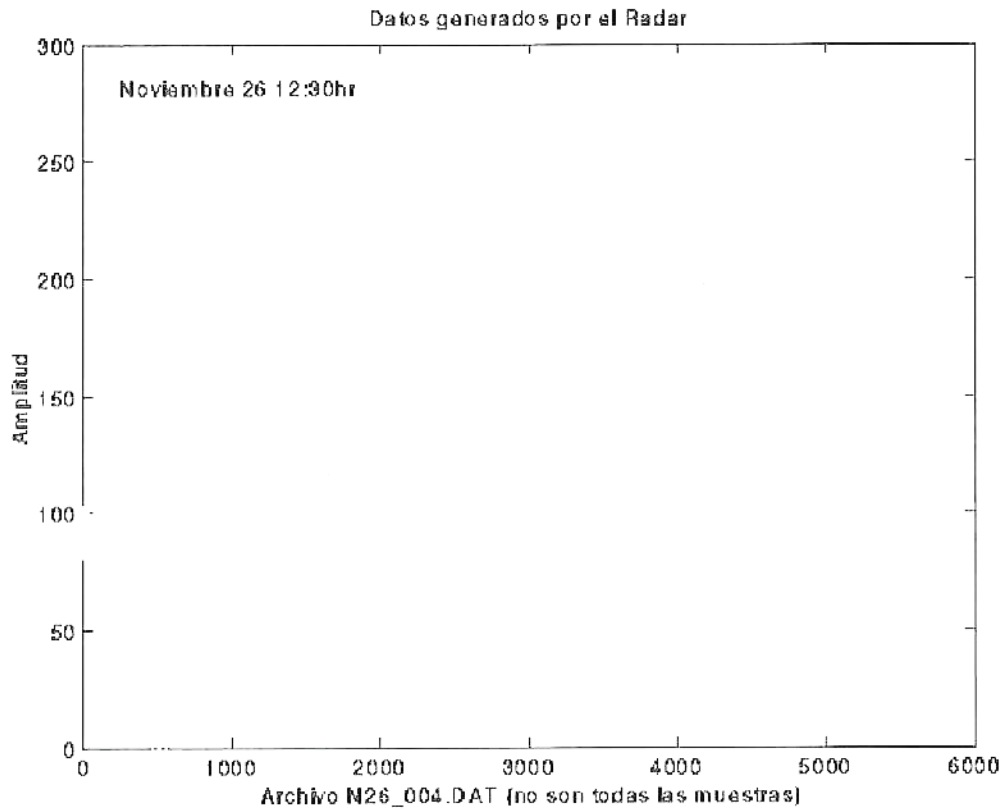


Figura 6.3a Señal Adquirida con la tarjeta de adquisición.

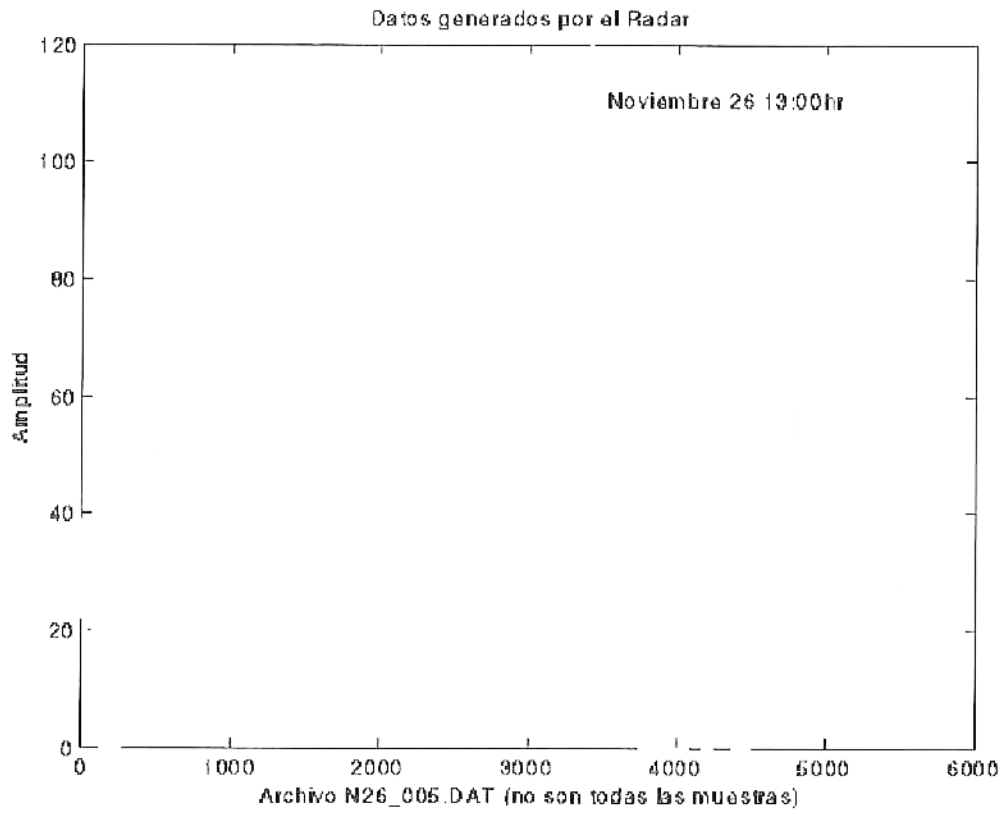


Figura 6.3b Señal Adquirida con la tarjeta de adquisición.

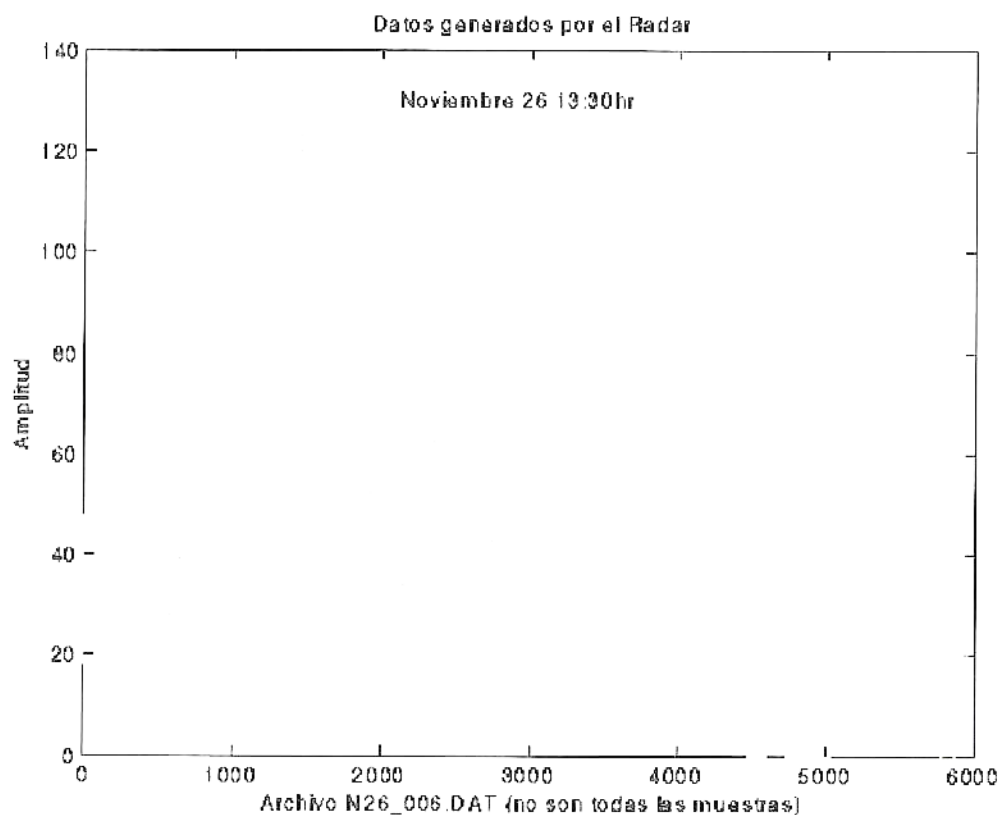


Figura 6.3b Señal Adquirida con la tarjeta de adquisición.

Las figuras 6.4 (a,b,c) muestra gráficas obtenidas por el analizador de espectros. El eje Y representa la amplitud de la señal recibida, el eje X representa el número de muestra.

En esas gráficas podemos observar la potencia recibida, el ancho de banda, y la relación señal a ruido.

REF LEVEL		FREQUENCY	SPAN
-30DBM	*	3.65GHZ	100MHZ
-62.8DBM		3.64GHZ	



10DB/	T	0DB	1.7-5.5	INT	3MHZ
VERT		ATTN	RANGE	VIDF	RES
	ruido		Acquired	02:08:19/07-03-1995	

Figura 6.4a Espectros de Ruido

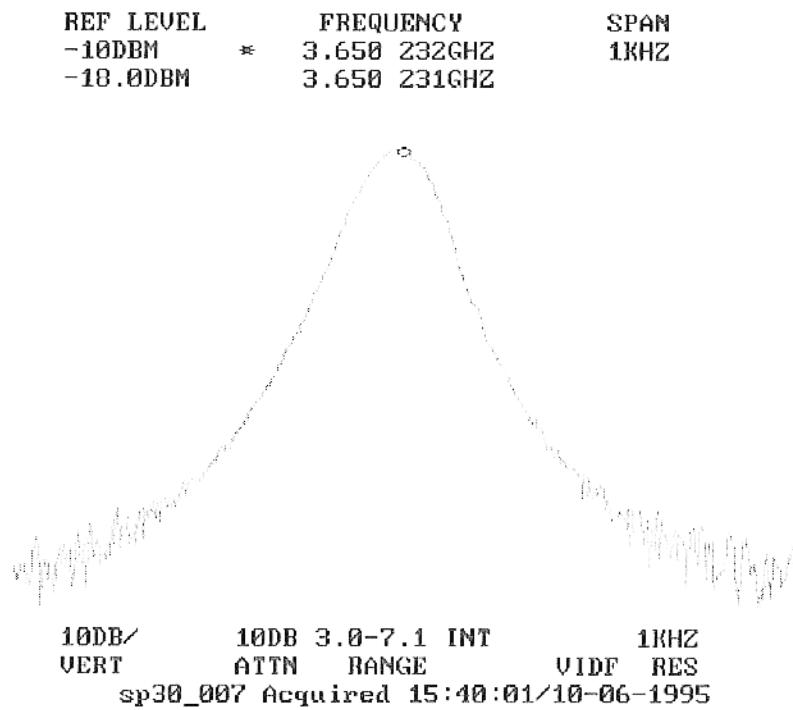


Figura 6.4b Espectros de la señal recibida.

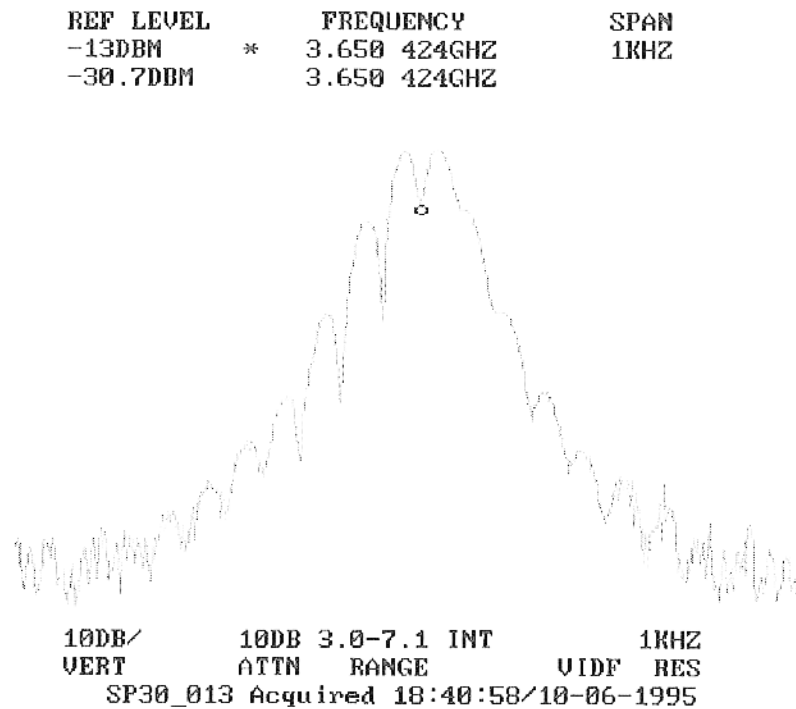


Figura 6.4c Espectros de la señal recibida.

En la figura 6.4a tenemos los espectros de la zona sin haber activado el radar, esta gráfica nos muestra el ruido electromagnético de la región donde opera el radar.

En las figuras 6.4b y 6.4c tenemos los espectros de las señales recibidas. En la figura 6.4b se observa la portadora de la señal a 3.650 GHz.

La diferencia consiste en que la figura 6.4c se recibió mas señal de la retrodispersión, por la interacción de las microondas con las olas del océano, haciendo más visible esta modulación en la gráfica.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES.

Por la realización los primeros experimentos con el radar estático de microondas, podemos concluir que efectivamente al radiar energía electromagnética de 3.650 GHz. existe una retrodispersión que fue posible detectar con el receptor. Esta retrodispersión es por reflexión de las microondas al chocar con las olas del océano y por la rugosidad de la superficie.

Otro aspecto importante es que debido a la interacción entre las microondas y las olas del océano que se presentan en la superficie es posible inferir información de algunas características de la superficie del mar, en efecto de cualquier fenómeno oceanográfico que se manifieste en la superficie

Por otra parte la tarjeta de adquisición cumple con el objetivo, adquirir señales débiles provenientes del radar y a una frecuencia descada, con la posibilidad de conectarle otros 7 sensores.

Utilizando el programa "Radar" controlamos la tarjeta de adquisición, la interfase gráfica facilito su manejo.

CAPÍTULO VIII.

BIBLIOGRAFÍA.

- Albert Guissard. The Physics of Surface Scattering. Laboratoire de Télécommunicationset Télédétection. Université Catholique De Louvain.
- Data Conversion Acquisition Databook. 1984. National Semiconductor Corporation.
- ^[3]Felix Arredondo, Luis Horacio. 1996. Radar Estatico De Microondas En Banda X Para El Analisis En Un Canal De Generacion De Olas.
- Folkart Feindt, Volkmar Wismann. 1986. Airborne Measurements Of The Ocean Radar Cross. Section at 5.6 GHz as a Function of Wind Speed. Radio Science, Volume 21. no. 5, pp. 845-856.
- Herbert Schildt. Manual de Referencia. Editorial Osborne / Mcgraw-Hill, Segunda Edición. ISBN:84-7615-535-2.
- Henry w. Ott. 1988. Noise Reduction Techniques in Electronics System. Editorial Wiley.
- ^[2] Internet. Base Datos DE LA JPL. <http://southport.jpl.nasa.gov/>

- Jurnal Of Geophysical Research. 1990. Vol. 95, pp. 291-296
- K.C. Gupta. 1983. Microondas. Editorial Limusa.
- ^[1] Keller, W.J. Plant.1986. Observation Of Breaking Ocean Waves With Coherent Microwave Radar. Wave Dynamics and Radio Probing of the Ocean Surface.
- Linear Databook. 1988. National Semiconductor Corporation.
- Naoto Ebuchi, Hiroshi Kawamura. 1993. Physical Processes of Microwave Backscattering. From Laboratory Wind Wave Surfaces. Jurnal Of Geophysical Research. Vol. 98. pp 669-681.
- P.H. y Lee, J.D. Barter. 1995. X Band Microwave Backscattering From Ocean Waves”. Jurnal Of Geophysical Research. Vol. 100. p. 2591-2611.
- Stephen F. Adam. Microwave Theory and Applications. Hewlett Packard
- TTL Logic Databook. 1988. Texas Instruments.

CAPÍTULO IX

APÉNDICE A (LISTA DE COMPONENTES).

Referencia	Parte	Descripción
U1	74LS245	Tranceptor de 8 bits de tres estados lógicos
U2	74LS244	Reforzador de 8 bits de 3 estados lógicos
U3	74LS244	Reforzador de 8 bits de 3 estados lógicos
U4	OSILADOR	Oscilador de 4MHz.
U5	8253	Temporizador programable.
U6	74LS85	Comparador lógico de 4 bits.
U7	74LS138	Decodificador/demultiplexor de 3 a 8 líneas.
U8	ADC0809	Convertidor analógico a digital, de 8 bits y 8 canales analógicos.
U9	LF353	Amplificador operacional dual con entrada JFET.
U10	74LS00	Compuerta lógica NAND.
U11	74LS02	Compuerta lógica NOR
U12	74LS08	Compuerta lógica AND
*U13	LF13007	Amplificador operacional con ganancia programable digital.
U14	LM336-5V	Referencia de voltaje 5V.
R1	Resistencia	4.7 kΩ
R2	Resistencia	4.7 kΩ
R3	Resistencia	10 kΩ
R4	Potenciómetro	1 MΩ
R5	Resistencia	10 kΩ
R6	Potenciómetro	1 MΩ
R7	Resistencia	6 kΩ
C0	Capacitor electrolítico	10 μF
C1	Capacitor de ceramica	0.1 μF
C2	Capacitor de cerámica	0.1 μF
C3	Capacitor de cerámica	0.1 μF
C4	Capacitor de cerámica	0.1 μF

C5	Capacitor de cerámica	0.1 μ F
C6	Capacitor de cerámica	0.1 μ F
C7	Capacitor de cerámica	0.1 μ F
C8	Capacitor de cerámica	0.1 μ F
C9	Capacitor de cerámica	0.1 μ F
C10	Capacitor de cerámica	0.1 μ F
C11	Capacitor de cerámica	0.1 μ F
C12	Capacitor de cerámica	0.1 μ F
C13	Capacitor de cerámica	0.1 μ F
D1	Diodo zener	5.1 Vz
D2	Diodo Zener	5.1Vz
JP1	Header 3	Conector 3 pins
JP2	Header 2	Conector 2 pins
P1	Conector	DB25 macho.

* Opcional.



CAPÍTULO X

APÉNDICE B (EQUIPO UTILIZADO).

El equipo utilizado para realizar las pruebas experimentales fue el siguiente:

- ◆ Analizador de espectros Tektronix 2792.
- ◆ Cámara digital kodak DC40.
- ◆ Computadora 80386 de 33 MHz con coprocesador matemático, compatible con IBM.
- ◆ Fuente de voltaje de 12V, (1 amp. máximo de salida).
- ◆ Generador de señales de microondas 8616A, Hewlett Packard.
- ◆ Osciloscopio Tektronix.

CAPÍTULO XI

APÉNDICE C (LISTA DE PROGRAMAS UTILIZADOS).

- ◆ Borland C++ versión 3.1.
- ◆ Corel Draw 4.0.
- ◆ Electronics Workbench V2.0.
- ◆ InterNet Netscape Navegador 1.2.
- ◆ Kodak photo Enhancer 1.7.
- ◆ MatLAB v4.0.
- ◆ Microsoft Paintbrush 3.1.
- ◆ Microsoft Power Point v4.0.
- ◆ Microsoft Word 6.0.
- ◆ National Instruments Grasp Program (Interfase GPIB).
- ◆ OrCAD/PCB II V2.10.
- ◆ OrCAD/SDT V3.10.
- ◆ Paint Shop Pro 3.0.
- ◆ Visio V1.0.

CAPÍTULO XI

GLOSARIO.

- ◆ AC: Altern Current (Corriente alterna).
- ◆ ADC: Analogic to Digital Converter (Convertidor analógico a digital).
- ◆ AT: Advance Technology. (Tecnología Avanzada).
- ◆ BIOS: Basic Input Output System (Sistema básico de entrada salida).
- ◆ CICESE: Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de
Ensenada.
- ◆ DC: Direct Current (corriente directa).
- ◆ DIP: Dual In line Package (paquete dual en línea).
- ◆ GPIB: General Purpose Interface Board. (Tarjeta de interfase de
propósito general).
- ◆ IBM: International Busines Machines.
- ◆ ISA: Industrial Standar Architecture (Arquitectura estándar industrial).
- ◆ IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers (Instituto de
ingeniería eléctrica y electrónica).
- ◆ JPL.: Jet Propulsion Laboratory.

- ◆ NASA: National Air and Space Administration.
- ◆ NI: National Instruments.
- ◆ PC: Personal Computer. (Computadora Personal).
- ◆ PIC: Programable Interrupt Controller. (Controlador de Interrupciones Programable).
- ◆ Slot: Ranura.
- ◆ VGA: Video Graphics Array.
- ◆ Vz: Voltaje de ruptura Zener.
- ◆ XT: Extended Technology. (Tecnología Extendida).