

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA



**DISEÑO DE TARJETA DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL
PARA SENSOR ELECTROMAGNÉTICO DE MEDICION DE
CORRIENTE SUBMARINA**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRONICA**

PRESENTA

FELICIANO DOMÍNGUEZ PRECIADO

DIRECTOR DE TESIS:

M.C MIGUEL A. PEREZ CHAVARRÍA

Ensenada Baja California

Octubre del 2000

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

DISEÑO DE TARJETA DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL PARA
SENSOR ELECTROMAGNÉTICO DE MEDICION DE
CORRIENTE SUBMARINA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRONICA

PRESENTA

FELICIANO DOMÍNGUEZ PRECIADO

SINODALES

DIRECTOR DE TESIS


M.C. MIGUEL A. PEREZ CHAVARRIA


M.C. J DE JESUS ZAMARRIPA TOPETE


M.C. JUAN DE DIOS SANCHEZ LOPEZ


M.C. LEONARDO ACHO SUPPA


M.C. JUAN IVAN NIETO HIPOLITO

AGRADECIMIENTOS:

**A LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
AL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLOGICAS
POR EL OPOYO QUE ME BRINDAN.**

A MIS MAESTROS POR SU PACIENCIA Y ESFUERZO

**A DIOS Y A LA VIDA POR HABERME PUESTO EN ESTE
CAMINO**

GRACIAS.

I N D I C E

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción	7
1.2 Objetivo	9
1.3 Características y especificaciones	9
1.4 Descripción del área de estudio	10

2. ANTECEDENTES

2.1 El corrientímetro	11
-----------------------	----

3. EL SENSOR DE CORRIENTE

3.1 El sensor de corriente	16
3.2 Descripción de las partes del sensor	17

3.3	Funcionamiento del sensor de corriente	19
3.4	La brújula o sensor de orientación	22
4. ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL DEL SENSOR DE CORRIENTE		
4.1	Acondicionamiento de señal del sensor de corriente	26
4.2	Funcionamiento del circuito de acondicionamiento de señal	28
4.3	Amplificador de canal	33
4.3.1	Funcionamiento del circuito	33
5. CALIBRACIÓN DE LA TARJETA DE ACONDICIONAMIENTO		
5.1	Procedimiento	38
6. CONCLUSIONES		
		41

7. BIBLIOGRAFÍA

43

8. APÉNDICE A

A.1 Diagramas electrónicos

44

1. - INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

Un corrientímetro es un instrumento que mide la velocidad y la dirección con que se desplaza la masa de agua en las inmediaciones del mismo. La manera como el corrientímetro realiza esta medición depende del tipo de corrientímetro y de su principio de funcionamiento.

Siendo los océanos una fuente de inmensa energía y dado que su participación en la transformación del entorno es muy grande, ha sido motivo de preocupación desde tiempos remotos el poder predecir o predeterminar como se va a comportar a futuro.

El hombre se ha auxiliado para tal fin de ciencias como la Física, y las matemáticas para desarrollar instrumentos y modelos que le han permitido llevar estadísticas de los diferentes parámetros involucrados con los movimientos de los océanos y así ha podido construir tablas de predicción de mareas, el estado del tiempo (condiciones meteorológicas) etc.

Dado que las corrientes oceánicas juegan un papel muy importante en el movimiento de las masas de agua de los océanos, se relacionan con fenómenos físicos y biológicos, tales como la transformación del lecho submarino, transformación de las costas como consecuencia del oleaje, transporte de sedimentos, los cuales contribuyen a la transformación de las costas, contribución de dichas corrientes al intercambio térmico de las masas de agua, etc.

En el aspecto biológico, las corrientes oceánicas son de gran importancia, ya que producen condiciones de temperatura ideales para el desarrollo de diferentes especies, además de transportar nutrientes para las mismas, así como sedimentos.

Por los motivos antes mencionados la comunidad científica se ha preocupado por contar con registros de las corrientes oceánicas y se han desarrollado diferentes métodos para medirlas, desde medios mecánicos basados en el equilibrio de fuerzas hasta medios muy sofisticados que utilizan sensores cuyo principio de funcionamiento es de tipo electrostático o electromagnético.

Para la realización del presente trabajo se tomó como base el diseño ya existente de un corrientímetro analógico; **(En la figura 9 se muestra el diagrama a bloques del mismo)**, el cual cuenta con tres medidores de aguja (galvanómetros); dos de los cuales son para medir los voltajes V_x y V_y en función de la rapidez de la corriente y el galvanómetro restante para medir el voltaje V_z en función de la dirección, con respecto al norte magnético.

El corrientímetro analógico mencionado, por si solo, se podría utilizar como acondicionamiento de señal del sensor, pero es muy voluminoso, por lo que se nos propuso diseñar una tarjeta de acondicionamiento de señal fuese lo mas pequeña posible, procurando optimizar el consumo de energía, para que pudiese alimentarse con una batería de dimensiones pequeñas e integrara a un sistema de adquisición de datos basado en microcontrolador.

1.2 OBJETIVO

Diseñar una tarjeta de acondicionamiento de señal para el sensor electromagnético esférico marca MARSH McBIRNEY para medir la rapidez y dirección de las corrientes marinas en una área de interés.

1.3 CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES

Nota:

Las presentes características y especificaciones corresponden al corrientímetro analógico mencionado en los antecedentes, **párrafo 2.1** Por lo que no deben confundirse con las características del sensor de corriente, mismas que no son proporcionadas por el fabricante, lo cual hace indispensable que para la calibración del conjunto se requieran instalaciones especiales, tales como un canal (de agua) de flujo controlado así como otro corrientímetro calibrado que sirva como patrón de referencia.

Especificaciones del corrientímetro

Medición de las componentes en X y Y de la velocidad de la corriente con un intervalo de medición de 0 a 300 cm /seg.

Precisión : +/- 1 cm /seg.

Resolución : +/- 1 cm /seg.

Características de la brújula de referencia

Intervalo de medición de 0 a 360°

Precisión +/- 1°

Resolución +/- 1°

2.- ANTECEDENTES

2.1.- EL CORRIENTIMETRO:

Un corrientímetro es un instrumento que mide la rapidez y la dirección con que se desplaza la masa de agua que lo rodea; para este fin el corrientímetro debe estar fijo con respecto a la masa de agua.

Las variables a medir son:

La magnitud de la velocidad de la corriente en función del voltaje.

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad (1)$$

Esta se obtiene como la resultante de los vectores V_x y V_y tomando lecturas simultáneas de dichos voltajes, medidos en forma diferencial, en el plano horizontal entre cada par de electrodos del sensor de corriente.

El ángulo con respecto al norte magnético.

$$\text{ArcTan}(V_y / V_x) \quad (2)$$

El ángulo se calcula utilizando la tangente inversa de V_y / V_x y se toma como referencia la posición que nos indique la brújula electrónica que formará parte del instrumento, y que nos entrega un voltaje de salida V_p en función de la posición.

Para determinar el ángulo real del vector resultante de corriente, se debe tomar en cuenta el signo de las componentes de acuerdo a la siguiente tabla.

TABLA 1			
Vx	Vy	cuadrante	Intervalo
+	+	I	0 a 90
-	+	II	90 a 180
-	-	III	180 a 270
+	-	IV	270 a 360

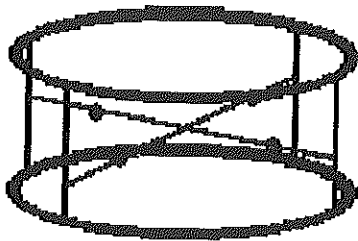
Se han desarrollado diferentes tipos de corrientímetros, algunos de los cuales se mencionan a continuación: ref: AIR-SEA INTERACTION (Dobson, Hasse, Davis) 1980

- a.- Los tradicionales de tipo propela y tipo rotor
- b.- Los de sensor electromagnético
- c.- Los de sensor electrostatico
- d.- Los de sensor ultrasónico
- e.- Los de sensor de alambre caliente

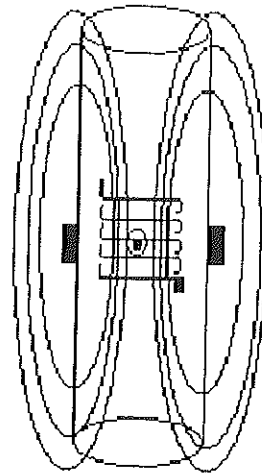
Estos y varios mas han sido desarrollados dependiendo de las condiciones ambientales del área donde se deseen utilizar, ya que algunos son de respuesta mas lenta que otros y los de respuesta mas rápida deben ser también los de uso mas rudo, ya que con frecuencia se requiere medir las corrientes en la zona de olas (en la rompiente) donde lógicamente el aparato estará sujeto a las condiciones mas adversas.

De los tipos antes mencionados, el de uso mas generalizado es el de sensor electromagnético, del cual se tienen varias versiones; [fig 1.]

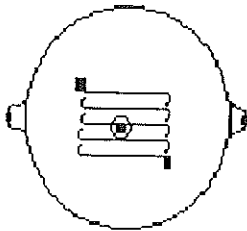
Este tipo de sensores son los que ofrecen las mejores características de rigidez mecánica, de rapidez de respuesta, y lo que es mas importante, no dependen de la temperatura, salinidad, densidad, o presión presentes en la masa de agua. En la siguiente figura se muestran algunos de los diferentes tipos de sensores electromagnéticos.



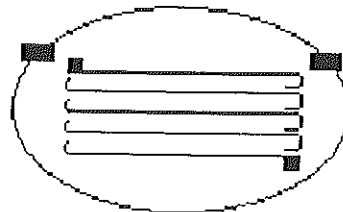
a).- BOBINA DE HELMHOLTZ



b).- SENSOR CILINDRICO



c).-SENSOR ESFERICO



d).- SENSOR ELIPSOIDAL

FIGURA 1.- Tipos de sensores electromagnéticos

Los corrientímetros electromagnéticos producen un campo magnético y luego miden el potencial eléctrico inducido por el mismo en el agua que se desplaza en las inmediaciones del sensor.

Es obvio que el agua en cuestión es un material conductor de electricidad, tal como el agua salada, o el agua dulce, ya que estas contienen sales minerales que le permiten comportarse como conductores de electricidad. El agua destilada es la que contiene menor cantidad de sales, por lo cual se comporta como un aislante o no conductor de electricidad.

El principio de operación del sensor electromagnético se basa en la ley de inducción de Faraday, la cual establece que un campo magnético que varía con el tiempo produce una fuerza electromotriz (fem) que puede inducir una corriente eléctrica en un circuito cerrado. Lo cual se expresa en la siguiente fórmula.

$$fem = - \frac{d\Phi}{dt} \quad V \quad (3)$$

Además el caso contrario que es el que se aplica en el sensor electromagnético también es cierto. Ya que cuando se tiene un campo magnético estacionario (el cual no varía respecto al tiempo), si se mueve un conductor (el agua) dentro de dicho campo, se inducirá en el conductor un voltaje cuya magnitud dependerá de la cantidad de líneas de flujo magnético que el conductor corte por unidad de tiempo.

Con dos pares de electrodos dispuestos ortogonalmente, [fig 2], se pueden medir tanto la magnitud de la velocidad como la dirección (el ángulo) de la corriente en un plano perpendicular al campo magnético.

En el presente trabajo se hace referencia al sensor electromagnético de tipo esférico para la medición de las corrientes submarinas, (flujos de masa de agua).

3.- EL SENSOR DE CORRIENTE

3.1 El sensor de corriente

ILUSTRACIÓN DEL SENSOR ELECTROMAGNÉTICO ESFÉRICO PARA MEDIR CORRIENTES SUBMARINAS Y LAS PARTES QUE LO COMPONEN

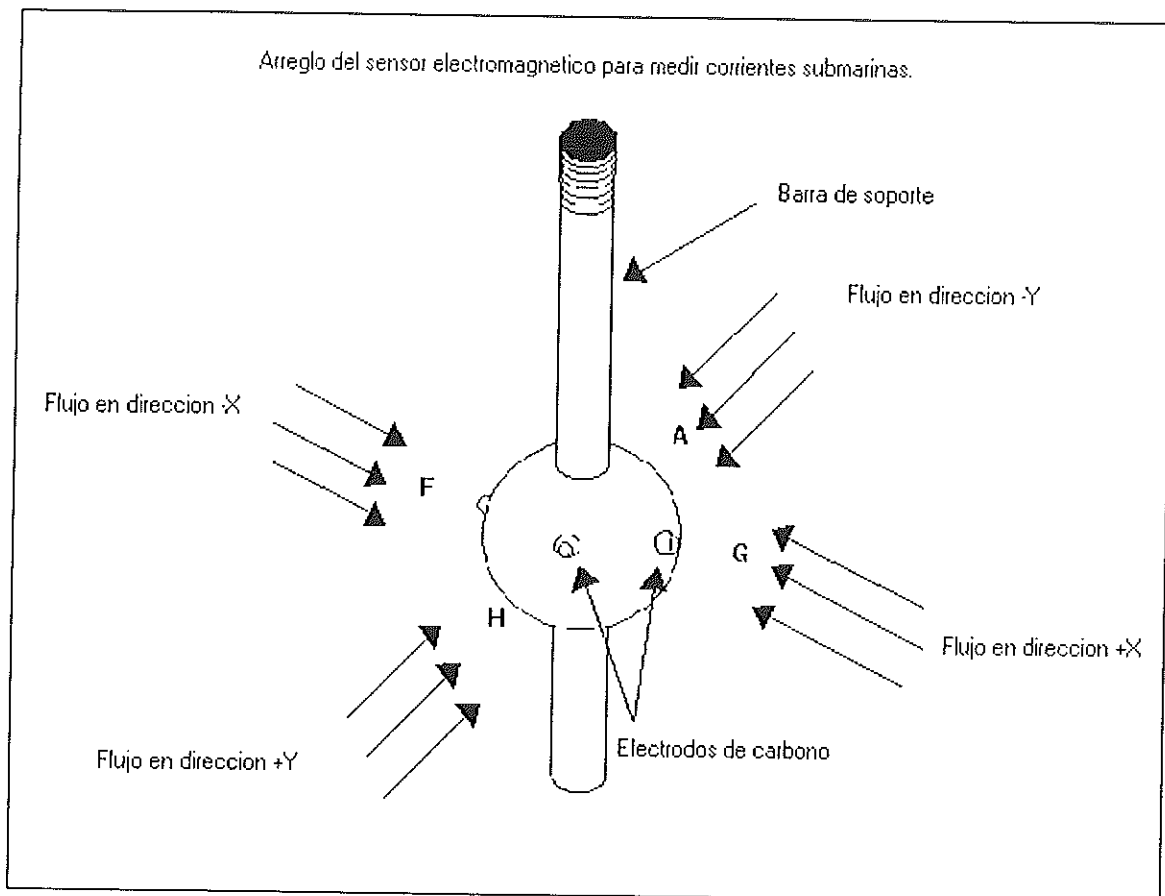


FIGURA 2.- Sensor electromagnético esférico

El cuerpo del sensor se encuentra montado sobre una barra de acero inoxidable, la cual sostiene rígidamente el conjunto.

3.2.- Descripción de las partes del sensor : [figuras 2 y 3]

Barra de soporte.- Es una barra de acero inoxidable que le sirve de soporte a la esfera del sensor y que además sirve para concentrar el flujo magnético sobre el eje de dicha barra.

Electrodos.- Son dos pares de electrodos, fabricados a base de carbono, los cuales están montados en un plano normal al eje de soporte y entre ellos están colocados de modo que cada electrodo se halla a 180° de su correspondiente.

Cada par de electrodos detecta una componente de voltaje (V_x , V_y) cuya magnitud depende de la velocidad con que se desplaza la masa de agua en la vecindad del sensor.

Bobina.- En el interior de la esfera se encuentra instalada una bobina, la cual es excitada a una frecuencia de 30 Hz para que produzca un campo magnético paralelo al eje de soporte, como lo muestra siguiente figura.

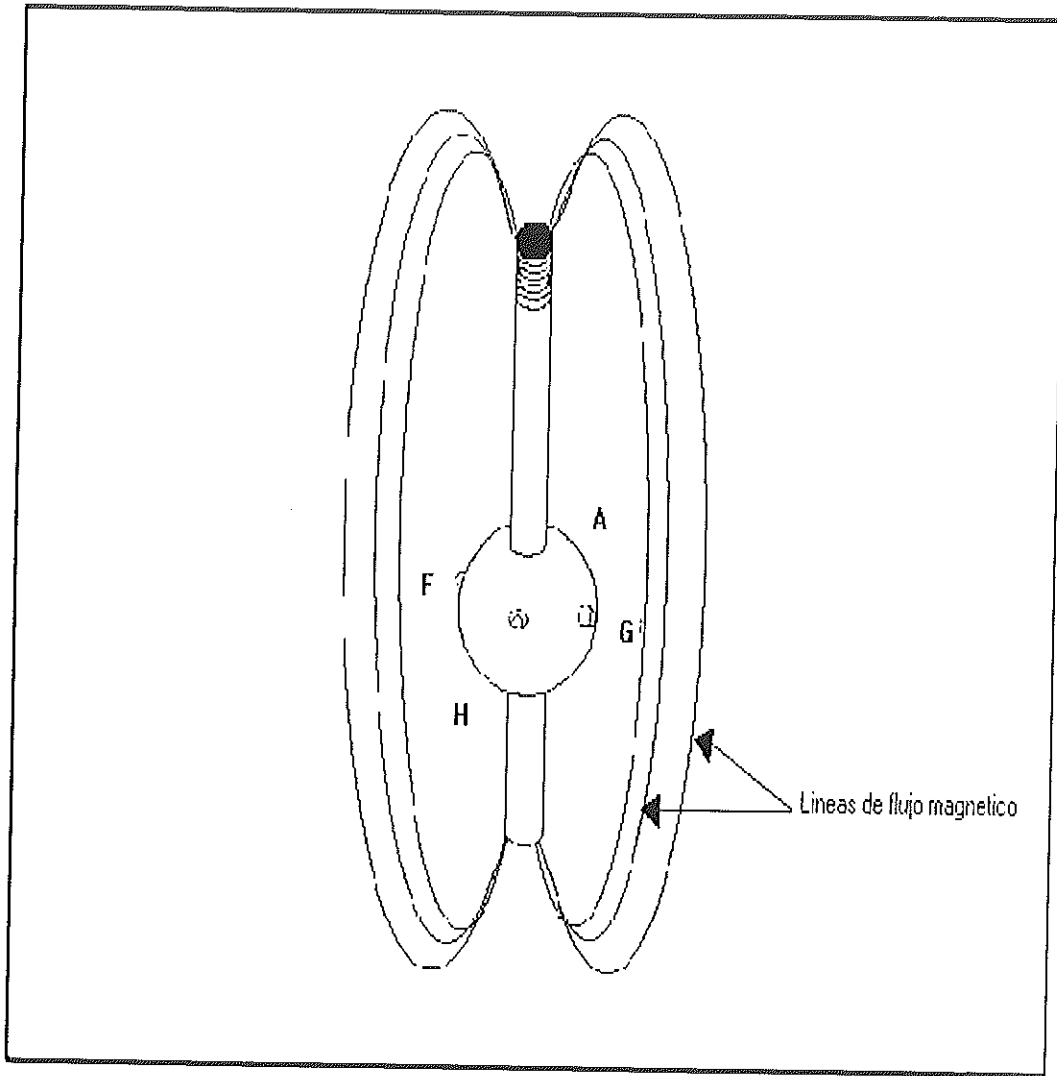


FIGURA 3.- Campo magnético generado por la bobina del sensor

3.3.- FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR DE CORRIENTE

El funcionamiento del sensor de corriente se basa en el principio de inducción de Faraday el cual establece que si un conductor se mueve dentro de un campo magnético, en dicho conductor se inducirá una diferencia de potencial (voltaje), cuya magnitud dependerá del número de líneas de flujo magnético que el conductor corte por unidad de tiempo. Como ya se mencionó, la bobina del sensor es excitada con una señal de 30 Hz; La corriente eléctrica en la bobina es forzada a permanecer constante en la mayor parte de cada medio ciclo, utilizando una fuente de corriente constante. Durante el tiempo que la corriente en la bobina es forzada a permanecer constante, el flujo magnético producido por dicha corriente, también permanecerá constante .

Lo anterior se muestra en el siguiente diagrama de tiempos:

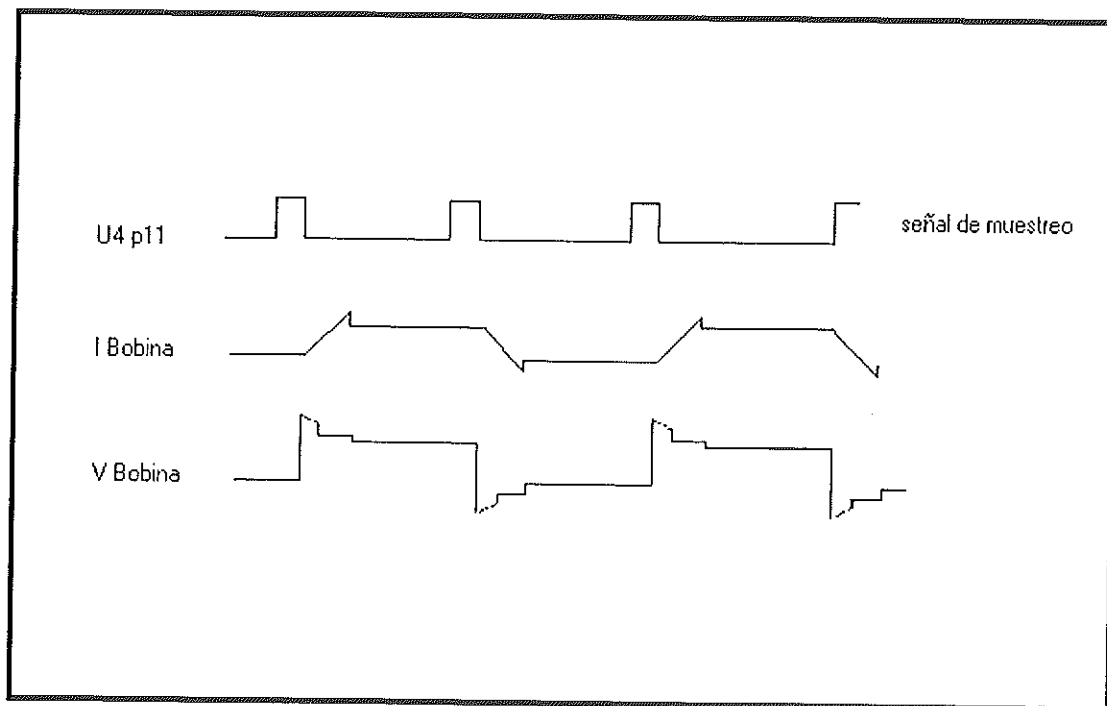


FIGURA 4

Si en ese intervalo de tiempo, la masa de agua en las inmediaciones de la bobina se mueve (cortando las líneas de flujo magnético), se inducirá en ella un voltaje que depende de la velocidad de la misma. Dicho voltaje inducido en el agua es detectado por los dos pares de electrodos y posteriormente procesado.

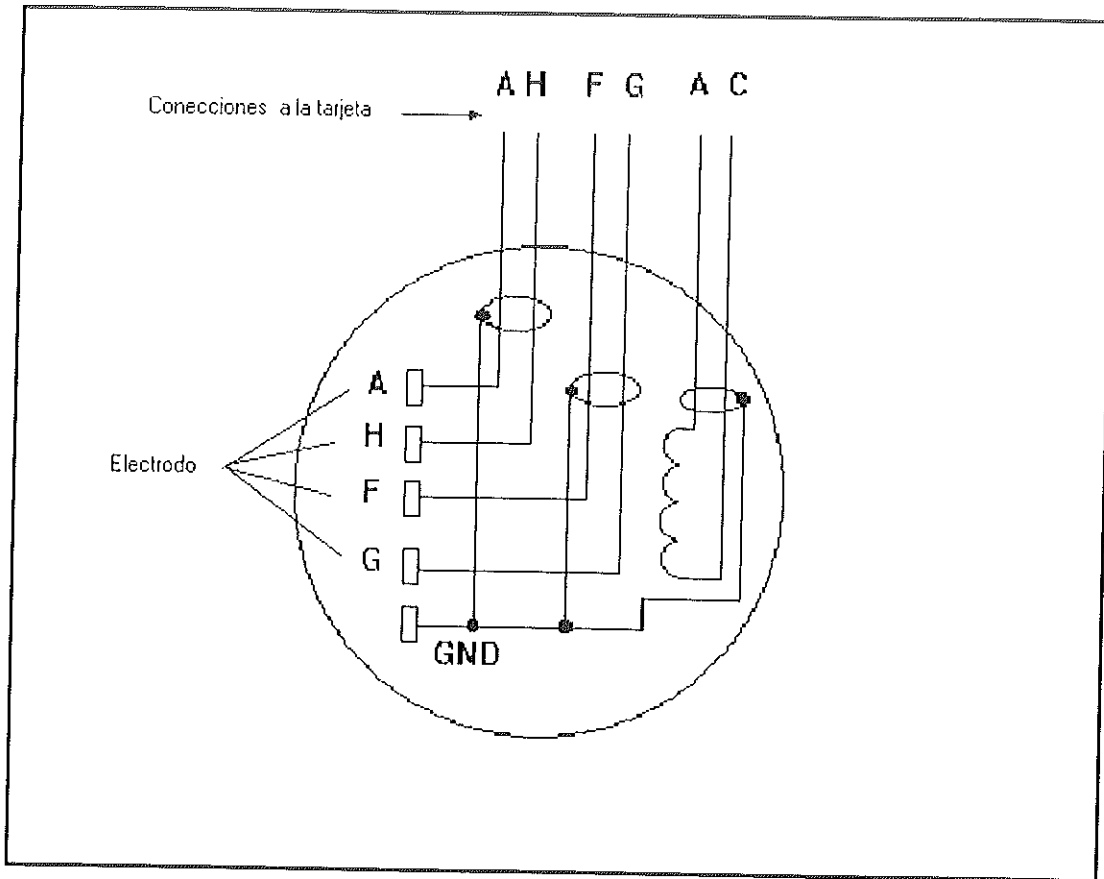


FIGURA 5.- Diagrama interno del sensor de corriente

Correspondencia de las letras de la figura y su función.

- 1.- Electrodos de canal X, letras A y H
- 2.- Electrodos de canal Y, letras F y G
- 3.- Conexión a la bobina de campo, letras A y C
- 4.- Malla de conexión a tierra, GND

El sensor de corriente mide la rapidez de la corriente en un plano normal al eje de soporte y presenta esta rapidez como dos componentes ortogonales (V_x , V_y), expresadas como dos voltajes analógicos.

3.4.- LA BRUJULA O SENSOR DE ORIENTACIÓN

Para orientar la esfera del sensor con respecto al norte magnético terrestre, se utilizará una brújula marca Humprey, Modelo NS04-0703-1; la cual en su interior contiene un potenciómetro, que se conecta a un voltaje de referencia, y al orientarse hace girar el brazo móvil del mismo, cuyo voltaje de salida nos da la referencia de orientación.

El voltaje de salida del circuito de acondicionamiento de la brújula está en el intervalo de 0 a 512 mv. [figuras 6 y 7].

De manera que si consideramos:

θ_{ref} = ángulo de referencia de la brújula

V_{comp} = voltaje de salida del circuito de la brújula

y considerando que a un grado de le corresponden :

$$512\text{mV}/360^\circ = 1.422222 \text{ mV}/1^\circ$$

$$\text{Entonces } \theta_{ref} = \frac{V_{comp}(\text{mV})}{1.422222\text{mV}/1^\circ} \quad (4)$$

Ejemplo:

$$\text{si } V_{comp} = 47\text{mV} \quad \theta_{ref} = \frac{47\text{mV}}{1.422222\text{mV}/1^\circ} = 33.0468^\circ$$

De tal manera que este resultado (θ_{ref}) debe restarse del ángulo obtenido al realizar la operación $\tan^{-1}(V_y/V_x)$, para obtener la dirección correcta de la corriente.

Entonces, si llamamos θ_{corr} al ángulo real del vector resultante de corriente con respecto al norte magnético, se tiene:

$$\theta_{corr} = (\tan^{-1}(V_y/V_x)) - \theta_{ref} \quad (5)$$

Siendo este el resultado deseado de dirección de la corriente.

Normalmente el sensor de corriente es instalado sobre una estructura metálica, la cual lo mantiene fijo en el lecho marino. Al ser instalado, debe colocarse de manera que la marca de orientación apunte hacia el norte magnético, con lo cual el voltaje de salida de la brújula electrónica deberá ser de aproximadamente cero volts o de 512 mV; como corresponde para cero y 360 grados respectivamente. En caso de que la estructura donde esté montado el corrientímetro se mueva, esto no afecta a las lecturas de corriente, ya que la brújula electrónica siempre estará apuntando hacia el norte magnético, y lo único que se tendrá que anotar es si efectivamente se movió y tomar en cuenta la posición en que estaba cuando se instaló para hacer las correcciones a la dirección de la corriente.

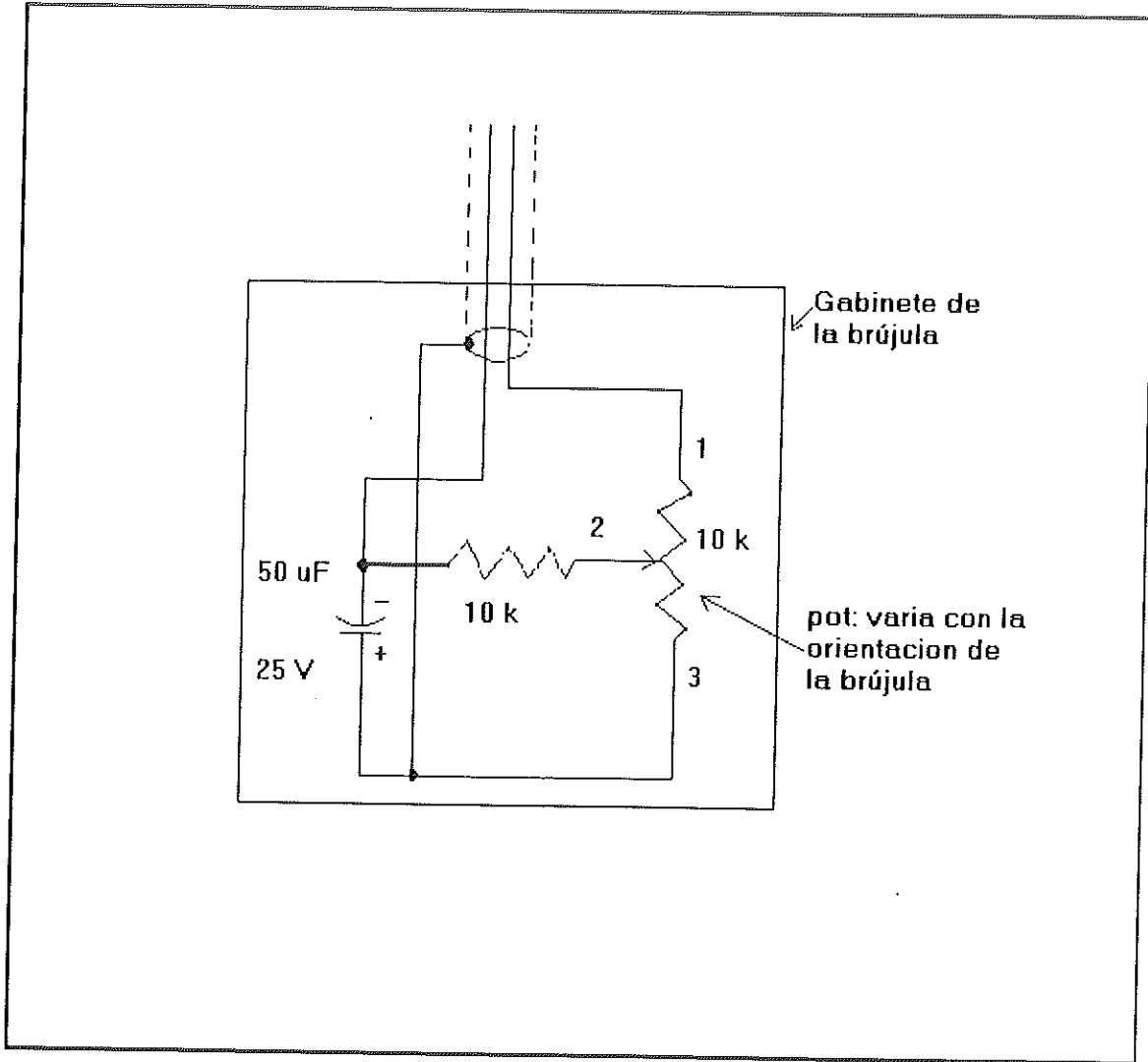


FIGURA 6 .- Diagrama interno de la brújula

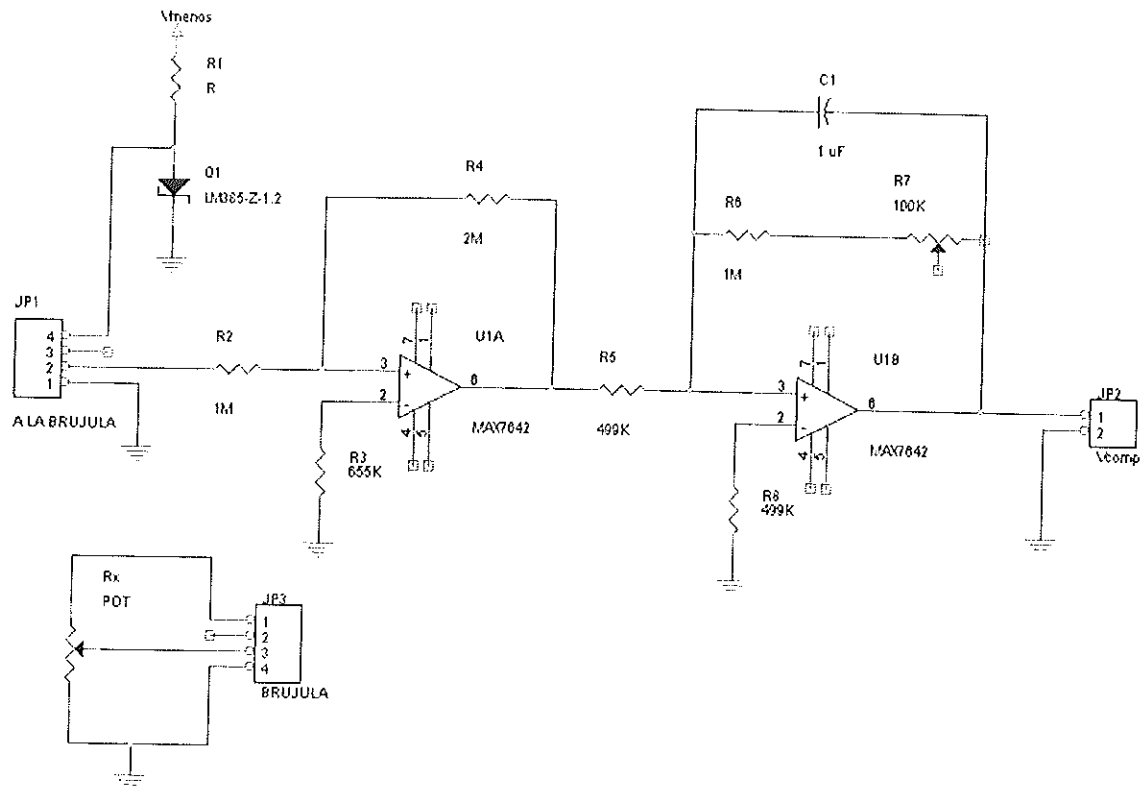


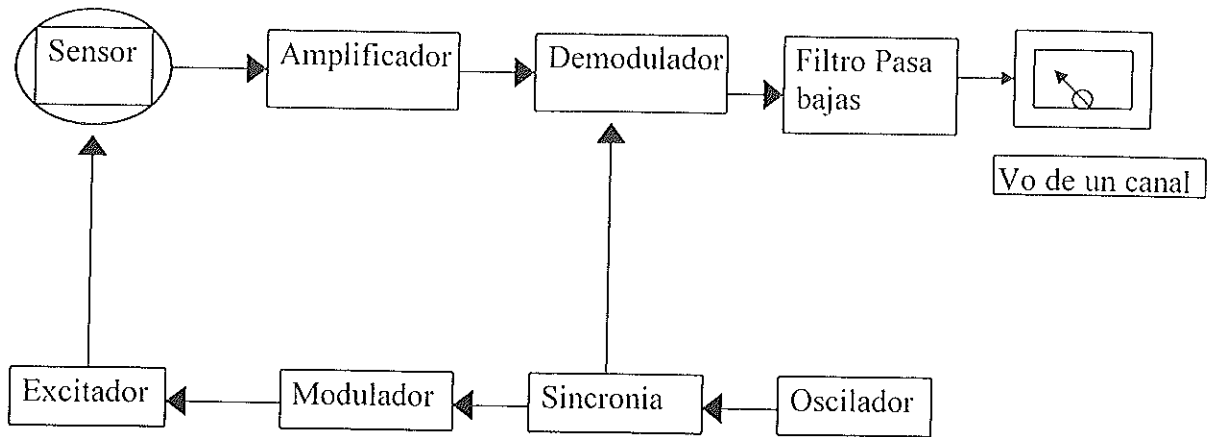
FIGURA 7.- Acondicionamiento de señal de la brújula

4.- ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DEL SENSOR DE CORRIENTE

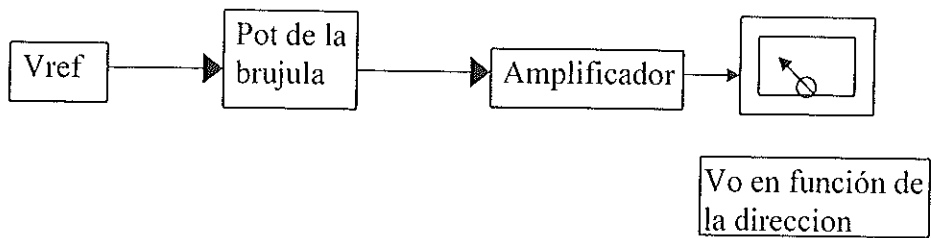
4.1.- Acondicionamiento de señal del sensor de corriente

Para el acondicionamiento de la señal del sensor de corriente, se tomó como base el diseño ya existente de un corrientímetro analógico; (En la figura 8 se muestra el diagrama a bloques del mismo), el cual cuenta con tres medidores de aguja, (galvanómetros); dos de los cuales son para medir los voltajes V_x y V_y en función de la rapidez de la corriente y el galvanómetro restante para medir el voltaje V_z en función de la dirección, con respecto al norte magnético .

El corrientímetro analógico mencionado, por si solo, se podría utilizar como acondicionamiento de señal del sensor, pero es muy voluminoso, además de consumir demasiada energía, por lo que se ha diseñado una tarjeta única (en lugar de tres que tenía el diseño original), lo mas pequeña posible, en la cual se ha optimizado el consumo de energía utilizando un menor número de C.I, seleccionando preferentemente los de menor consumo, (tecnología CMOS), con el fin de integrarla como parte de un sistema de adquisición de datos que pueda alimentarse con un pequeño paquete de baterías.



8. 1.- Canal sencillo (un par de electrodos), de medicion de voltaje del sensor de corriente



8. 2.- Diagrama a bloques de la brújula

Figura 8.- Diagrama a bloques del circuito de acondicionamiento

4.2.- FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL

Como podemos ver del diagrama a bloques, [figura 8], el acondicionamiento de señal es un poco elaborado y no es muy utilizado (comparado con otros), sin embargo en esta aplicación se ha utilizado porque se trata de extraer una señal muy débil (.01uV a .1uV), de un ambiente extremadamente ruidoso. La mejor contribución a la eficacia de este circuito se debe a la utilización de un “**amplificador amarrado en fase**”, (lock in amplifier, por sus siglas en Ingles, LIA) Esta técnica es también conocida como “detección sensitiva a la fase”, o discriminación de fase.

La tarjeta de acondicionamiento de señal consiste básicamente de dos bloques funcionales

- 1.- la sección excitadora y de sincronía
- 2.- la sección de amplificación (canales X y Y)

La sección excitadora y de sincronía, consiste de un oscilador que proporciona una frecuencia de 960 Hz a un circuito divisor de frecuencia y generador de pulsos.

Las salidas del circuito divisor de frecuencias son enviadas a los amplificadores de canal, así como al circuito excitador de potencia, para asegurar un funcionamiento sincronizado del sistema.

Como lo muestra el diagrama de tiempos, [figura 9].

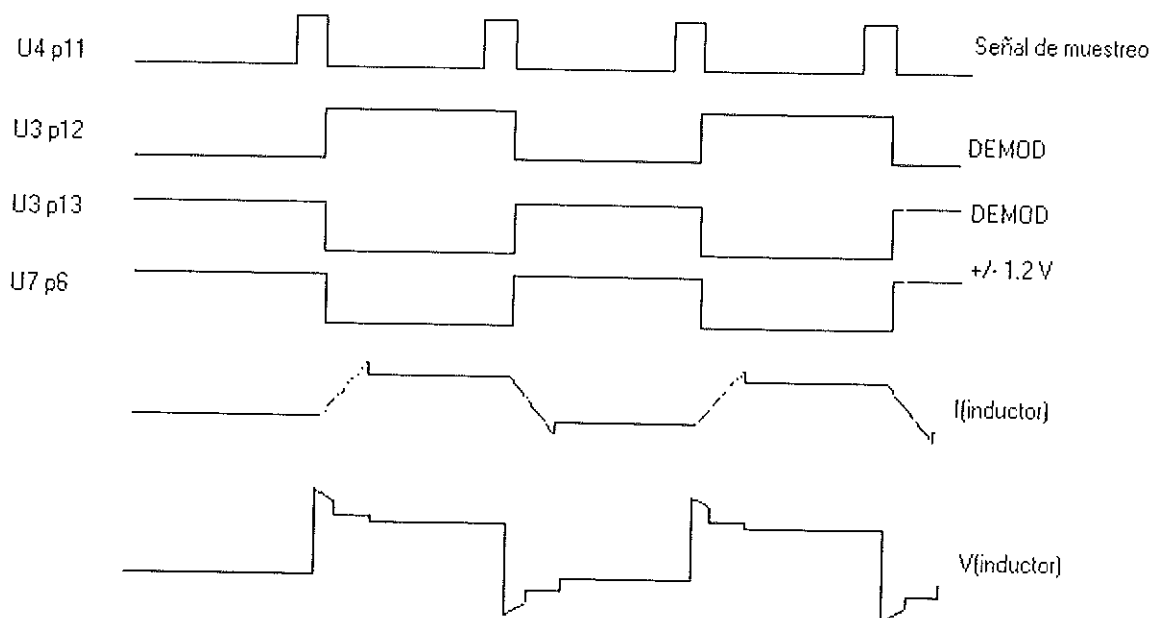


Figura 9.- Diagrama de tiempos de la sección excitadora y de sincronía

En la sección de excitación.

El voltaje de salida de Q3, un regulador de precisión de 1.2 v (LM385-Z-1.2), [figura 13], es utilizado como voltaje de referencia y modulado para producir una salida de onda cuadrada en U7 .

El voltaje de onda cuadrada es aplicado a U6 a través de R14 , [**figura 10**].

U6 es utilizado en configuración de “ **fuentes de corriente constante** “; recibe la corriente de retorno de la bobina del sensor a través de R15 como segunda entrada a la unión sumadora de U6, luego excita los transistores de potencia Q1 y Q2, los cuales a su vez excitan la bobina del sensor. Estos transistores forman parte del lazo de realimentación de U6 .

Toda la corriente que fluye a través de la bobina del sensor, pasa también por R20, la cual a su vez forma parte del circuito de corriente constante.

Con el excitador de potencia y la bobina contenidos en el lazo de realimentación de U6, la bobina es forzada a un estado de “corriente constante “, el cual produce un “ campo magnético de flujo constante “.

La frecuencia de la corriente en la bobina es de 30 Hz y está limitada a un valor muy bajo para asegurar que permanece tiempo suficiente en el estado de "**corriente constante**"; necesario para estabilizar el voltaje inducido en el agua por la velocidad de la misma en la vecindad del sensor.

Como lo muestra el siguiente diagrama, [**figura 10**].

4.3.- AMPLIFICADOR DE CANAL

El circuito original de los amplificadores de canal fue rediseñado ventajosamente, ya que se reemplazaron siete operacionales discretos tipo LM312H por dos circuitos integrados:

4.3.1.- FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO

El amplificador de instrumentación U5, [figura 13 canal x], es el que amplifica la señal de voltaje procedente directamente de los electrodos del sensor. El circuito posee un inherente alto rechazo (aprox 100 db), a señales no deseadas en modo común presentes en sus entradas.

El dip-switch S1, sirve para seleccionar una de dos señales de entrada.

1. La señal de salida del amplificador de instrumentación (U5 canal X, U1 canal Y) [ver fig 13].
2. La señal de calibración, generada por el circuito excitador de la bobina como señal de entrada al circuito de muestreo y retención.

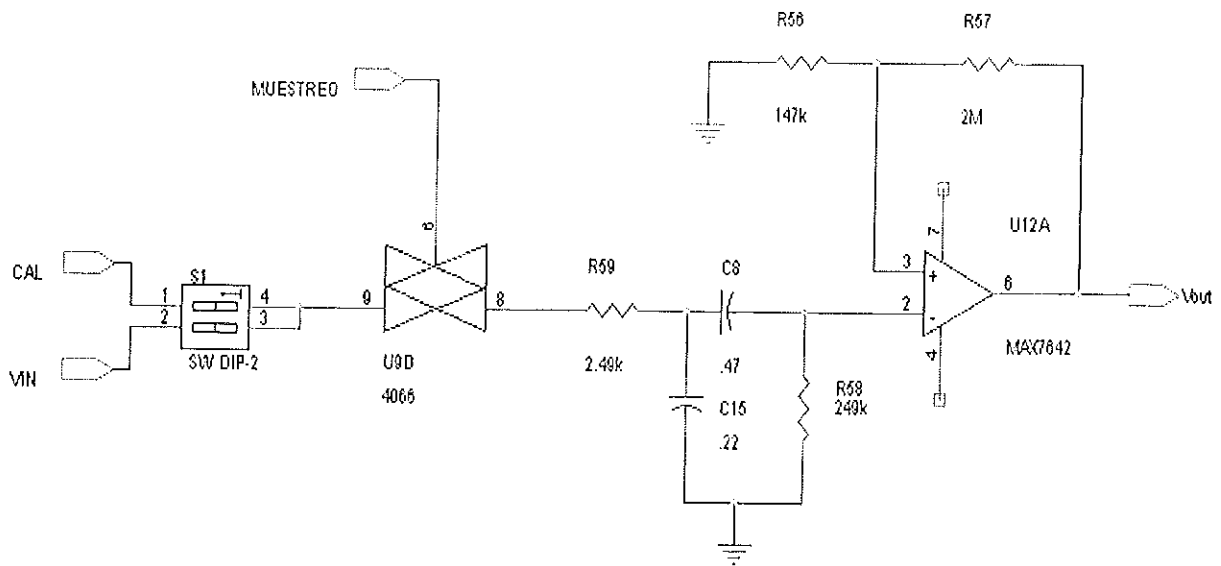


Figura 12 Circuito de muestreo y retención

Las siguientes dos etapas U12a y U12b, [figura 13] proveen amplificación de señal, la salida de U12b es una señal de C.A que fluctúa con respecto al nivel de tierra, se utiliza una resistencia variable Pot 6 para ajustar la ganancia del canal.

Las compuertas U9b, U9c (4066) y la etapa U12c forman un circuito demodulador sensitivo a la fase (rectificador síncrono), [figura 13 canal Y].

La ultima etapa del canal U12d es un filtro pasabajos de primer orden. La entrada no inversora, esta acoplada a un divisor de voltaje y al potenciómetro de ajuste a cero, el cual es ajustado para tener una salida de cero volts, en condiciones de corriente (**flujo de agua**) cero, con la esfera del sensor sumergida en un deposito de agua, la cual se halla inmóvil, así como el sensor.

La constante de tiempo para el filtro (**canal X**) puede obtenerse de la formula

$$T = R36 * C13 \quad (6)$$

para el canal Y :

$$T=R41 * C14$$

La cual para nuestro caso es de 0.94 segundos

La frecuencia de corte del filtro pasa bajas esta dada por :

$$F_c = \frac{1}{2 * \pi * R36 * C13} = 0.169 \text{ Hz} \quad (7)$$

Como podemos observar de la frecuencia de corte, se infiere que el filtro responde muy bien a las frecuencias muy bajas (cercanas a C.D), y en cambio rechaza las componentes de frecuencias altas, reduciendo con esto la posibilidad de errores introducidos por el ruido de la unidad excitadora y de la circuitería digital.

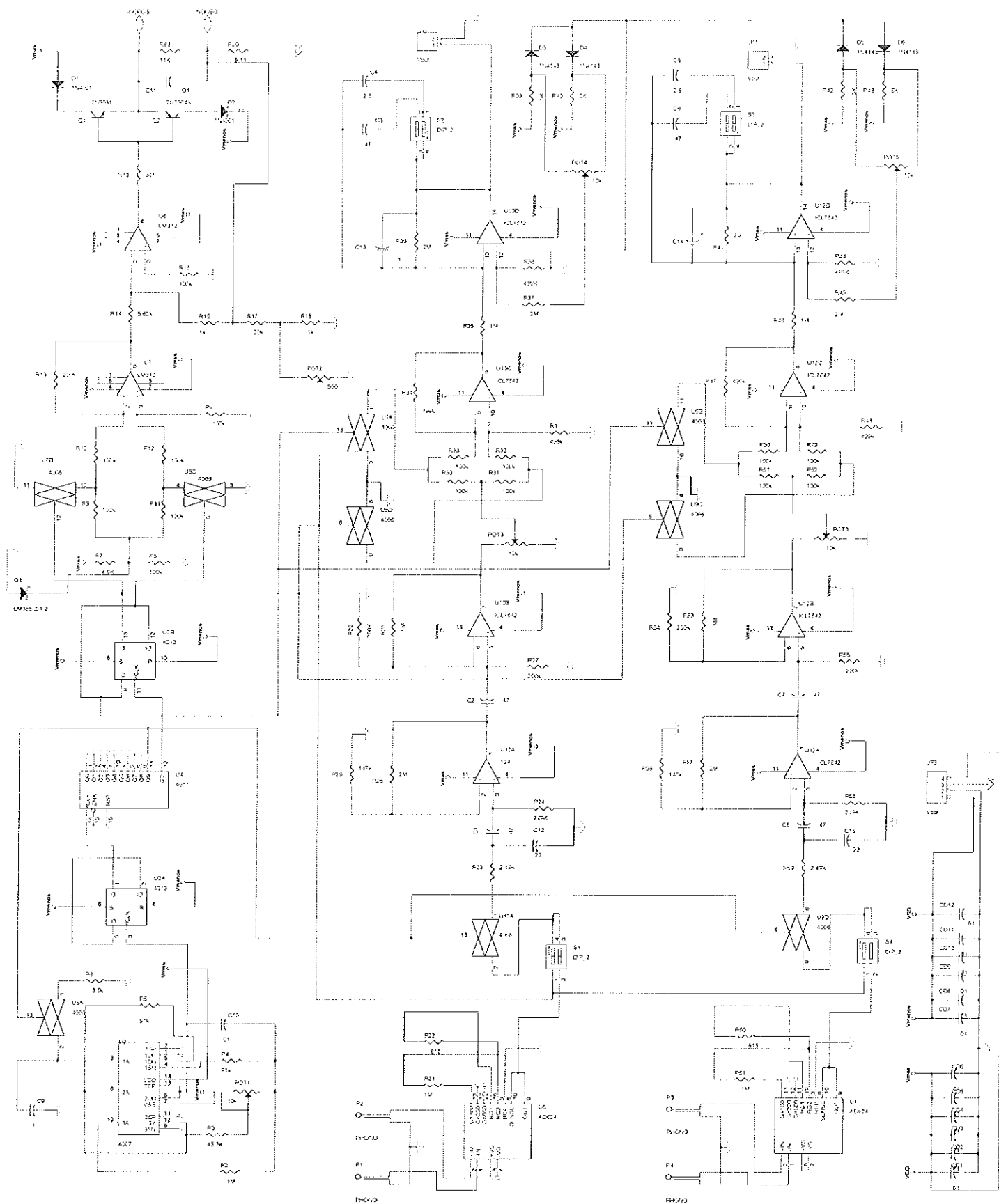


FIGURA 13.- Diagrama de conjunto

5.- CALIBRACIÓN DE LA TARJETA DE ACONDICIONAMIENTO

5.1.- Procedimiento

NOTA.- para la calibración ver **fig 13**.

- 1.- Se coloca el sensor de corriente en una cubeta (de plástico o fibra de vidrio), llena de agua, procurando que todo el arreglo se encuentre lo mas alejado posible de objetos ferromagnéticos o de cableados de la red de alimentación eléctrica, ya que estos pueden introducir ruido en el corrientímetro.
- 2.- Se energiza el corrientímetro y se deja una media hora hasta que se aquiete el agua de la cubeta.
- 3.- Se ajusta el pot de desbalance de los amplificadores de salida de cada canal (pot4,pot5), para que la lectura de voltaje en la salida de cada canal sea de cero Volts.
- 4.- Para realizar el ajuste de ganancia de cada canal de amplificación se requiere contar con un canal de corriente de agua controlado de muy alta calidad. Si se cuenta con este canal, primero se calibra la velocidad del agua dentro del canal utilizando un corrientímetro estandarizado y se deja que la velocidad del agua se estabilice.
- 5.- El corrientímetro que se va a calibrar se coloca en el canal de agua y se ajustan los pots (pot3,pot6), en la tarjeta de acondicionamiento, hasta que el voltaje de salida de cada canal (en la tarjeta) corresponda con la velocidad del agua en el canal. Debe verificarse que la ganancia esté correcta para ambas direcciones (positiva y negativa).

Para este último paso, debe tomarse en cuenta que el voltaje de escala completa debe ser igual para ambos canales; por ejemplo, para un convertidor A/D ajustado a una excursión de escala completa de +/- 512 mV, para una velocidad de corriente de +/- 300 cm/seg; se tiene :

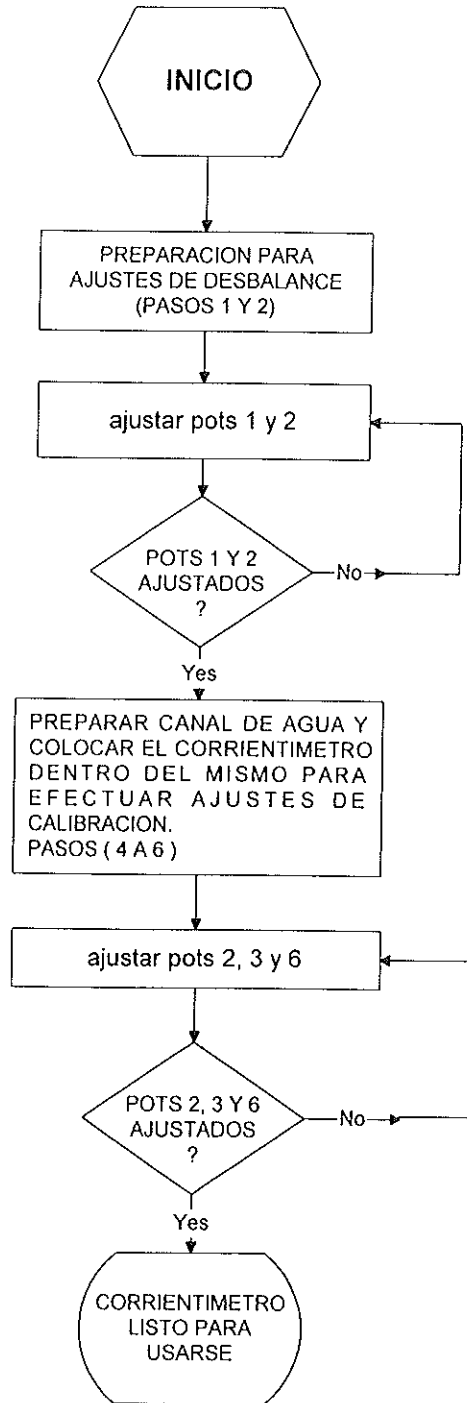
$$\text{Velocidad(mV)} = \text{Velocidad(cm/seg)} (512 \text{ mv}/300 \text{ cm/seg}) \quad (4)$$

siendo esta fórmula, la que debe utilizarse para determinar el voltaje que deberá obtenerse a la salida de cada canal en la tarjeta de acondicionamiento.

6.- Para ajustar el pot de calibración (pot2) primero debe hacerse todo lo anterior, después se apaga el corrientímetro y se colocan los interruptores S1 y S2, en la posición 2, con lo cual seleccionamos la señal de calibración, se coloca el sensor de nuevo en el contenedor y se enciende el corrientímetro. Esperamos hasta que se estabilice el agua (aprox 10 a 15 minutos) y ajustamos el pot2, hasta que la lectura de voltaje a la salida de cada canal sea de un valor seleccionado por nosotros, ya que este valor va a servirnos para verificar periódicamente el funcionamiento del aparato. Este voltaje usualmente se ajusta a la mitad de la escala de medición, que en nuestro caso es de 256mV, ya que la escala completa es de 512mV.

7.- Se apaga el corrientímetro y se regresan los interruptores S1 y S2 (tipo DIP) a la posición 1, y ya está calibrado el corrientímetro y listo para usarse.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA CALIBRACION DEL CORRIENTIMETRO



6.- CONCLUSIONES

Desde hace varios años en el Instituto de Investigaciones Oceanológicas y en particular en la División de Oceanografía física, el diseño de un corrientímetro había sido uno de los proyectos mas tentadores, dado lo costoso de este tipo de aparatos.

El desarrollo de la presente tesis, ha servido entre otras cosas para reaprovechar los sensores de corriente de equipo oceanográfico obsoleto, que de otra manera se tendría que desechar, además de contribuir al autoequipamiento y el desarrollo de tecnología propia.

Cabe mencionar que una vez realizado el diseño de la tarjeta de acondicionamiento de señal del sensor de corriente, se han encontrado en la literatura, algunos circuitos integrados que pueden utilizarse para diseñar una nueva versión de la tarjeta, con lo cual se podrían optimizar las dimensiones de la misma, el consumo, la rapidez de respuesta, y la utilización de un puerto del microcontrolador para generar las señales de excitación y temporización de la tarjeta de acondicionamiento. Dado que estas consideraciones y hallazgos han sido de ultima hora y cuando el diseño ya habia sido realizado, se mencionan aquí por considerarlos de interés.

Hasta este momento la tarjeta de acondicionamiento no ha sido calibrada, por no contar con un canal de corriente controlada de precisión y las pruebas que han sido realizadas consisten en colocar el sensor de corriente dentro de un depósito con agua, monitoreando las salidas de voltaje de cada canal en la tarjeta de acondicionamiento, observando que el nivel de voltaje de CD sigue a los movimientos del sensor y que cambia de polaridad cuando se invierte la dirección de movimiento.

Durante la realización de este trabajo se ha tenido que hechar mano de todas las herramientas y conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, lo cual me ha permitido obtener una mayor confianza hacia el desarrollo de proyectos.

De esta lista lo que está escrito en negrillas es trabajo realizado .

a.- Diseño del acondicionamiento de señal

a1.- Diseño del circuito acondicionador

a2.- Selección y pruebas a los componentes

a3.- Adaptación del circuito acondicionador al transductor

a4.- Pruebas a esta parte del sistema y ajustes electronicos de la misma

a5.- Calibración del circuito de acondicionamiento

7. Bibliografía:

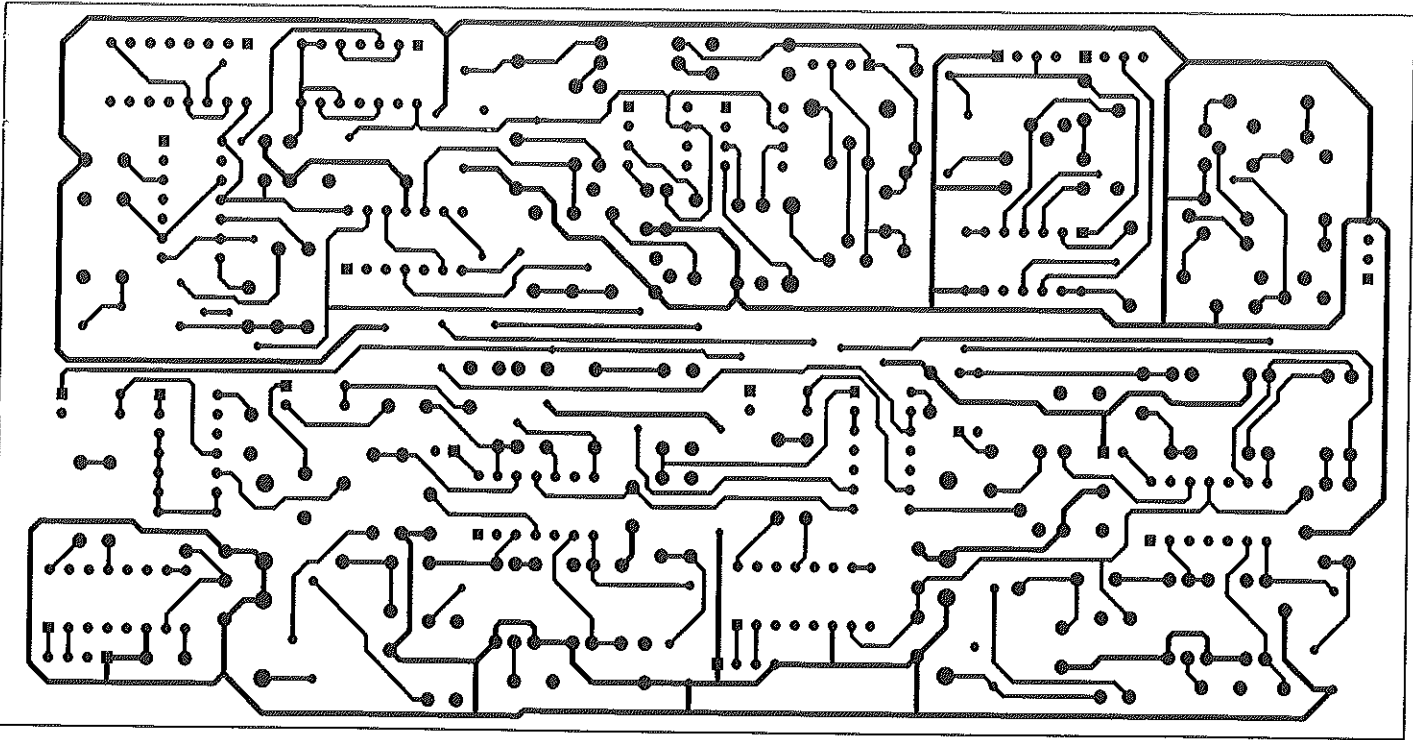
- 1.- Instruction Manual (corrientímetro modelo 527) Marsh McBirney inc.
- 2.-Applications Reference Manual Analog Devices 1993
- 3.-Nonlinear circuits handbook Analog Devices 1976
- 4.-Transducer interfacing handbook Analog Devices 1981
- 5.-AIR-SEA Interacion Instruments and Methods F. Dobson , L. Hasse , R. Davis editorial Plenum 1980

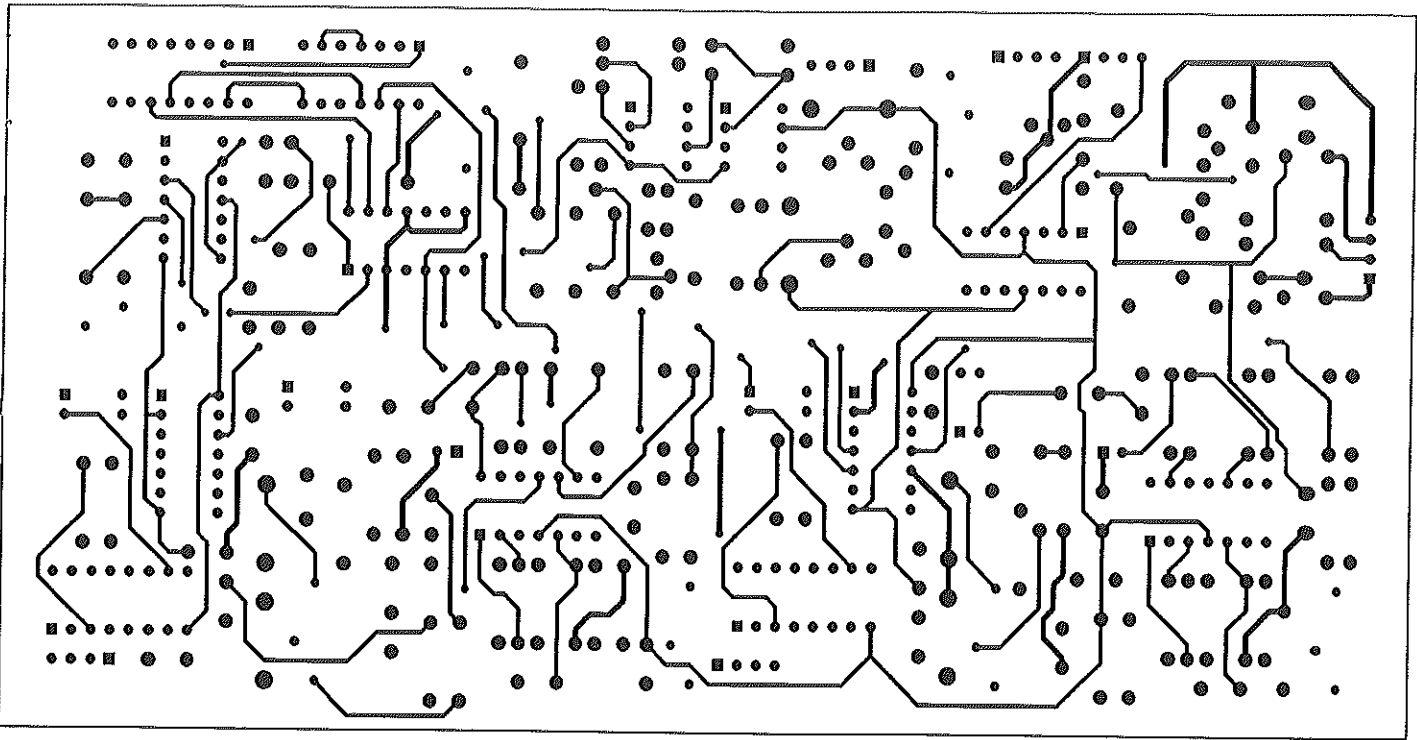
- 6.-Carr Joseph J., Sensors and Circuits, Prentice Hall, 1993.
- 7.-Coughlin Robert. F., Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales, - Prentice Hall, 1993.
- 8.-Integrated Circuits Data Book, Maxim, 1989, pag. 6-73, 6-117.
- 9.-New Releases Data Book, Maxim, 1992, pag. 1-17.
- 10.-New Releases Data Book, Maxim, 1993, pag. 4-141, 7-17, 11-3.
- 11.-Linear and Conversion Products, Precision Monolithics Inc., 1987, pag. 5-197.
- 12.-Component Data Catalog, Intersil, 1987, pag. 5-28.
- 13.-Linear Circuits, Texas Instruments, 1989, pag. 2-187, 3-29.
- Manuales de diseño de circuitos impresos por computadora**
- 14.-Orcad PC Board Layout Tools 386plus guia de referencia.
- 15.-Orcad PC Board Layout Tools 386plus guia del usuario.
- 16.-Orcad Schematic Design Tools 386plus guia de referencia.
- 17.-Orcad Schematic Design Tools 386plus guia del usuario.

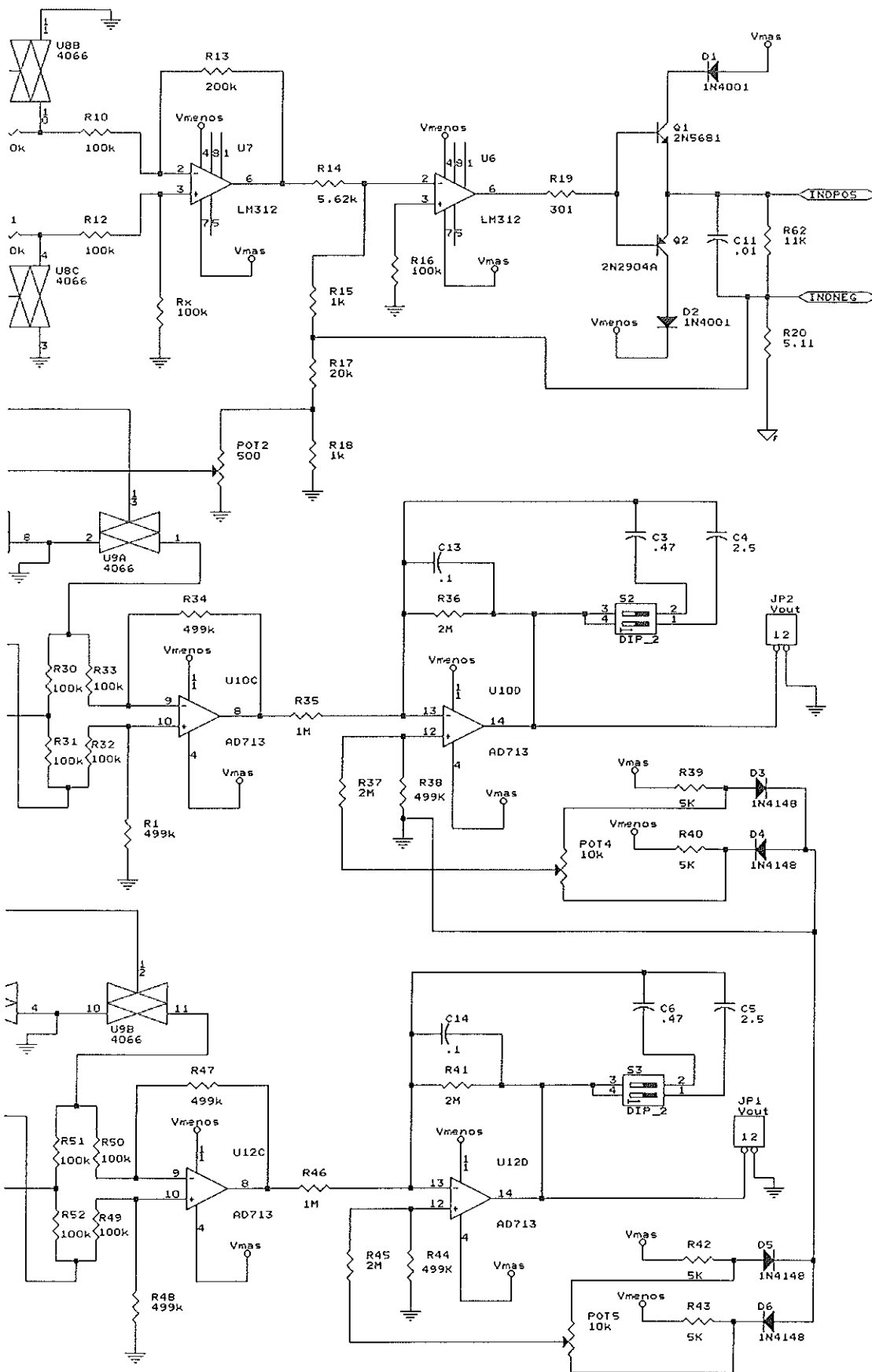
8. *Apéndice A*

A.1 DIAGRAMAS ELECTRONICOS

- a.1.- Diagrama del circuito impreso (cara de componentes).
- a.2.- Diagrama del circuito impreso (cara de soldadura)..
- a.3.- Ubicación de componentes.
- a.4.- Diagrama del circuito







U.A.B.C.-I.I.O.		
Title		
Acondicionamiento de señal del sensor de C		
Size	Document Number	REV
C	1	1

