

300617

14

24

UNIVERSIDAD LA SALLE



ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

"DISEÑO E IMPLANTACION DE UN TRANSMISOR
INALAMBRICO DE SEÑALES DIGITALES"

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICO
AREA ELECTRONICA

P R E S E N T A N :
RUTH ESCOBAR CARRE
PATRICIA GUTIERREZ PEREZ

DIRECTOR DE TESIS:
ING. CARLOS HERNANDEZ PEREZ

MEXICO, D. F.

NOVIEMBRE

1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCION

Los estudios que se realizan sobre algunos fenómenos físicos, están basados generalmente en modelos a escala. De este modo es posible observar el comportamiento, variaciones y alteraciones que sufre el modelo al cambiar las condiciones de operación del mismo.

Es así como en la Coordinación de Hidráulica del Instituto de Ingeniería de la UNAM se construyó un modelo fluvial con el fin de estudiar el comportamiento hidráulico de ríos. Los estudios realizados en este modelo son de gran importancia ya que con los resultados obtenidos se llevará a cabo el cálculo y planeación de estructuras a construir.

Para poder realizar el estudio se ha desarrollado un medidor automático de niveles fluviales que permite realizar el muestreo en las diferentes secciones del modelo fluvial. Dicho medidor opera de manera automática recopilando información que posteriormente deberá ser enviada a una microcomputadora.

El proyecto de estudio del comportamiento hidráulico de los ríos se encuentra subdividido para su realización los siguientes subproyectos:

- Construcción del Modelo Fluvial
- Diseño e Implantación de los Sensores de Nivel
- Desarrollo del Sistema de Procesamiento de Datos

- Diseño e Implantación del Enlace de Comunicación
- Análisis de la Información Procesada

Es al diseño e implantación del enlace de comunicación entre el lugar de procesamiento de la información (microcomputadora) y los medidores automáticos de nivel (recopilación de datos) a lo que se dedicó esta tesis.

En el primer capítulo se sintetiza el funcionamiento y las características de los sensores de nivel y el sistema de procesamiento de datos.

En el segundo capítulo se introduce a los sistemas de comunicación. Se plantea una visión general de los elementos involucrados dentro de un sistema de comunicación. Se describen términos que habrán de usarse a lo largo de la tesis.

En el tercer capítulo se realiza un estudio de los medios de comunicación factibles para la realización del proyecto. Se estudian las necesidades y condiciones del proyecto con el fin de elegir el medio de transmisión idóneo.

El cuarto capítulo describe el diseño e implantación del transmisor mientras que en el quinto sobre el receptor. Ambos capítulos plantean los razonamientos para la selección de los componentes.

El capítulo 6 da una visión general de las diferentes pruebas efectuadas sobre el sistema de comunicación. Se presentan los resultados obtenidos con el sistema.

Los apéndices describen los cálculos llevados a cabo para el diseño de cada una de las etapas del sistema de comunicación. Se incluyen las hojas de especificaciones de los componentes empleados en los diseños.

CAPITULO 1
ANTECEDENTES DEL PROYECTO

CAPITULO 1

ANTECEDENTES DEL PROYECTO

El estudio de la mayor parte de los fenómenos naturales es muy complejo por lo que se recurre a modelos de simulación para poder realizarlos. El Instituto de Ingeniería de la UNAM elaboró un modelo fluvial para analizar y estudiar fenómenos que alteran el cauce de un río, mediante un medidor automático de nivel.

El tomar las muestras de una manera automática representa una ventaja ya que no se ocasionan alteraciones o daños al modelo. Además de ahorrar tiempo, se evitan errores que se comenten al hacerlo manualmente logrando a la vez una mayor precisión en los datos recopilados.

Ante los diferentes inconvenientes que representa el llevar un registro manualmente, el Instituto de Ingeniería diseñó y construyó un sistema de medición automática. Este sistema tiene ventajas como la toma de muestras rápida y sencilla, el manejo de información en forma clara, además de la disposición de ésta al momento que se requiera. La toma de muestras se realiza por medio de sensores de nivel que envían los datos recabados a una microcomputadora.

Hasta el momento se cuenta con los instrumentos para la toma de datos así como con el software necesario para el procesamiento de la información con ayuda de una microcomputadora. Sin embargo aún no existe un sistema de comunicación entre los sensores y la microcomputadora. Esta tesis está dedicada al diseño y construcción de este sistema de comunicación.

A manera de introducción y con el fin de contar con una visión total del proyecto, en el presente capítulo se hará una descripción del funcionamiento del proceso de medición automática y procesamiento de datos. Para esto se ha dividido el proceso en cuatro elementos fundamentales que se explicarán más adelante. Estos elementos son:

- Sistema digital de control
- Sistema de procesamiento de datos
- Sistema mecánico
- Sistema de comunicación

1.1 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

El sistema consta de cinco sensores con sus tarjetas de adquisición de datos correspondientes. La microcomputadora interactúa con cada una de ellas, enviando la información correspondiente a cada uno de los sensores y, posteriormente preguntar a cada uno de ellos si está listo para transmitir, asignándole un tiempo específico para que se le conteste. Cuando la respuesta es afirmativa se detiene a recibir la información correspondiente de tal forma que no se pierda ningún dato. A este proceso se le conoce como *'polling'*.

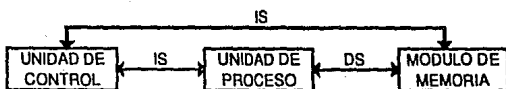
Dentro de la información transmitida por la microcomputadora se encuentra el identificador de cada tarjeta de adquisición de datos, el cual habilitará y hará saber al medidor que nos interese poner en operación, que la información transmitida es para él. Dentro de la información transmitida se encuentran datos e instrucciones para que dicha unidad sea programada para iniciar así el muestreo en la sección de interés.

A continuación se detallan cada uno de los sistemas que hacen posible lo anterior.

1.2 SISTEMA DIGITAL DE CONTROL

Mediante el sistema digital de datos se pretende cubrir varias necesidades por lo cual es necesario que se cuente con dispositivos de entrada y salida, controlador y memoria.

Para cubrir dichas necesidades este sistema obedece la arquitectura tipo SISD (Simple Instrucción Simple Data) en el que un solo procesador ejecuta las instrucciones secuencialmente; ésta cuenta con una unidad de control, una unidad de proceso y una unidad de memoria. El diagrama de esta arquitectura se muestra en la figura 1.1.



IS = FLUJO DE INSTRUCCIONES
DS = FLUJO DE DATOS

FIGURA 1.1 ARQUITECTURA SISD

La base del controlador es un microprocesador, cuya función es enviar señales necesarias al sistema mecánico. El microprocesador utilizado es el 8088 de INTEL.

El bloque de memoria cuenta con una memoria permanente que contiene el programa que el controlador ejecuta al poner a trabajar el sistema. Posee una memoria primaria en la cual se pueden guardar temporalmente los datos adquiridos.

Otra parte principal dentro de esta arquitectura son los dispositivos de entrada y salida que permiten la comunicación en serie de la información que proporciona el sensor, y del intercambio de información entre el usuario y el sistema de adquisición de datos.

1.3 MICROCOMPUTADORA

Dentro del sistema se requiere de una microcomputadora que tiene como función permitirle al usuario el acceso al sistema de medición automático. Se cuenta con software que permite al usuario trabajar con el sistema, seleccionar los sensores que desea utilizar, el tamaño, la cantidad, los intervalos y el lugar donde se inician y terminan las muestras.

Con este software se guarda la información mediante una clave que está compuesta por los datos de la toma de muestra como lo son el número de sensor, el año, mes, día y hora en que se realizó la toma de la muestra. Para proporcionar los datos referentes a la fecha y hora se cuenta con un reloj de tiempo real.

La información se almacena permanentemente en el disco duro de la computadora. Además se ofrece la posibilidad de imprimir y graficar los datos obtenidos del muestreo hecho en el modelo, y la consulta de archivos guardados con anterioridad.

1.4 SISTEMA MECANICO

El sistema mecánico cuenta con dos motores de corriente directa para el desplazamiento horizontal y vertical de cada sensor. Estos desplazamientos son en ambos sentidos.

Sobre los ejes de los motores se colocó un disco perforado cuya función es detectar las distancias que se recorren. Y, mediante un sensor emitir las señales que llegan a la tarjeta de adquisición de datos para registrar la posición exacta de cada sensor al momento de tomar las muestras.

En la figura 1.2 se puede observar un diagrama a bloques del sistema mecánico.



FIGURA 1.2 DIAGRAMA A BLOQUES DEL SISTEMA MECANICO

El sentido de giro de los motores está determinado por dos relevadores por motor. Es necesario hacer notar que solo se puede activar un motor la vez.

Para detectar el nivel de agua se cuenta con un transductor que al momento de llegar al agua envía una señal a la tarjeta.

Para el lecho arenoso se tiene un circuito que detecta el contacto por medio de una sonda, que al tener contacto con cualquier superficie sólida emite una señal.

Tanto el transductor como la sonda se encuentran en un arreglo mecánico.

Este arreglo se encuentra montado sobre un carro que a su vez está montado sobre un riel, el cual se colocará transversalmente a la sección del río que se desee estudiar.

El carro cuenta con cuatro sensores que sirven para detectar los fines de carrera tanto vertical como horizontal, de tal forma que al llegar al tope del movimiento se emite una señal que llega a los relevadores, lo que origina que se detengan los motores.

El control de todos los movimientos del sistema los realiza la tarjeta de control como ya se mencionó.

1.5 DESCRIPCION DE LOS PROGRAMAS DEL SISTEMA

El software que lleva a cabo el sistema se realizó en dos lenguajes de programación: para los programas de las tarjetas, llamados Monitor, se utilizó un lenguaje de bajo nivel; y el programa de la microcomputadora en lenguaje tanto de bajo nivel como de alto nivel.

1.5.1 Programa Monitor

Este programa se encuentra contenido dentro de la memoria EPROM de las tarjetas de adquisición de datos. Este se encarga de realizar varias tareas útiles para desarrollar el trabajo de muestreo que nos interesa.

Las tareas que efectúa dicho programa se describen a continuación:

Al iniciar la operación del sistema se da una posición inicial al sensor: colocado el dispositivo en el límite izquierdo del riel sobre el cual se encuentra; así mismo eleva completamente la sonda de medición.

Posteriormente, el programa realiza una rutina de lectura al puerto serie en espera de instrucciones provenientes de la computadora.

1.5.2 Programa de la microcomputadora

Dentro de la microcomputadora XT se encuentra un programa, que realiza dos funciones: la primera sirve para llevar el control de todo el sistema así como ponerlo a trabajar, realizado en lenguaje ensamblador, y la segunda función es la de procesamiento, este fue programado en QBasic, la cual proporciona los menús de pantalla. Estos menús permiten que el usuario elija las opciones que el mismo programa ofrece, así como llevar a cabo el cálculo de todos los parámetros de interés basados en el muestreo realizado.

Cuando desempeña la función de Control realiza las siguientes tareas:

Inicialmente realiza una subrutina en la que el usuario inicializa el reloj con la fecha y hora en que se comienza a ejecutar el programa. Lo cual servirá para darle nombre a los archivos como ya se mencionó.

Hecho esto, presenta las diferentes opciones al usuario entre las cuales se encuentran las de programar los sensores, imprimir o graficar archivos.

En caso de elegir la opción de programar los sensores, el usuario tendrá que dar los parámetros necesarios con los que trabajarán los sensores.

Se abre el archivo correspondiente donde se guarda la información de cada uno de los sensores para programarlos e indicar el inicio del muestreo.

Terminada dicha tarea, se indica al usuario que el sistema ha entrado en funcionamiento. Posteriormente la microcomputadora preguntará si la tarjeta ya tiene la información necesaria y la accederá guardándola con su clave correspondiente.

Mediante la función de procesamiento, como su nombre lo indica, cuando se procesa toda la información útil para el estudio del modelo. Con esta función el usuario interactúa directamente.

Consta de una serie de menús que se presentan en la pantalla para que el usuario programe el sistema. En esta parte se cuenta con un menú principal con tres opciones: programar los sensores, graficar información adquirida en el muestreo; o

imprimir dicha información. Además de la opción correspondiente para dar por terminado el proceso de muestreo. A continuación se dará una breve explicación de las tres opciones que presenta el menú:

- Programar sensores

Se despliega la información contenida en el último registro, y el usuario elige si desea trabajar con la misma información o modificar cada uno de los datos.

- Graficar archivos

Si el usuario conoce el nombre del archivo a consultar, entra directamente. En caso de no conocerlo se le pregunta si conoce alguno de los datos y posteriormente se listan los diferentes archivos existentes para que se elija el deseado.

Y por último aparece en pantalla la gráfica correspondiente con la cual se pueden tener acercamientos a ciertas regiones o tramos especiales.

La gráfica posee la siguiente información:

- Número del sensor que realizó la muestra
- Fecha y hora de adquisición
- Perímetro total de la sección muestreada
- Area total de la sección muestreada
- Límite superior: punto máximo de elevación con respecto al fondo

- Límite inferior: punto más profundo
 - Límites inicial y final del muestreo
 - Incremento entre muestra y muestra
 - Coordenadas en el eje de las abcisas donde se encuentra el cursor
 - Elevaciones de agua y fondo donde se encuentra el cursor
-
- Imprimir archivos

El inicio de esta función es similar a la opción anterior, una vez determinado el archivo que se desea imprimir, nos presenta la siguiente información en la impresión:

- Sección de levantamiento
- Fecha y hora
- Sensor que realizó el muestreo
- Límites de inicio y fin (cm)
- Incremento de la muestra (cm)
- Número de muestras realizadas

Una vez presentada la información anterior, se presentan los siguientes datos por cada tramo de agua encontrado:

- Número de tramo de agua
- Límites inicial y final del tramo
- Área hidráulica (cm²)

- Perímetro mojado (cm)
- Ancho de superficie libre
- Radio hidráulico (cm)
- Tirante medio (distancia vertical de la superficie del agua al fondo del cauce del modelo cm)

A continuación se le pregunta al usuario si desea imprimir los datos correspondientes al levantamiento de muestras en la sección. Si la respuesta es afirmativa se obtiene la siguiente información:

- Distancia
- Superficie de agua encontrada en dicha distancia
- Fondo del río

Y finalmente se incluyen los resultados totales del levantamiento el cual comprende la información de todos los tramos encontrados, siendo la siguiente información:

- Número de tramos con agua
- Área hidráulica
- Perímetro mojado
- Ancho de superficie libre
- Radio hidráulico
- Tirante medio

1.6 SISTEMA DE COMUNICACION

Todo el proceso descrito anteriormente, no se podría llevar a cabo sin un sistema de comunicación entre la computadora y los sensores. Para cubrir este requerimiento se propuso el tema de investigación de esta Tesis.

El objetivo de esta investigación es el de establecer el enlace entre la computadora y los diferentes dispositivos de medición, ya mencionados a lo largo de este capítulo.

Para que exista comunicación entre dos puntos, es necesario contar con un emisor, un receptor y un medio de transmisión adecuado. Las características de cada uno de ellos, dependerán de diversos factores entre los que cabe mencionar, las necesidades del sistema y la disponibilidad de dispositivos en el mercado.

Es en la selección adecuada de cada uno de los componentes del sistema de comunicación donde radica la importancia de esta investigación, ya que debido a las características propias del proyecto, no será fácil establecer una comunicación usual entre la computadora y los sensores.

En la figura 1.3 se aprecia el montaje de los medidores de nivel sobre uno de los rieles.

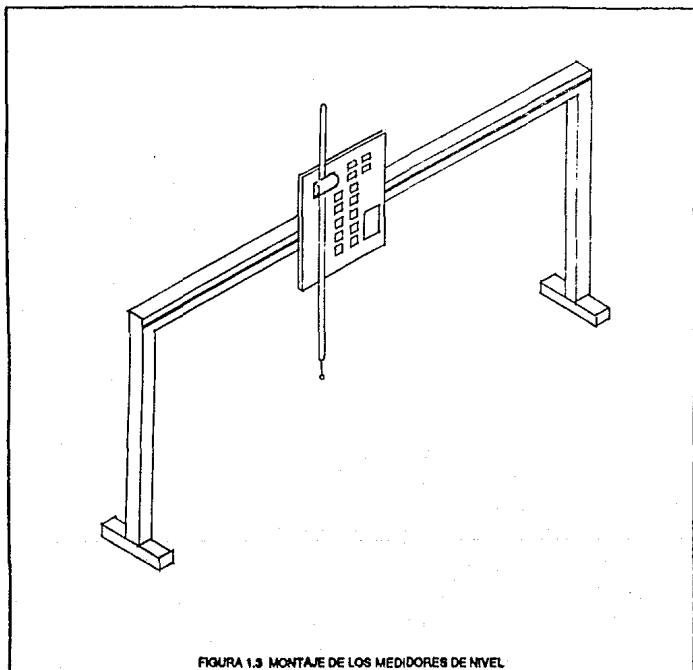


FIGURA 1.3 MONTAJE DE LOS MEDIDORES DE NIVEL

CAPITULO 2
ETAPAS DEL SISTEMA DE COMUNICACION

CAPITULO 2

ETAPAS DEL SISTEMA DE COMUNICACION

Como anteriormente se mencionó el propósito de este trabajo de investigación es el de establecer comunicación entre una computadora y varios sensores (Dispositivos Periféricos). El medio más usual de comunicación entre una computadora y un dispositivo periférico lo es la línea telefónica. Sin embargo, dependiendo de las necesidades del usuario, también se puede realizar esta transmisión vía Radio, Microondas, Ultrasonido, Satélite, Fibra Optica o por medio de un haz de luz. Los tipos de transmisión en los que se utiliza la luz pueden ser Infrarrojo, Rayo Láser, Luz visible, etc.

La selección adecuada del medio de transmisión depende de diversos factores, entre ellos, la distancia, velocidad y frecuencia de transmisión, además de las posibilidades físicas del enlace.

2.1 MODELO DE COMUNICACION

Un sistema de comunicación consta de tres elementos fundamentales: transmisor, receptor y canal de comunicación. En la figura 2.1 se puede observar un modelo básico de comunicación, distinguiendo los tres elementos mencionados.

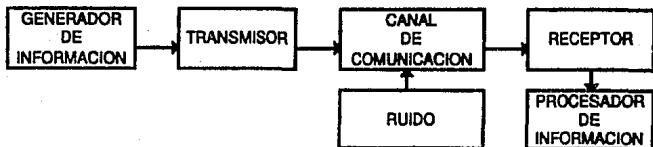


FIGURA 2.1 MODELO BASICO DE COMUNICACION

Por lo general, el mensaje que produce el generador de información no es de naturaleza eléctrica, por lo tanto, es necesario utilizar un transductor a la entrada para convertir la señal de la fuente en una señal eléctrica. Utilizando otro transductor, el mensaje original se reconstruye en el extremo de la recepción.

El propósito del transmisor es conformar la señal del mensaje en una forma adecuada para su transmisión por el canal. Esta conformación se realiza por medio de un proceso conocido como modulación, el cual comprende la variación de algún parámetro de la señal portadora (por ejemplo amplitud, frecuencia o fase) en concordancia con la señal del mensaje.

El canal de comunicación puede ser una línea de transmisión, una fibra óptica o bien el espacio libre cuando se requiera de un medio de transmisión inalámbrico.

Al propagarse a través del canal, la señal se distorsiona y en el curso de la transmisión, es afectada por ruido e interferencia, distorsionando aún más la señal. Un buen sistema de comunicación está basado en un transmisor y receptor diseñados para minimizar estos efectos.

El propósito del receptor es reconstruir la señal original transmitida, después de su propagación a través del canal, este proceso se conoce como demodulación, proceso inverso a la modulación del transmisor, sin embargo, debido a los problemas mencionados anteriormente, el receptor no puede reconstruir la señal original con exactitud.

2.2 CONSIDERACIONES GENERALES PARA UN SISTEMA DE COMUNICACION

Previo al diseño de un sistema de comunicación, existen patrones que deben definirse. Estos patrones representan las características que deberá cubrir el sistema de comunicación. Y es a partir de estas características que se diseñará el sistema.

Los patrones a definir antes de comenzar el diseño del sistema de comunicación son:

- Distancia de Transmisión
- Canal de Comunicación
- Medio de Comunicación
- Frecuencia de Transmisión
- Alimentación del Sistema
- Características de la señal de entrada
- Características de la señal de salida
- Tipo de Comunicación

CAPITULO 3
CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DE COMUNICACION

CAPITULO 3

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DE COMUNICACION

El sistema de comunicación enlazará dos sistemas: el Sistema Digital de Control y el Sistema de Procesamiento de Datos como se muestra en la Figura 3.1.



FIGURA 3.1 ENLACE DE COMUNICACION

Debido a que tanto el Sistema de Control como el de Procesamiento de Datos se encuentran ya implantados, el diseño del sistema de comunicación se encuentra sujeto a las características de ambos. Esto causa que el diseño de la etapa de comunicación deba cumplir ciertas condiciones.

Estas se analizarán en el presente capítulo con el fin de cubrir las necesidades del sistema.

3.1 DISTANCIA DE TRANSMISION

La comunicación se establecerá entre un punto fijo (micro computadora) y uno móvil (sensores). Los sensores se mueven horizontalmente a lo largo de un riel de 10 mts. de longitud.

Se tienen 5 rieles, a una distancia entre sí de 0.50 mts. La micro computadora se encuentra a 6 mts del riel más lejano. Como se muestra en la figura 3.2.

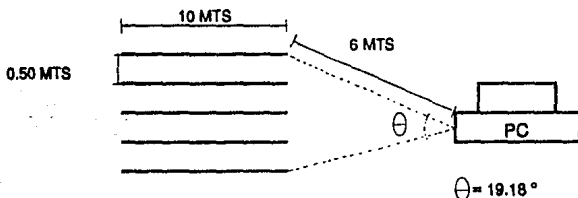


FIGURA 3.2 DISTANCIAS DE TRANSMISION

Como se puede apreciar en la figura 3.2, se tiene un ángulo máximo de barrido de 20 grados. Es decir que el área que cubre la comunicación es de 30.65 mts².

3.2 ALIMENTACION DEL SISTEMA

El sistema de comunicación de la micro computadora, se alimenta con una fuente comercial de 12 volts.

3.3 CARACTERISTICAS DE LA SEÑAL DE ENTRADA Y SALIDA

Las señales de entrada y salida tanto de la tarjeta de control como de la micro computadora poseen características semejantes. Estas características son:

Señal Digital

Velocidad de Transmisión 1200 bauds

Nivel de Voltaje -12 para valor lógico alto

Nivel de Voltaje +12 para valor lógico bajo

Es decir que una vez que los receptores captan las señales de información, deberá adecuarlas para ofrecer señales de salida de ± 12 volts.

3.4 TIPO DE COMUNICACION

Al planear una transmisión, es necesario establecer la manera en que se mantendrá la comunicación. Si se desea transmitir y recibir al mismo tiempo, o si tan solo es necesario transmitir sin obtener respuesta, o tal vez deseamos transmitir la información y esperar la respuesta.

En éste caso se requiere entablar una comunicación en la que ambos puntos reciban y transmitan información, aunque no simultáneamente. Este tipo de comunicación es conocido como comunicación Half Duplex.

Con una línea de 4 hilos es posible transmitir en Half Duplex. Con 2 hilos para la transmisión, también se puede realizar en Half Duplex, mediante un diseño apropiado del equipo. La comunicación del sistema, como ya se mencionó, es de tipo Half Duplex y se implantará con 2 hilos .

3.5 CANAL DE COMUNICACION

El canal de comunicación es el medio físico que existe entre emisor y receptor. La información se puede enviar a través de diferentes tipos de canales: aire, vacío, agua o por medio de una línea de transmisión.

En general, los tipos de canales se agrupan en aquellos que utilizan un alambre para transmitir a través de él (ALAMBRICOS) y aquellos que carecen de él (INALAMBRICOS).

3.5.1 SELECCION DEL CANAL DE COMUNICACION

El proyecto tendrá como aplicación principal, el transmitir los datos sensados por los medidores de nivel instalados en ríos, lagos, presas, etc. De ahí que, la transmisión utilizando un enlace alámbrico presentaría dificultades en su realización.

El principal problema que se presentaría sería la dificultad para los sensores de realizar los movimientos necesarios para la toma de muestras estando sujetos a un cable, lo que representa una carga mayor para los motores. El utilizar un cable como medio de transmisión, implica añadir un dispositivo mecánico que controle los movimientos de este cable. De ahí que el peso total del sistema sería incrementado.

Si a esto se añade el desgaste provocado por las condiciones que rodean al sistema (agua, sol, sal, tierra, humedad, aves, roedores, etc.) se concluye que no es recomendable un enlace alámbrico.

La opción restante es una transmisión inalámbrica, ya que el peso del sistema y la maniobrabilidad de los sensores no se verían afectados. Lo cual representa la ventaja de esta transmisión sobre la anterior.

Del análisis anterior, se decide utilizar como canal de comunicación el aire, es decir que se tendrá una transmisión inalámbrica.

3.6 ENLACES INALAMBRICOS

Una vez tomada la decisión de realizar un enlace inalámbrico, se procede a elegir el tipo de señales que se emplearán para transmitir la información.

En la actualidad existen diversos tipos de transmisiones inalámbricas. Entre las que destacan:

- Radio
- Medios ópticos
- Ultrasonido

3.6.1 RADIO

El radio constituye el medio más común de transmisión inalámbrica. Esto, debido a la alta confiabilidad y alcance que posee.

El radio posee grandes ventajas sobre otros medios de transmisión inalámbrica como lo puede ser la distancia que se logra al dar potencia a un transmisor. Es un medio de transmisión muy difundido, por lo que se pueden conseguir componentes fácilmente y en gran variedad. Sin embargo, su implantación suele ser complicada además de que una transmisión vía radio implica la solicitud de permisos de transmisión por parte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

3.6.2 MICROONDAS

Las microondas son ondas electromagnéticas con una longitud de onda corta. El espectro electromagnético se ha dividido en varias bandas por conveniencia e identificación de las diferentes longitudes de onda.

La región de las microondas comienza arriba de la región UHF (Frecuencias Ultra Altas) entre los 900 y los 1000 MHz y termina abajo de la región del infrarrojo (IR) en los 300 GHz.

Las ondas electromagnéticas viajan a través del espacio a grandes alturas, también viajan a un nivel muy bajo. Lo que ocasiona que estas ondas reboten en la superficie terrestre cambiando su dirección. Debido a esto y a la absorción de la tierra, las ondas sufren una atenuación dependiendo de la frecuencia.

Por otro lado se puede observar que una transmisión en la banda AM (0.54 a 1.61 MHz) logra mayores distancias de transmisión que las alcanzadas por la Banda Civil (27 MHz) o las bandas VHF (Frecuencias muy altas), UHF y Microondas.

Por esta razón se prefieren las transmisiones en la banda inferior de la banda AM. Ya que se logran mayores distancias.

Sin embargo y en contraposición, se tiene que en bandas de frecuencias mayores la atenuación disminuye al aumentar la frecuencia aunque se obtiene una mayor velocidad de transmisión, con lo que la fidelidad de la señal aumenta.

Aunque la frecuencia de transmisión es directamente proporcional a la atenuación causada por la tierra, podemos ver que existen otros factores que afectan nuestra transmisión:

- Altura de las antenas de transmisión y recepción.
- Distancia entre emisor y receptor.
- Terreno sobre el cual se transmite.
- Clima en el trayecto de transmisión, entre otras.

La desventaja principal al transmitir vía microondas es el gran porcentaje de pérdidas debidas a ruido y a atenuaciones.

3.6.3 TRANSMISIONES OPTICAS

Una transmisión óptica es aquella en la que la información es transmitida mediante un haz de luz.

En la actualidad los enlaces ópticos se pueden realizar gracias a los avances tecnológicos. Para poder realizar la transmisión de señales lumínicas se requieren dispositivos para convertir las señales eléctricas en ópticas y viceversa. En el transmisor la señal eléctrica es la que va a modular la intensidad de la fuente luminosa. Mientras que en el receptor la señal óptica se convierte en señal eléctrica.

Dentro de la conversión de las señales existen diferentes procesos:

Absorción.- Este es el proceso de conversión de las señales ópticas a eléctricas. Cuando los fotones inciden sobre el semiconductor apropiado ceden su energía a

los electrones, provocando un flujo de estos; efectuándose así la conversión de energía.

- Emisión espontánea.- Proceso inverso al anterior.
- Emisión estimulada.- Este es también un proceso de conversión de energía eléctrica a señales ópticas. Sin embargo, para que este se pueda realizar se requiere que existan fotones en el semiconductor.

La función de estos es excitar a los portadores de carga para emitir fotones. En este caso la radiación emitida tiene idéntica longitud de onda que la radiación excitadora.

CLASIFICACION DE LOS ENLACES OPTICOS

Los enlaces ópticos se pueden clasificar de acuerdo al tipo de emisor que se ocupe. De acuerdo a esto se tienen enlaces con infrarrojo, luz visible y láser.

I. Infrarrojo

La señal infrarroja se genera con diodos luminiscentes (LED's) cuya radiación es infrarroja. Estos ocupan el proceso de emisión espontánea. Una de las principales ventajas de trabajar con este tipo de elementos es que los diodos son de bajo costo, consumen poca corriente, tienen un bajo porcentaje de fallo, y su circuito excitador es sencillo.

Para la recepción de la señal infrarroja existen diversos dispositivos. Uno de los más utilizados son los foto diodos de sensibilidad reforzada en la banda de infrarrojo. Estos utilizan el proceso de la absorción.

Una de las dificultades que se pueden presentar al trabajar con led's infrarrojos es que éstos son de poco alcance. Sin embargo esto se puede solucionar al conectar un grupo de led's en serie o bien mediante el acoplo de arreglos ópticos.

II. Luz Visible

Para generar una señal de luz visible se requieren diodos emisores de luz (LED's). Estos utilizan el proceso de emisión espontánea.

Algunas ventajas al utilizar luz visible como enlace de transmisión son:

- El transmisor y receptor son de construcción sencilla
- Gran disponibilidad
- Alcance considerable en la oscuridad
- Alta eficiencia
- Bajo consumo de corriente en los LED's

Como todo, trabajar con luz visible tiene desventajas. La luz abunda en el entorno, por lo que se presenta gran interferencia en el enlace.

La manera de reducir este problema es transmitiendo la luz dentro de un haz perfectamente enfocado. Los Led's tienen como ventaja el que las radiaciones se

producen en una forma geométrica, lo cual ayuda a concentrar los rayos logrando un solo haz. Esto además de evitar interferencias, ayuda a maximizar la potencia del sistema.

III. Láser

Amplificación de luz por emisión estimulada de radiación (LASER: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation).

La fuente emisora es el diodo láser que utiliza el proceso de la emisión estimulada. Al trabajar el diodo emisor láser, se produce una emisión en una o pocas líneas espectrales, en contraposición al led.

Siendo esta una ventaja, ya que no es necesario utilizar dispositivos extras para concentrar las radiaciones.

La diferencia entre la radiación de un Led y diodo láser consiste en que el diagrama de irradiación de este último es más angosto, lo cual facilita un acoplamiento.

3.6.4 ULTRASONIDO

El ultrasonido es una onda sonora con una frecuencia de oscilación del orden de los 40 KHz.

El oído humano no es capaz de percibir el ultrasonido, debido a la frecuencia que maneja.

El ultrasonido se produce aplicando una carga eléctrica a un cristal, el cual produce las vibraciones.

Por otro lado, al someter a los cristales a la presión causada por las ondas estos producen energía eléctrica. A este fenómeno se le conoce como efecto piezoeléctrico.

Algunas de las características del ultrasonido se mencionan a continuación:

- Es unidireccional.
- Las frecuencias que maneja varían desde los 40 KHz a los 100 MHz.

Cuando las ondas ultrasónicas viajan por un medio son reflejadas si existe una discontinuidad o alguna sustancia extraña en su camino, razón por la que podrían causar interferencia.

Otro efecto de estas ondas es que hace vibrar a los cuerpos que se le interpongan a su paso.

3.7 MEDIO DE TRANSMISION SELECCIONADO

De las características de cada uno de los medio inalámbricos estudiados, se concluye lo siguiente:

El uso de diodos Láser se descarta debido a que no se encuentran fácilmente disponibles en el mercado y a su alto costo.

El uso de luz visible como medio de transmisión no es adecuado debido a la gran interferencia que se presentaría al realizar las mediciones a la luz del día. Debido a que las celdas son sensibles a la luz visible, cualquier cambio del nivel de iluminación en el entorno de la celda sería detectado como parte de la transmisión, alterando la información.

La transmisión por medio de ultrasonido, no es factible dado que las ondas radiadas alteran las condiciones del medio a medir al hacer vibrar los cuerpos que se interpongan a su paso.

A este punto, se cuenta con dos opciones factibles: *Radio e Infrarrojo*.

Ambas opciones lograrían el mismo cometido. Sin embargo, debido a que el medidor de nivel funcionará en límites internacionales, la transmisión vía radio, requiere de permisos de comunicación por parte de los sistemas reguladores de comunicaciones de los países involucrados que serían difíciles de conseguir.

Por esta razón se decidió implantar el sistema utilizando transmisión vía infrarroja. Debido a la distancia que se desea transmitir y la posición de los sensores respecto a la computadora (Figura 3.2), se hace necesario el uso de un repetidor para cada sensor.

El diseño del transmisor, receptor y de los repetidores se describirá en los siguientes capítulos.

CAPITULO 4
DISEÑO E IMPLANTACION DEL TRANSMISOR

CAPITULO 4

DISEÑO E IMPLANTACION DEL TRANSMISOR

El transmisor tiene la función de adaptar la señal de entrada a las características de entrada del canal de transmisión que se va a usar. En ocasiones es posible enviar la señal de entrada directamente por el canal de transmisión pero en la mayoría de los casos, es necesario procesar la señal de entrada para poder tener una transmisión adecuada y eficiente sobre el canal.

En este capítulo se describe el diseño de cada una de las etapas en la emisión infrarroja del sistema de comunicación. Como ya se estableció, se mantendrá una comunicación Half-Duplex, por lo que es necesario contar con un transmisor y receptor en ambos extremos a comunicar. En la figura 4.1 se puede observar una comunicación en Half Duplex.



FIGURA 4.1 COMUNICACION HALF DUPLEX

Por facilidad, se utilizará el mismo diseño de transmisor tanto para la computadora como para los sensores.

4.1 CARACTERISTICAS DEL TRANSMISOR

El transmisor adaptará una señal digital proveniente de los sensores o la computadora con el fin de transmitirla en un haz de luz infrarroja. La señal de entrada

al transmisor tiene un nivel de voltaje de 24 volts pico a pico y una velocidad de transmisión de 1200 Bauds.

Para adaptar esta señal, se requieren los siguientes bloques:

- MODULADOR
- EMISOR

El diagrama a bloques del transmisor se muestra en la figura 4.2



FIGURA 4.2 DIAGRAMA A BLOQUES DEL TRANSMISOR

4.2 ETAPA DE MODULACION

El envío de información puede realizarse de una manera sencilla contando únicamente con un transductor que adapte la señal para transmitirla por el canal de comunicación. Sin embargo, esto no es recomendable ya que la información puede sufrir alteraciones durante la transmisión debido a la interferencia del medio.

Por esto se hace necesario modular la señal. De este modo se protege la información de las interferencias y el ruido que se generan a lo largo del canal de transmisión.

El proceso de variar los parámetros de una señal de baja frecuencia (moduladora) con otra señal de mas alta frecuencia (portadora) da por resultado una señal modulada. El proceso de recuperar la moduladora de la señal modulada, se denomina demodulación.

4.2.1 TIPOS BASICOS DE MODULACION

Cuando se emplea una onda senoidal como portadora para la transmisión de datos, se tienen tres posibles parámetros a variar, con los cuales se puede modular en consecuencia de tres maneras diferentes, estos son:

- la amplitud
- la frecuencia
- la fase

Para modulación de señales digitales tenemos :

- Modulación en amplitud (ASK Amplitud Shift Keying)
- Modulación en frecuencia (FSK Frequency Shift Keying)
- Modulación en fase (PSK Phase Shift Keying)

En la modulación en amplitud se maneja un nivel determinado para el 1 y otro para el 0, cuando se modula en fase cada estado mantiene un defasamiento de 180° con respecto al opuesto; mientras que en la modulación en frecuencia se asigna un tono a cada estado lógico.

En la figura 4.3 se muestra un esquema de los diferentes tipos de modulación para las señales digitales.

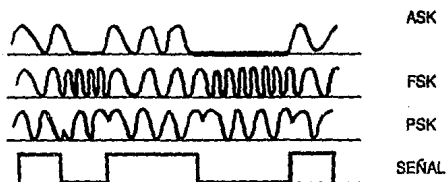


FIGURA 4.3 MODULACION DE SEÑALES DIGITALES

4.2.2 TIPO DE MODULACION SELECCIONADA

La modulación FSK tiene como ventaja, sobre la modulación ASK, la inmunidad al ruido. Además la mayoría de los circuitos comerciales modulan en FSK. Por otro lado la modulación PSK es más compleja en su realización, lo cual implica que el diseño del circuito se complique. Debido a esto, la información se modulará en FSK.

En la modulación FSK se asigna un tono a cada nivel de voltaje. Para lo cual se seleccionó una frecuencia de 10 KHz para el nivel lógico alto y 0 Hz para el nivel lógico bajo.

Inicialmente se pensó ocupar el circuito Integrado (CI) CD-4051 para generar la señal que posteriormente modularía nuestra información. Sin embargo, al utilizar el

CI XR-2206 se genera la señal moduladora y se lleva a cabo la modulación en el mismo circuito.

La señal a transmitir cuenta con niveles de voltaje positivo y negativo, lo que ocasiona problemas en la modulación. Esto se presenta debido a que el CI XR-2206 no trabaja con voltajes negativos. Por lo que es necesario introducir una señal sin voltaje negativo.

Debido a lo anterior, es necesario incluir una etapa previa a la modulación para adaptar la señal proveniente de la computadora o de la tarjeta de control a la entrada del CI XR-2206. Este problema se soluciona incluyendo un diodo rectificador para eliminar la parte negativa de la señal.

4.2.3 GENERADOR DE FUNCIONES MONOLITICO XR-2206

El CI XR-2206 está compuesto por cuatro elementos fundamentales: Un oscilador controlado por voltaje (VCO), un amplificador de ganancia unitaria, un grupo de switches de corriente y un multiplicador analógico. En la figura 4.4 se muestra el diagrama a bloques del CI XR-2206.

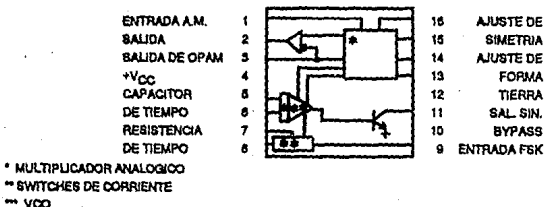
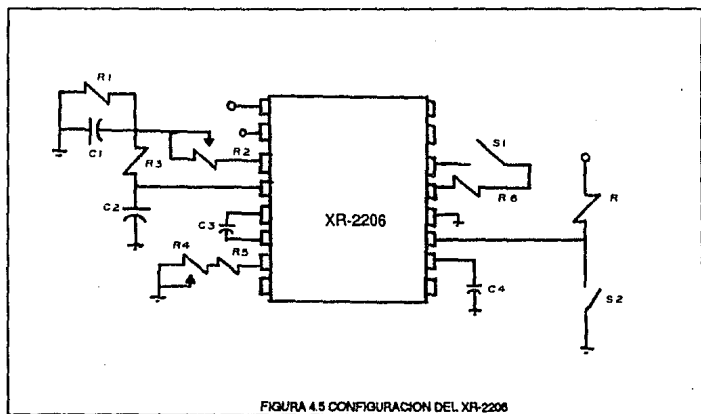


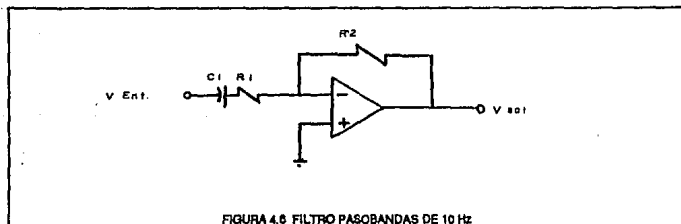
FIGURA 4.4 DIAGRAMA A BLOQUES DEL CI XR-2206

Previamente se estableció que la señal moduladora tendría una frecuencia de oscilación de 10 KHz. La frecuencia de oscilación de la señal moduladora se establece por medio de un capacitor externo temporizador, y por una resistencia de tiempo. El cálculo de este circuito se muestra en el (Apéndice A). En la figura 4.5 se pueden distinguir estos elementos dentro de la configuración en la que se conecta el CI XR-2206. Donde la resistencia de tiempo se encuentra formada por el arreglo de R_4 y R_5 , y el capacitor de tiempo C_3 .

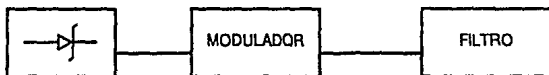


La señal de salida del XR-2206, tiene un nivel de offset, el cual es necesario eliminar para adaptar la señal de entrada a la etapa del emisor. Ya que este nivel de offset satura la siguiente etapa.

Para realizar dicha función se ocupó un filtro pasobajas. Teniendo como frecuencia de corte 1Hz. El diagrama del circuito del filtro pasobandas de primer orden se presenta en la figura 4.6 (Apéndice B).



En resumen, el bloque de modulación está formado por un diodo rectificador, el circuito modulador y un filtro pasobandas. Como se puede observar en la figura 4.7.



4.3 ETAPA DE EMISION

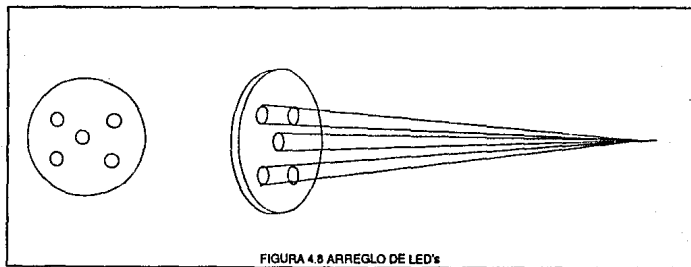
En la etapa final del transmisor, la señal modulada, se transforma en señales de luz Infrarroja. La parte más importante de la etapa de emisión, la constituye el LED infrarrojo que se utilizará. En el mercado nacional existe poca variedad de este tipo de LED's. Es difícil encontrar LED's comerciales de gran alcance.

El LED infrarrojo con el cual se logró un mayor alcance, fue el RADIO SHACK 276-142. Las características más importantes de este LED son:

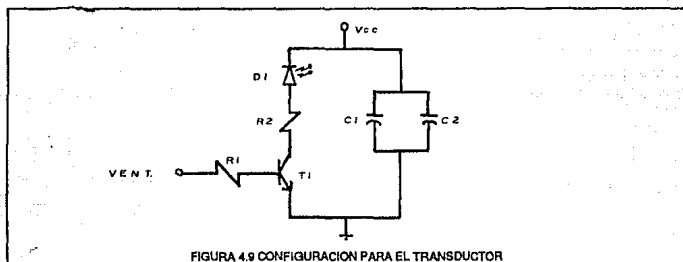
- Corriente Máxima 40 mA
- Potencia de salida 0.5 mW
- Longitud de onda 915 nm

Debido al pequeño ángulo de dispersión de los LED's empleados y con el propósito de que la señal de información tenga un mayor alcance, se implementó un arreglo de varios LED's en serie concentrando la señal infrarroja en un cono de base mínima.

Para concentrar los haces es necesario darle diferentes ángulos a cada led, incluso fue necesario colocarlos como se muestra en la figura 4.8. Ya que de colocarlos en línea recta la concentración se complicaría.



La configuración que se empleó en esta etapa se muestra en la figura 4.9 (Apéndice C).



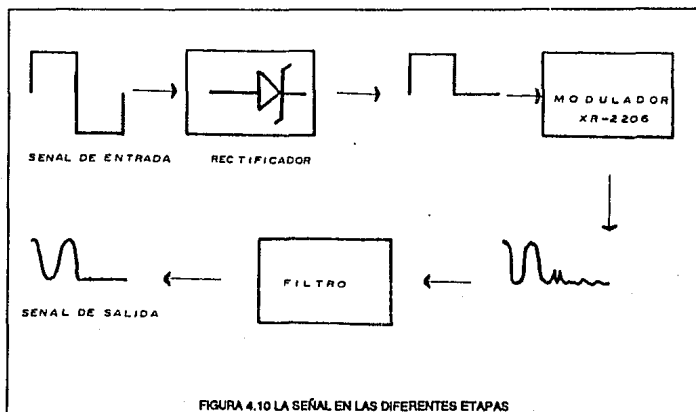
El transistor con que inicialmente se trabajó fue el BC-549, el cual a pesar de tener una buena respuesta en frecuencia para el ancho de banda requerido, no fue el más adecuado para los niveles de voltaje utilizados. Así que finalmente se trabajó con el transistor 2222N.

4.4 TRANSMISOR

El transmisor queda constituido por dos etapas: Un modulador y un emisor. La señal se está modulando en FSK ocupando una frecuencia de 0 Hz para el nivel lógico alto, y una de 10 KHz para el bajo. Para la emisión se está utilizando un arreglo de fototransistores.

El transmisor toma la señal, ya sea de la computadora o de la tarjeta de control, y la modula. Posteriormente, transforma la señal eléctrica en un haz infrarrojo, emitiendo la señal.

En la figura 4.10 se muestra un diagrama a bloques del transmisor, acompañado de las diferentes cambios que tiene la señal.



En la figura 4.11 se muestra un diagrama completo de transmisor.

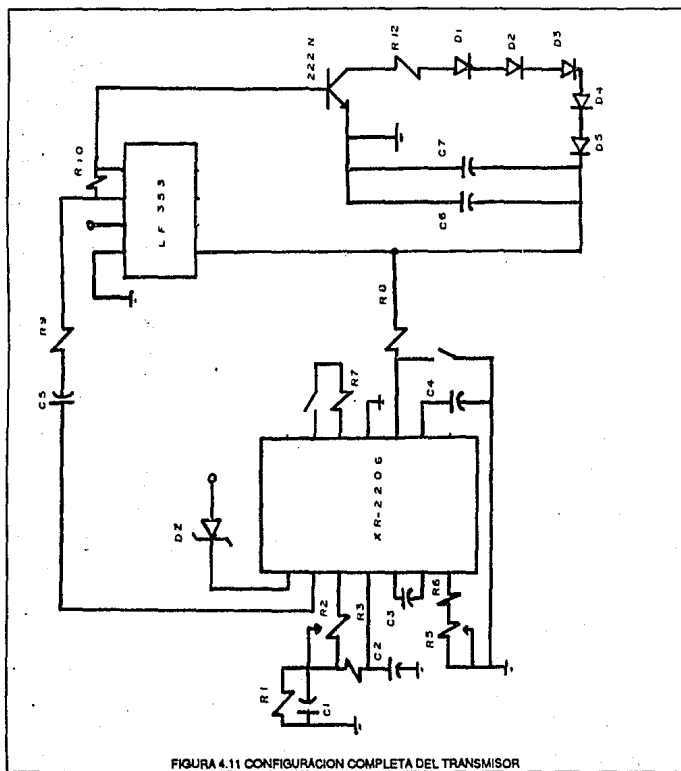


FIGURA 4.11 CONFIGURACION COMPLETA DEL TRANSMISOR

CAPITULO 5
DISEÑO E IMPLANTACION DEL RECEPTOR

CAPITULO 5

DISEÑO E IMPLANTACION DEL RECEPTOR

Una vez que la señal transmitida termina su paso por el canal de transmisión, se recibe en el receptor. La señal recibida es de pequeña amplitud y distorsionada debido a la atenuación y a las interferencias sufridas en el trayecto a lo largo del canal. Debido a lo anterior, se hace necesario procesar la señal recibida con el fin de adecuarla a las características de entrada de los puntos de comunicación. En general, el proceso que sigue la señal para lograr las características adecuadas, es el que se muestra a continuación:

- Recepción
- Filtrado
- Preamplificación
- Demodulación
- Amplificación
- Etapa para cuadrar la onda

Todas estas etapas se pueden observar en la figura 5.1, la cual muestra un diagrama a bloques del receptor.

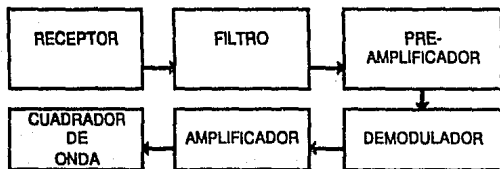


FIGURA 5.1 DIAGRAMA A BLOQUES DEL RECEPTOR

5.1 ETAPA DE RECEPCION

En esta etapa la señal es recibida como un haz de energía radiante el cual es necesario transformar a señal eléctrica. Esta es una señal débil y distorsionada como ya se comentó. Por lo anterior, se debe seleccionar un transductor con mayor sensibilidad a las ondas infrarrojas. En el mercado nacional existen pocos transductores con estas características.

Se seleccionó como transductor un fototransistor. Como la señal entra por la base del fototransistor hay una amplificación, razón por lo que la sensibilidad mejora. Esta es una de las principales razones por las que se hizo dicha selección. Sin embargo, el fototransistor no funciona solo, por lo que es necesario conectarlo con una configuración.

Esta configuración se muestra en la figura 5.2 (Apéndice D).

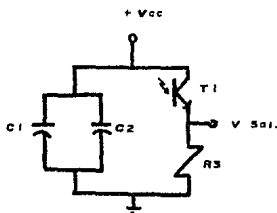


FIGURA 5.2 CONFIGURACION DE LA ETAPA DE RECEPCION

5.2 FILTRADO

La señal recibida trae consigo ruido e interferencia que son necesario eliminar mediante un filtro. La función de éste es la de permitir el paso únicamente a la información, eliminando de este modo el ruido.

La señal es enviada por el emisor en una señal modulada a 10 KHz. En la práctica, el envío de la señal se vuelve impreciso, es decir que no se tiene la seguridad de estar modulando a 10,000 Hz.

Se establece un límite de tolerancia de $\pm 2.5\%$, es decir que se tendrá un ancho de banda de 1KHz. De este modo el rango de frecuencias que se desea recibir es únicamente el que se encuentra entre la frecuencia límite inferior, 9.5 KHz y la frecuencia límite superior, 10.5 KHz. En la figura 5.3 se puede apreciar el filtrado de la señal.

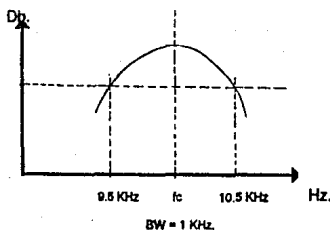


FIGURA 5.3 FILTRADO DE LA SEÑAL RECIBIDA

Se cuenta con dos opciones para realizar este filtrado: la primera sería el utilizar en cascada un filtro pasobajas y un filtro pasoaltas. El filtro pasobajas limitará

el paso de las frecuencia entre 0 Hz y 9.5 KHz. El filtro pasoaltas limitará el paso de las señales mayores a 10.5 KHz. Sin embargo, esta opción no es conveniente debido a que el ancho de banda que se maneja es pequeño. El uso de esta configuración se recomienda cuando la frecuencia superior es por los menos 10 veces la frecuencia inferior.

La segunda opción con que se cuenta es el uso de un filtro pasobanda. Este filtro permite el paso de un rango de frecuencias. Dependiendo de la calidad del filtro (Q), se tendrá una mejor selectividad. Al requerir un ancho de banda de 1 KHz y una frecuencia central de 10 KHz, es necesario utilizar un filtro con una Q de 10 como mínimo (Apéndice E).

Se implantó un filtro pasobandas de 2º orden. Utilizando la configuración Biquad. En esta configuración, se filtra y amplifica al mismo tiempo. Se diseña para obtener una amplificación de 10 veces la señal de entrada. En la figura 5.4 se puede apreciar la configuración que se está utilizando.

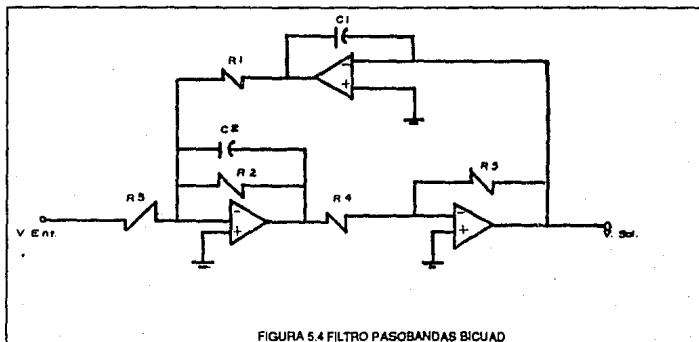


FIGURA 5.4 FILTRO PASOBANDAS BICUAD

Para los amplificadores operacionales (Opam's) se optó por utilizar el CI TL084. Principalmente debido a que la respuesta en frecuencia de este CI sí abarca el ancho de banda en el rango que se está trabajando. Además de que este CI cuenta con cuatro amplificadores y es un amplificador de bajo ruido.

Una vez filtrada la señal nos queda la señal modulada. Por lo que, para recuperar la señal de información es necesario demodular la señal. Esto constituye la siguiente etapa del receptor.

5.3 ETAPA DE PREAMPLIFICACION

Como ya se había mencionado, la señal llega con una gran atenuación, por lo que es necesario amplificarla antes de demodularla. Para amplificar la señal se ocupó un TL-084. Dado que no se habían utilizado los cuatro OPAM's que incluye el CI TL-084 que se ocupó en el filtro biquad, se utilizó el OPAM sobrante para la preamplificación. La configuración empleada es la de amplificador no inversor, la cual podemos observar en la figura 5.5. (Apéndice F).

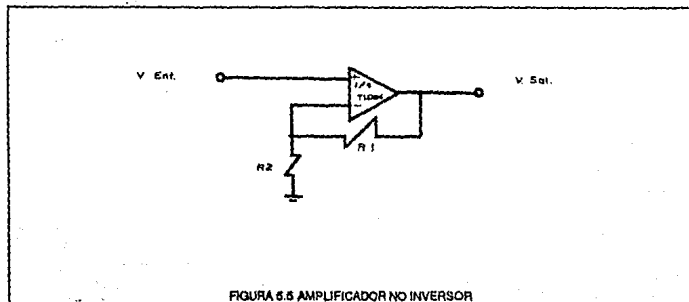
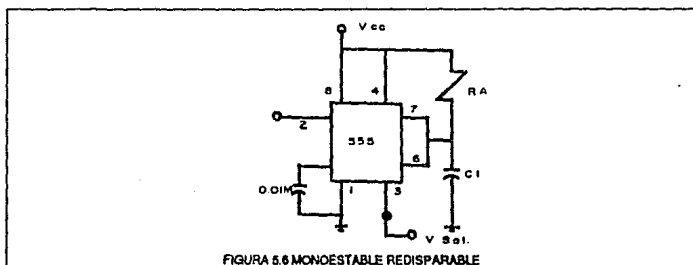


FIGURA 5.5 AMPLIFICADOR NO INVERSOR

5.4 ETAPA DE DEMODULACION

Como ya se mencionó, la señal que recibimos se encuentra modulada, por lo que es necesario incluir una etapa que la demodule. La demodulación consiste en eliminar la onda portadora, y dejar únicamente la señal de información, la cual es la moduladora. Para demodular la señal se utiliza el CI 555, en la configuración de mono estable redispensible. La forma en que se implanta se puede observar en la figura 5.6.



Debido a que la señal se encontraba modulada en 10 KHz, esta es la frecuencia que se utiliza para diseñar la configuración (Apéndice G).

5.5 AMPLIFICACION

A la salida del demodulador, la señal de información no cuenta con los niveles de voltaje necesarios para cubrir los requerimientos de la norma RS-232. Debido a esto es necesario amplificar de nuevo la señal.

Con esta amplificación, lo que se busca es saturar la señal para obtener niveles de voltaje dentro del rango especificado en la norma.

Para implantar esta etapa se recurrió a la etapa de preamplificación, por lo cual no fue necesario realizar un nuevo diseño, ya que con esto se cubrirían las necesidades.

5.6 ETAPA PARA CUADRAR LA ONDA

Dado que la salida del demodulador no entrega una onda que esté completamente cuadrada se hizo necesario integrar una etapa para realizar la corrección en la onda.

Se seleccionó trabajar con la configuración que se muestra en la figura 5.7. Para lo cual se trabajó con el transistor 2222N, la justificación del por que utilizar dicho transistor se encuentra en el capítulo anterior.

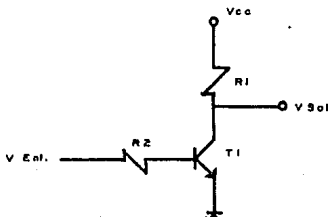


FIGURA 5.7 CUADRADOR DE ONDA

Esta es una configuración muy simple, por lo que no se requiere de un cálculo muy complicado. Para su diseño se necesita únicamente limitar la corriente que se desea manejar en la base, la cual queda determinada por el voltaje colector-emisor y el valor de la R_2 .

5.7 ETAPA REPETIDORA

Debido a la posición que guardan los transmisores respecto a los receptores (Figura 3.2) y a que no se logra el alcance de transmisión, se requiere de una etapa que en un determinado punto, dirija la señal infrarroja exactamente hacia el receptor.

La localización de los repetidores se muestra en la figura 5.8.

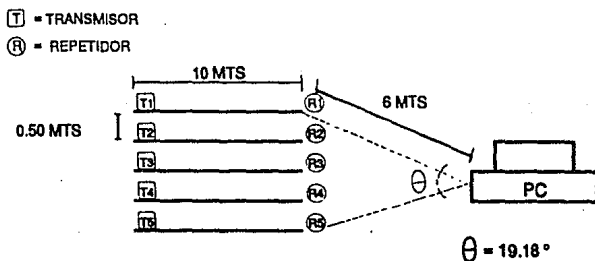
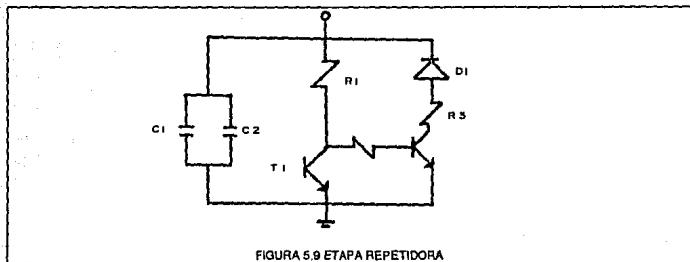


FIGURA 5.8 LOCALIZACION DE LOS REPETIDORES

El repetidor debe tener una etapa de recepción y otra de emisión tanto para transmitir la señal que envía la computadora como para la señal proveniente de los sensores.

La configuración empleada para el repetidor se muestra en la figura 5.9.



5.8 RECEPTOR

El diseño del receptor se basó en las modificaciones que se tenían que hacer sobre la señal recibida con el fin de adaptarla y lograr las características necesarias para su proceso en la microcomputadora y la tarjeta de control.

De esta forma, el receptor se encuentra formado por una etapa que recibe la señal, un filtro que elimina el ruido, un preamplificador que amplifica la señal filtrada, ya que ésta llega a este punto con un nivel de voltaje muy bajo.

También se cuenta con un demodulador que nos permite recuperar la información, eliminando la onda portadora. Una vez recuperada la información, se hace necesario amplificarla para lograr los niveles de voltaje requeridos a la entrada tanto de la microcomputadora como de la tarjeta de control.

Finalmente, dado que la señal recibida no es del todo una señal cuadrada, se incluye una etapa cuadradora de onda. El que se haya modulado la señal en el transmisor nos obliga a implantar una etapa que nos de module la señal.

Y, dado que la parte que recibe la señal, una computadora o una tarjeta de control, manejan la norma RS-232, se tiene que lograr ciertos niveles de voltaje. De ahí que sean necesarias las partes en las que se amplifica la señal. El cuadrar la señal es para darle mayor confiabilidad a la información.

La implantación completa del receptor se muestra en la figura 5.10.

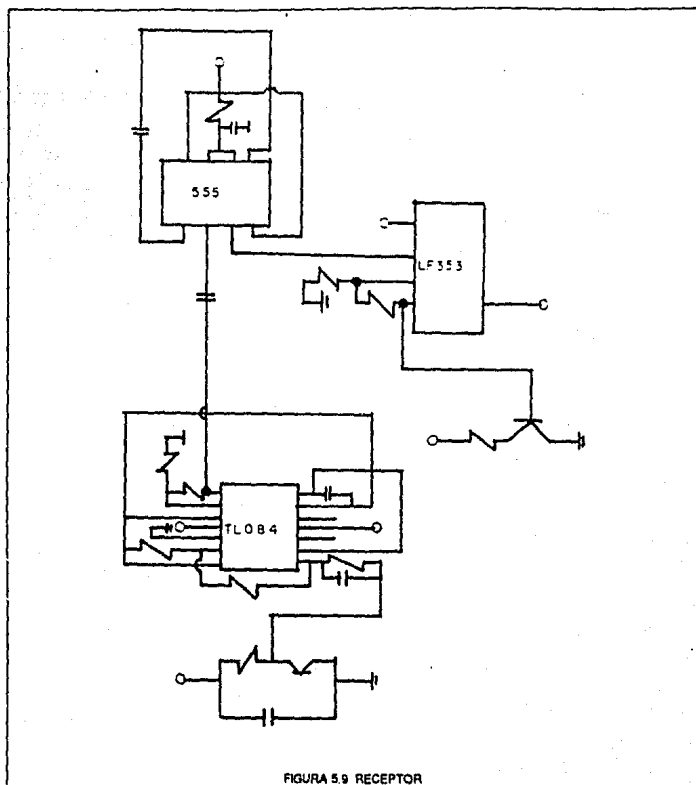


FIGURA 5.9 RECEPTOR

CAPITULO 6
PRUEBAS Y RESULTADOS

CAPITULO 6

PRUEBAS Y RESULTADOS

Las primeras pruebas que se realizaron fueron de alcance, utilizando un arreglo simple como emisor, con el fin de lograr una distancia de transmisión de 16 mts. También fueron realizadas pruebas de comunicación del sistema con información simulada y sobre el modelo real.

6.1 PRUEBAS DE DISTANCIA

Estas pruebas se realizaron simulando la información mediante un generador de señales y observando si se lograba la distancia requerida mediante una tarjeta detectora de infrarrojo RADIO SHACK además de un osciloscopio colocado a las salidas de la configuración de la etapa de recepción.

Las pruebas se realizaron tanto a la luz del día como en la oscuridad. La distancia alcanzada durante las pruebas con luz de día esta por debajo de la alcanzada en la oscuridad. Esto debido a la gran interferencia que representan las señales infrarrojas provenientes de la luz solar. Aún en la oscuridad, no fue posible alcanzar la distancia requerida de 16 mts.

Para solucionar este problema y lograr una transmisión infrarroja aceptable se diseñó un repetidor. Con ayuda de este, se logra una distancia casi 60 % mayor a la obtenida sin él. De este modo, se logra transmitir la señal infrarroja a la distancia requerida de 16 mts.

Como se puede apreciar en la Tabla de Resultados (Tabla 6.1) la transmisión de señales infrarrojas tiene un mayor alcance al realizarse en la oscuridad y con el uso de un repetidor.

PRUEBAS DE DISTANCIAS		
	SIN REPETIDOR	CON REPETIDOR
LUZ DE DÍA	10 MTS	16.5 MTS
OSCURIDAD	11.4 MTS	18 MTS

Una vez lograda la distancia, se procede a la realización de pruebas de transmisión.

6.2 PRUEBAS DE TRANSMISION

En cada una de las etapas del sistema de comunicación se realizaron pruebas individuales. Una vez que funcionaron por separado, se procedió a acoplar el receptor y emisor en un "Protoboard" (tarjeta para armar circuitos).

Con el emisor acoplado en el "Protoboard", fue sencillo observar que el diseño original del receptor requería modificarse con el fin de adaptar la señal de salida del filtro a las características de entrada del demodulador. De este modo, se hace necesario añadir una etapa de amplificación entre la etapa de filtrado y la demodulación.

También se observó que el demodulador no proporcionaba el nivel de voltaje requerido por la norma RS-232, además de que la señal no se encontraba completamente cuadrada. Por lo anterior, se decide incluir un cuadrador de onda.

Al comenzar las pruebas de transmisión entre los dos bloques, transmisor y receptor, se presentaron problemas dado que el filtro diseñado para el receptor es muy selectivo. Debido a que el ancho de banda que se desea recibir es muy pequeño, fue difícil entonar el filtro a la frecuencia de la señal. Al realizar el enlace de transmisión, la señal transmitida era prácticamente desechada por el filtro.

Al tratar de solucionar este problema, se observó que se tenía mayor dificultad al intentar entonar el filtro a la frecuencia de la señal. Por lo que se optó por modificar la frecuencia de la portadora, de manera que coincidiera con la banda de paso del filtro.

Una vez que la transmisión se logró, se procedió a la realización del circuito impreso. En donde se presentaron problemas debido a las capacitancias del "Proto-board". Este problema se solucionó básicamente al realizar cambios en los valores de los componentes.

6.3 MONTAJE DEL SISTEMA DE TRANSMISION

Al montar el sistema de comunicación en el sensor de nivel y realizar las pruebas del sistema completo de comunicación, se presentó el problema de que había interrupciones en la transmisión. Estas interrupciones en la transmisión se originaban por las vibraciones de los motores, que al correr a lo largo del riel, desajustaban el enfoque emisor-receptor.

Es para solucionar este problema que se diseña un arreglo de 5 LED's en serie, de modo que el haz de luz infrarrojo se concentre en un área mayor, permitiendo que aún con el movimiento, el haz permanezca enfocado.

6.4 RESULTADO DEL PROYECTO

Como se mencionó al inicio de este trabajo de tesis, este trabajo es parte de un proyecto constituido por 4 subproyectos mas:

- Construcción del Modelo Fluvial
- Diseño e Implantación de los Sensores de Nivel
- Desarrollo del Sistema de Procesamiento de Datos
- Análisis de la Información Procesada

Los sistemas: digital de control y mecánico del proyecto y de procesamiento de datos ya funcionaban cada uno por separado, pero hacía falta un sistema de comunicación que enlazara la microcomputadora y el sistema digital.

En la actualidad, este sistema de comunicación funciona en conjunto con los demás subproyectos. El sistema se encuentra trabajando sobre un modelo a escala desarrollado por el Area de Hidráulica del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

El uso de sistemas automáticos para el estudio de modelos fluviales, permite mantener un muestreo constante las 24 horas del día. De este modo es posible conocer el comportamiento de modelos fluviales a lo largo del día y bajo diferentes condiciones ambientales.

Al realizar mediciones de manera automática, es decir, sin la intervención del hombre, se evitan errores humanos. Obteniéndose, de este modo, información más precisa.

Nuestro trabajo de tesis forma parte de un proyecto de simulación de sistemas fluviales bajo diferentes condiciones. Debido a lo anterior, y dado que las condiciones y características a cubrir mediante este trabajo de tesis se encontraban previamente definidas, no se contó con la libertad deseada para realizar mejoras que sobre la práctica se hicieron factibles.

La penúltima etapa de este proyecto de simulación la constituye nuestro trabajo de tesis. La cual tuvo como objetivo desarrollar un sistema de comunicación que enlace dos etapas del proyecto. Las etapas enlazadas fueron la de procesamiento de información y la del medidor automático de nivel.

Se estableció la comunicación entre una microcomputadora y una tarjeta de control.

Existían diferentes opciones para realizar el enlace de comunicación. Por lo que fue necesario realizar un estudio de las condiciones en las que se llevaría a cabo la comunicación.

Como mencionamos, el enlace de comunicación se estableció entre dos etapas ya concluidas. Esto marcó una serie de condiciones preestablecidas a la tesis.

Las necesidades del proyecto en general exigían la transmisión de una señal de información a través de un medio físico agresivo a una distancia de 16 mts.

Una vez identificadas las condiciones y necesidades del proyecto, fue posible realizar el análisis de los diferentes medios de transmisión con que se cuenta. Para posteriormente elegir el medio de comunicación que cubrió las necesidades del proyecto y se ajustó a las condiciones preestablecidas.

Para las necesidades y condiciones inherentes del proyecto, el medio óptimo de transmisión es el de un haz de luz infrarrojo enviado a través del aire.

La mayoría de los problemas presentados en el desarrollo de este trabajo está relacionada con la transmisión de señales infrarrojas. Lo anterior, principalmente debido a que en el país se dispone de pocos modelos de LED's infrarrojos y sus respectivos sensores infrarrojos. El haz de luz infrarrojo no se percibe por el ojo humano a la vez que la energía se irradia en forma de cono, más concentrado el haz en la parte central. Esto dificulta la alineación emisor-receptor así como su enfoque.

El arreglo de LED's permitió un mayor enfoque del haz infrarrojo.

La implantación de este sistema de comunicación vía infrarroja tiene un costo accesible gracias a los componentes que se utilizan. Asimismo el diseño de los circuitos no son complejos.

Dadas las dificultades presentadas para la transmisión de la señal infrarroja sobre el modelo fluvial, se recomienda el uso de este tipo de transmisión únicamente en distancias de transmisión no mayores a 12 metros y sin presencia de luz.

Para distancias mayores a 20 metros y sistemas de transmisión inalámbrico se recomienda el uso de diodos láser. Aunque son difíciles de conseguir en el mercado y tienen un costo elevado.

La opción que se escogió para la implantación del sistema de comunicación puede tener otras aplicaciones prácticas y no se limita a solo a este caso. Para el mismo diseño, puede utilizarse fibra óptica como medio de transmisión.

El uso de un sistema de transmisión vía radio es recomendable para cubrir distancias mayores y en los casos en que los puntos a comunicar no se encuentren a punto de vista. Este tipo de transmisión tiene un costo mayor en comparación con la transmisión infrarroja además de representar mayor complejidad en su implantación.

El enlace de comunicación opera correctamente y cumple su objetivo. En este momento se encuentra trabajando en conjunto con la totalidad de las etapas.

Esta tesis servirá de guía para los usuarios del sistema de comunicación y para el mantenimiento del equipo.

APENDICES

APENDICE A

DISEÑO DEL MODULADOR

El circuito integrado XR-2206 genera una onda portadora por la que viajará la información. Para esta onda portadora se fijó un valor de 10 KHz como frecuencia de oscilación.

La frecuencia de oscilación de la señal portadora se establece por medio de un capacitor externo temporizador (colocado entre los pines 5 y 6 del circuito) y por una resistencia de tiempo (colocada entre el pin 7 y tierra). La frecuencia de oscilación de la onda portadora, el capacitor y la resistencia de tiempo se encuentran relacionados con la siguiente función.

$$f_o = \frac{1}{RC} \text{ Hz}$$

donde:

f_o = Frecuencia de oscilación de la señal portadora (Hertz)

R = Resistencia de tiempo (Ohms)

C = Capacitor temporizador (Farads)

Se establece un valor comercial de 10 nanofarads para el capacitor. Despejando el valor de la resistencia de tiempo se tiene:

$$R = \frac{1}{f_o C} \text{ OHMS}$$

sustituyendo los valores tanto del capacitor como la frecuencia establecida, se tiene:

$$R = \frac{1}{(10\text{kHz})(10\text{E-9farads})} = 10,000 \text{ ohms}$$

por lo tanto, se utilizará una resistencia de 10 Kohms.

En la Figura A.1 se puede observar la configuración completa del XR-2206 para generar una portadora de 10 KHz y modular en FSK.

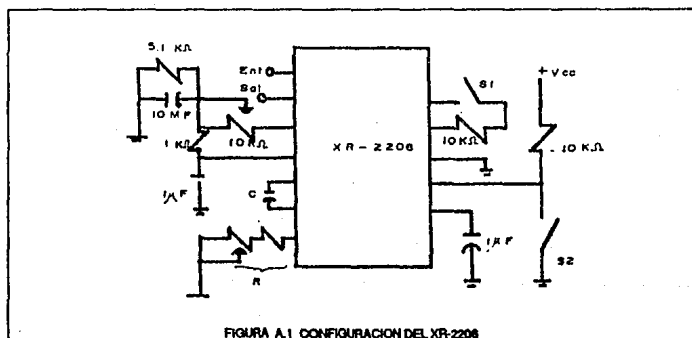


FIGURA A.1 CONFIGURACION DEL XR-2206

APENDICE B

DISEÑO DEL FILTRO PASOALTAS

Como se mencionó en el capítulo 4 de Diseño e Implantación del Transmisor, se ocupará un filtro pasoaltas de 10 Hz. Con el propósito de eliminar el nivel de offset de la señal del CI XR-2206.

Para la realización del filtro se seleccionó un filtro pasoaltas de 1er orden, de 6 dB/oct. El OPAM que se utilizó fue el LF 353, el cual posee las mismas características de operación que el TL084, siendo la única diferencia que el empaque de este CI solo contiene dos amplificadores. De este modo se evita el desperdicio de tres amplificadores.

El diagrama funcional a bloques del CI LF-353 se muestra en la figura B.1.

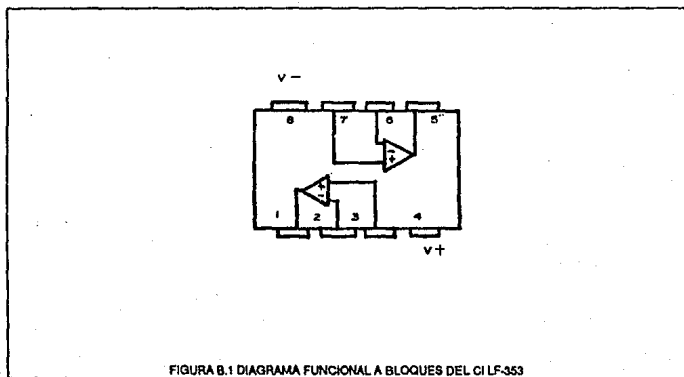


FIGURA B.1 DIAGRAMA FUNCIONAL A BLOQUES DEL CI LF-353

El filtro pasobandas tiene la siguiente relación que nos ayuda a determinar la frecuencia de corte.

$$f_1 = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

Donde:

f_1 = Frecuencia de corte (Hertz)

R_1 = Resistencia para calculo de la frecuencia de corte (Ohms)

C_1 = Capacitor para calculo de la frecuencia de corte (Farads)

La frecuencia de corte es aquella a partir de la cual se empezará a filtrar la señal. En este caso esta frecuencia se fija en 10 Hz. Y se fija un capacitor de 1 μ F. De donde la resistencia tendrá un valor de 15.91 Kohms . Sustituyendo por la de un valor comercial de 15 Kohms.

De esta forma el filtro pasobandas queda con la configuración que se muestra en la figura B.1. En dicha configuración se logra una ganancia (A), determinada por la siguiente relación:

$$A = \frac{R_2}{R_1}$$

Se fija una ganancia de 5, debido a esto el valor de R_2 será de 75 Kohms. Por lo que se usa un valor comercial de 68 Kohms. De esta forma queda descrito el diseño de este filtro.

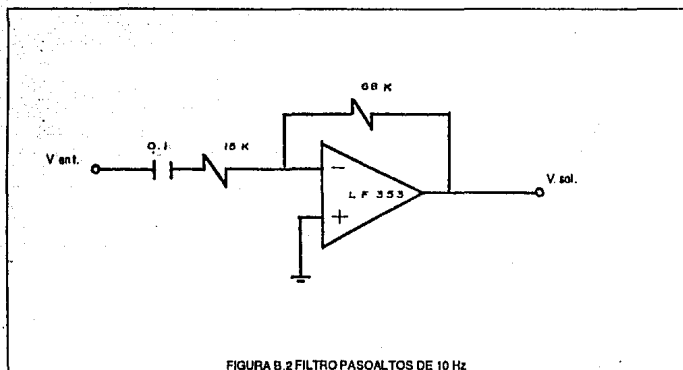


FIGURA B.2 FILTRO PASOALTOS DE 10 Hz

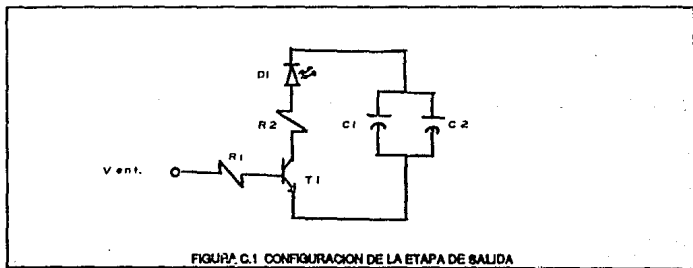
APENDICE C

CALCULO DE LA ETAPA DE SALIDA

En la etapa de salida, como ya se comentó se realiza la transformación de la señal de información en forma de energía eléctrica a un haz de luz infrarroja.

Con el fin de ganar una mayor distancia de transmisión, se diseña un arreglo de 5 LED's emisores de luz infrarroja. Estos LED's trabajan con una corriente máxima de 40 mA y a un voltaje máximo de 2 volts.

En la figura C.1 se muestra la configuración de la etapa de salida.



De la figura C.1 se observa que :

$$I_e = I_c = I_{Led's}$$

por lo tanto, la corriente en el emisor será:

$$I_e = 40 \text{ m Amperes}$$

Se alimenta a la etapa de salida con la misma fuente de 12 volts que al resto del transmisor, por lo tanto se tiene que:

$$V_{cc} = 12 \text{ Volts}$$

Dado que los LED's se encuentran en serie, el voltaje total de los led's1 será de:

$$V_{led's} = 10 \text{ Volts}$$

Resolviendo la malla de colector se tiene la siguiente ecuación:

$$V_{cc} = V_{Rc} + V_{Led's} + V_{ce sat}$$

se sabe que el: $V_{Rc} = I_o * R_c$

sustituyendo en la ecuación de la malla de colector, se tiene :

$$V_{cc} = (I_o * R_c) + V_{Led's} + V_{ce sat}$$

todos los valores de la ecuación anterior son conocidos, excepto el valor de la resistencia de colector R_c , por lo que al ser despejada R_c se tiene la siguiente ecuación:

$$R_c = \frac{-V_{cc} + V_{Led's} + V_{ce sat}}{I_o}$$

sustituyendo valores, se tiene :

$$R_c = \frac{12 - 10 - 0.2}{-200 \text{ E-3}}$$

de donde, R_c toma un valor de:

$$R_c = 45 \text{ OHMS}$$

dado que no existe en valor comercial la resistencia de 34 Ohms, se utiliza una resistencia de 33 Ohms.

Para el cálculo de la malla de base, se tiene que, a la entrada de la malla se recibe una señal con una amplitud de 3 volts pico a pico. De los cálculos anteriores, se obtuvo que :

$$I_c = 200 \text{ mA}$$

Se sabe la relación:

$$I_c = \beta I_b$$

Obtenido el valor de β del manual del fabricante, tenemos que:

$$\beta = 200$$

De este modo, se despeja el valor de I_b y sustituyendo valores, se tiene:

$$I_b = \frac{I_c}{\beta} = \frac{100 \text{ mA}}{200} = 1 \text{ mA}$$

Conocido el valor de la corriente que fluye por la base del transistor, es necesario realizar el análisis que permita obtener el valor de la resistencia de base para mantener esta corriente.

Analizando los voltajes de la malla de entrada, se observa que el voltaje a la entrada de la malla (3 volts) es igual a la caída de voltaje que se tendrá en la resistencia de base mas la caída de voltaje entre la base y el emisor, de donde se obtiene:

$$V_{entr} = V_{Rb} + V_{BE}$$

Se conoce que la caída de voltaje entre la base y el emisor es aproximadamente 0.7 volts. El voltaje en la resistencia de base V_{Rb} es igual al producto de la corriente que fluye por la resistencia y el valor mismo de la resistencia. Sustituyendo estas relaciones, se tiene:

$$V_{entr} = I_b * R_b + 0.7$$

Realizando el despeje del valor de la resistencia de base R_b , se tiene:

$$R_b = \frac{V_{entr} + 0.7}{I_b}$$

Sustituyendo valores:

$$R_b = \frac{3 \text{ volts} + 0.7}{1 \text{ mA}}$$

Efectuando la operación se obtiene un valor de 3.3 K para la resistencia de base R_b , el cual es un valor comercial.

APENDICE D

CALCULOS DE LA ETAPA DE RECEPCION

En esta etapa se hace la transformación de energía luminosa a eléctrica. Para lo cual se hace necesario un transductor para realizar dicho cambio. En este caso, como ya se mencionó en el Capítulo 5, se utiliza un fototransistor.

El fototransistor utilizado es el RADIO SHACK modelo 276-145. Sus características principales son las siguientes:

Voltaje Colector-Emisor (V_{ce})	: 30.0 V
Potencia de Disipación	: 100.0 mW
Voltaje Colector-Emisor en saturación	: 0.3 V
Tiempo de Rizo	: 8.0 S
Corriente del Fototransistor con señal	: 0.4 mA

Es un fototransistor NPN, de silicón con empaque T-1_{3/4}. Tiene alta velocidad y alta sensibilidad, ideal para aplicaciones de switcheo en infrarrojo. El transistor se trabaja con la configuración mostrada en la figura E.1.

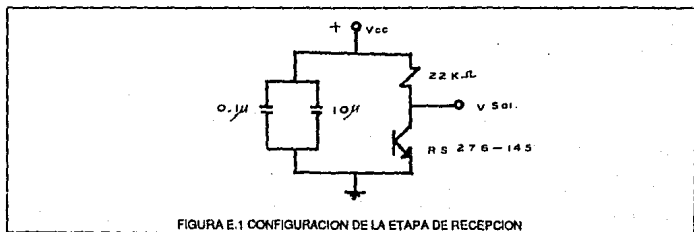


FIGURA E.1 CONFIGURACION DE LA ETAPA DE RECEPCION

Como se puede apreciar en la figura E.1 solo se cuenta con una malla, la cual queda determinada por la siguiente relación:

$$V_{cc} = V_{cesat} + V_c R \quad \text{--- (1)}$$

$$V_{cc} = V_{cesat} + I_c R \quad \text{--- (2)}$$

donde:

V_{cc}	= Voltaje de alimentación	= 9.0 V
V_{cesat}	= Voltaje de saturación del transistor	= 0.3 V
I_c	= Corriente de colector	= 0.4 mA

Sustituyendo estos valores en la fórmula (2), se tiene que $R = 21.75$ Kohms, por lo que se ocupó una resistencia de 22 Kohms, siendo esta última de valor comercial.

APENDICE E

CALCULO DEL FILTRO

Como ya se habia mencionado se utilizó un CI TL084 para los amplificadores. Como se puede observar en la figura F.1 el TL084 cuenta con cuatro amplificadores operacionales en el mismo circuito. Esto facilita la implantación del filtro y reduce costo. Debido a que el filtro pasobandas biquad requiere tres OPAM's, como se podrá ver en la figura E.2.

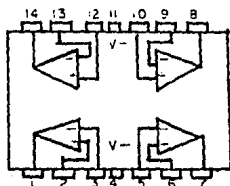


FIGURA E.1 DIAGRAMA DEL CI TL084

Para el cálculo de los componentes en la configuración Pasobandas Biquad se cuenta con las siguientes relaciones:

$$R_1 = \frac{Q}{Gw_0 C}$$

$$R_2 = \frac{Q}{w_0 C}$$

$$R_3 = R_4 = \frac{1}{w_0 C}$$

donde:

$$Q = \text{Factor de calidad} = \frac{w_0}{BW}$$

$$BW = \text{Ancho de banda} = w_2 - w_1 \text{ (rad/s)}$$

$$w_0 = \text{frecuencia central (rad/s)}$$

$$C = \text{Capacitor para fijar la } w_0 \text{ (Farads)}$$

$$R_1 = \text{Resistencias para fijar la } w_0 \text{ (}\Omega\text{)}$$

$$w_2 = \text{Frecuencia de corte inicial (rad/s)}$$

$$w_1 = \text{Frecuencia de corte final (rad/s)}$$

$$G = \text{Ganancia del filtro}$$

Estas relaciones son las que ayudan a diseñar el filtro en la frecuencia que se busca. Para poder llevar a cabo el diseño es necesario determinar algunos valores.

El valor de la frecuencia central (10 KHz) se fijó en el capítulo correspondiente al Diseño e Implantación del Transmisor.

Y debido a que se buscó que fuera un filtro que permitiera el paso a la frecuencia de la modulación únicamente se determinó un ancho de banda de 1 KHz.

Otros valores que fue necesario establecer fueron: el del capacitor de 4.7 nanofarads y el de la ganancia de 10 veces. Dados estos valores y de acuerdo con las fórmulas correspondientes se tienen los siguientes resultados:

$$w_0 = 62.8 \text{ Krad/s}$$

$$w_0 = 59.7 \text{ Krad/s}$$

$$\omega_0 = 65.9 \text{ Krad/s}$$

$$BW = 6.28 \text{ krad/s}$$

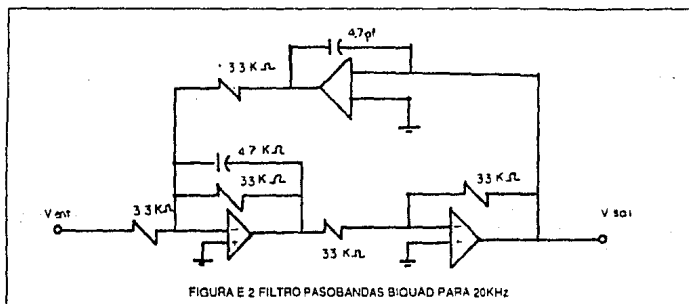
$$Q = 10$$

$$R_1 = 3.38 \text{ Kohms} = 3.3 \text{ K ohms} \quad (\text{Valor comercial})$$

$$R_2 = 33.87 \text{ Kohms} = 33 \text{ s} + 820\text{Kohms} \quad (\text{valor comercial})$$

$$R_3 = R_4 = 3.38 \text{ Kohms} = 3.3 \text{ Kohms} \quad (\text{valor comercial})$$

Debido a todos los cálculos realizados el Filtro Pasobandas Biquad queda determinado como se muestra en la figura E.2.



APENDICE F

CALCULOS DE LA AMPLIFICACION

Existen dos etapas en las que se va a aplicar este diseño por requerir las mismas especificaciones. Sin embargo en una de ellas se ocupa un OPAM de un CI TL 084, y en la otra un CI LF 353.

Ambos circuitos poseen las mismas características en su respuesta, como ya se había mencionado en el apéndice B, siendo la única diferencia que el primero contiene cuatro OPAM's en su empaque mientras que en el otro tan solo dos.

Este amplificador se va a aplicar en las etapas de preamplificación y amplificación en el receptor.

Se utiliza un amplificador no inversor el cual tiene la siguiente relación de ganancia:

$$A = \frac{R_2}{R_1} + 1$$

donde:

A = Ganancia del amplificador

R_1 = Resistencias del circuito, las cuales se pueden observar en la figura

F.1.

Fijando una ganancia de 15, y una R_1 de 1Kohm, se tiene una resistencia R_2 de 210 Kohms, por lo que se va a utilizar el valor comercial de 220 Kohms.

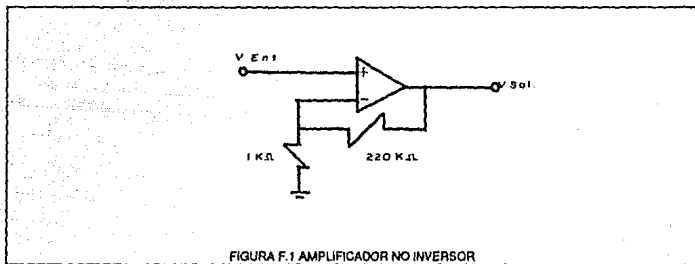


FIGURA F.1 AMPLIFICADOR NO INVERSOR

APENDICE G

CALCULOS DEL DEMODULADOR

Una de las etapas que corresponden al receptor es la de demodulación de la señal. Esta se realiza con el objeto de poder recuperar la información. Ya que en el transmisor se modula la señal para tener una comunicación más confiable.

Para tal motivo se utiliza un circuito monoestable redisparable, el cual se implantó con un CI 555. Este circuito se activa cada vez que se presenta un cambio en la señal, el cual puede ser de bajada o de subida.

Esto se especifica según el caso. En esta ocasión se implantó para cuando se tiene en subida.

El diseño de este circuito depende de la frecuencia que se seleccionó para la onda portadora. Ya que lo que se quiere eliminar es esta onda precisamente.

Sin embargo no se toma el valor tal cual, sino que se le dá un período más grande, lo que disminuye la frecuencia que se selecciona.

Esto es porque el circuito es redisparable y si se le diera exactamente la misma frecuencia habría discontinuidad en la señal.

Para esta caso se selecciona 9.9 KHz. Con lo cual se evita tener la discontinuidad en la señal.

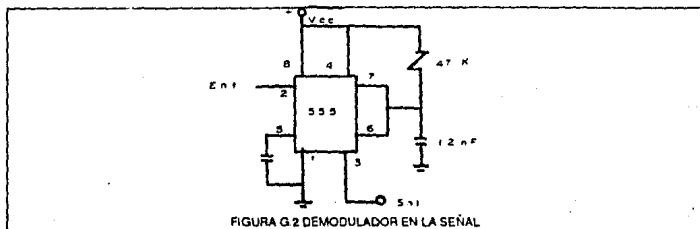
La configuración monoestable redispensible se muestra en la figura G. Esta configuración tiene la siguiente relación para demodular la señal:

$$f = \frac{1}{2(3.1415)RC}$$

donde:

- f = Frecuencia de la onda portadora (Hertz)
- R = Resistencia (Ohms)
- C = Capacitor (Farads)

Se fija el valor del capacitor en 1.2 nanofarads. Y se tiene entonces una resistencia de 13.397 Kohms. Por lo que se utiliza un preset de 47 Kohms para la implantación del demodulador.



BIBLIOGRAFIA

Schilling, Taub
PRINCIPLES OF COMMUNICATIONS SYSTEMS
Editorial Mc Graw Hill
Singapur, Tailandia

Carr, Joseph
ELEMENTS OF MICROWAVE ELECTRONICS TECHNOLOGY
Technology Publications
Nueva York, Estados Unidos

Melksin, Z. H.
**COMPLETE GUIDE TO ACTIVE FILTER DESIGN, OPAMS AND
PASSIVE COMPONENTS**
Editorial Prentice Hall
Nueva Jersey, Estados Unidos

Johnson, David E.
INTRODUCTION TO FILTER DESIGN
Editorial Prentice Hall
Nueva Jersey, Estados Unidos

Markus
MODERN ELECTRONIC CIRCUITS REFERENCE MANUAL
Editorial Mc Graw Hill
California, Estados Unidos

Gage, Evans, Hodapp
OPTOELECTRONICS FIBER OPTICS APLICATIONS MANUAL
Editorial Mc Graw Hill
Illinois, Estados Unidos

Siemens
COMPONENTES ELECTRONICOS
Editorial Marcombo
Barcelona, España

Baéz Lira, Claudia
TESIS DISEÑO DE ADQUISIDORES DE DATOS
U.N.A.M. 1990

Fabián Marín, Andrea
TESIS MEDIDORES DE NIVEL PARA MODELOS FLUVIALES
U.N.A.M. 1991

Kennedy, George
ELECTRONIC COMMUNICATION SYSTEMS
Editorial Mc Graw Hill
Nueva York, Estados Unidos

MANUALES

TTL DATA BOOK
TEXAS INSTRUMENTS

TTL
LINEAR NATIONAL

OPTOELECTRONICS SELECTION GUIDE
FAIRCHILD