

**SISTEMA DE ALARMAS Y MONITOREO REMOTO DEL RIO SAN JUAN
EN LA LOCALIDAD DE ISTMINA - CHOCÓ**

CRISTIAN LONDOÑO GARCÉS

**INSTITUCION UNIVERSITARIA DE ENVIGADO
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA INGENIERIA ELECTRONICA
ENVIGADO
2012**

**SISTEMA DE ALARMAS Y MONITOREO REMOTO DEL RIO SAN JUAN
EN LA LOCALIDAD DE ISTMINA - CHOCÓ**

CRISTIAN LONDOÑO GARCÉS

Trabajo De Grado Para Optar Al Título De Ingeniero Electrónico

Asesor

Luis Eduardo García Jaimes
Ingeniero electrónico y docente

**INSTITUCION UNIVERSITARIA DE ENVIGADO
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA INGENIERIA ELECTRONICA
ENVIGADO
2012**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

DEDICATORIA

A DIOS, A LOS ANGELES Y AL SANTO ECCEHOMO.

A mi madre y abuela BERTHA MARIA GARCÉS MOSQUERA y ARMINDA MOSQUERA DE GARCÉS, por su paciencia, por su esfuerzo, por su motivación y apoyo tanto económico como espiritual y psicológico que de manera incondicional siempre están y así mi superación profesional y personal sea un hecho, a mi hermano ALEJANDRO RIVAS GARCÉS por su apoyo, confianza, amistad, colaboración permanente y constante, a mi novia AMARILIS RIOS TAMAYO por estar siempre ahí a mi costado apoyándome, por no dejarme desfallecer y continuar en este camino a la superación, por sufrir siempre mis momentos difíciles y gozar mis alegrías, a MIGUEL ANGEL, CAMILO, WALTER, YANETH por su apoyo, guía y amistad. A todos los demás familiares que de alguna manera siempre creyeron en mí y estuvieron apoyándome. A mis amigos y compañeros por los momentos de dolor y tristeza, por las alegrías, porque sin su ayuda incondicional todo seguramente hubiera sido más difícil.

Los Quiero Con Mi Alma y Corazón

CRISTIAN LONDOÑO GARCÉS

AGRADECIMIENTOS

A todos los profesores que hicieron parte de la formación personal y profesional recibida.

Luis Eduardo García Jaimes, Ingeniero Electrónico, asesor de este proyecto de grado, gracias por su dedicación, responsabilidad y apoyo incondicional en la realización de este proyecto.

Diana Pilar Jiménez, gracias por la constante motivación, credibilidad y asesoría metodológica para el desarrollo de este proyecto.

A mis compañeros por su apoyo en mi formación académica y personal y a todas las personas que directa e indirectamente estuvieron involucradas en el desarrollo del proyecto.

Mil gracias a todos.

CONTENIDO

GLOSARIO	13
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN.....	17
1 PRESENTACION DEL TRABAJO DE GRADO.....	19
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	23
1.3.1 Objetivo General.....	23
1.3.2 Objetivos Específicos.....	23
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
1.5 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
1.6 DISEÑO METODOLÓGICO.	26
1.6.1 Etapa 1.....	26
1.6.2 Etapa 2.....	26
1.6.3 Etapa 3.....	27
1.6.4 Etapa 4.	27
1.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	28
1.8 PRESUPUESTO	29
2. SISTEMAS HIDROMÉTRICOS O SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA Y SUS APLICACIONES	32
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....	32
2.1.1 Medidor ultrasónico de nivel de agua para estanques.....	32
2.1.2 Sistema de alerta temprana cuenca alta del rio Inambari, Sandía....	33
2.1.2 Desarrollo de prototipo de sistema de monitoreo en tiempo real del nivel de agua en ríos usando instrumentación virtual.	35
2.1.3 Sistema de telemetría para medición de nivel de ríos en la localidad de León Guanajuato	36
2.2 SISTEMAS DE MEDICION DE NIVEL CON ULTRASONIDOS.....	36

2.1.2 Medición de nivel.....	36
2.2.2 Escalas hidrométricas.....	37
2.2.3 Set Point	37
2.2.4 Medición de nivel por ultrasonido.....	37
2.2.7 Microcontrolador	45
2.2.8 Los LCD's.....	46
2.2.10 Relé.....	49
2.2.11 Transmisión de datos.	49
2.2.12 Radiofrecuencia.....	50
2.2.13El max 232.....	50
3. DISPOSITIVOS INVOLUCRADOS Y TECNISISMOS DESARROLLADOS PARA LA SOLUCION DEL SISTEMA.....	54
3.1 MÓDULO FOTOVOLTAICO ZK20A Y CARGA DE BATERÍAS PARA OBTENER LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN VDC DEL PROTOTIPO.....	54
3.2 MEDIDOR ULTRASÓNICO Y ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL DE LOS DATOS DE INFORMACIÓN.....	57
3.2.1 Descripción	57
3.2.4 Acondicionamiento de señal de los datos de información.....	59
3.3 MÓDULOS DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE RADIOFRECUENCIA.....	60
3.4 EL MICROCONTROLADOR Y LA INTERFACE PARA LA COMUNICACIÓN ENTRE EL CIRCUITO ELECTRÓNICO Y EL COMPUTADOR EN LA UNIDAD LOCAL.....	61
3.4.1 El microcontrolador	61
3.4.2 Regulador de tensión.....	62
3.4.3 Cristal de cuarzo.	62
3.4.4 Convertidor de tensión.	62
3.4.5 Interfaz RS232	62
3.5 SISTEMA DE REPORTE DE NOVEDADES Y MECANISMO DE ALARMAS.....	62
3.5.1 Unidad para activación de alarma.....	63
3.6 INFRAESTRUCTURA PARA LA UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN REMOTA DEL PROTOTIPO.....	63

4.SIMULACIÓN DEL PROTOTIPO MEDIDOR DE CRECIENTE Y ACCIONAMIENTO DE ALARMA.	66
4.1 SEÑAL ENTREGADA POR EL SENSOR ULTRASÓNICO DE NIVEL.....	67
4.2 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DEL SENSOR DE ANÁLOGA A DIGITAL UTILIZANDO EL CONVERTIDOR ADC DEL MICROCONTROLADOR.....	69
4.2.1 Convertidor ADC del microcontrolador.	69
4.2.2 Descripción de la conversión y transmisión de datos	71
4.3 DESCRIPCIÓN DE RECEPCIÓN DE DATOS, ACTIVACIÓN DE ALARMAS Y ENVIO DE DATOS AL PC MEDIANTE LA INTERFAZ RS-232.	78
4.3.1Activacion de las alarmas.....	91
5.VALIDACION Y MONTAJE PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO.	93
5.1 ESTACIÓN REMOTA.	93
5.2 ESTACIÓN LOCAL	95
5.3 LA INTERFACE GRÁFICA EN EL PC.	98
CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES.....	105
BIBLIOGRAFIA.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica del municipio de Istmina.....	20
Figura 2. Recorrido del río y sus afluentes por el municipio de Istmina ...	21
Figura 3. Elementos de los sistemas de alerta temprana	35
Figura 4. Transductor ultrasónico de nivel.....	38
Figura 5. Detección de nivel por reflexión.....	40
Figura 6. Funcionamiento de materiales piezoeléctricos	41
Figura 7. Emisor, receptor y cono de ultrasonidos.....	41
Figura 8. Lóbulos en forma de anillos del ultrasonido	42
Figura 9. Sensores de ultrasonido de barrera.....	43
Figura 10. Sensor ultrasónico Polaroid	44
Figura 11. Sensor ultrasónico de alta frecuencia.....	44
Figura 12. Sensor ultrasónico de medida de distancia.....	45
Figura 13. Celdas solares.....	47
Figura 14. Curvas IV-PV para un módulo fotovoltaico típico a 1000 W/m ² y 25 °C.....	49
Figura 15. Módulos transreceptores de radiofrecuencia.....	50
Figura 16. Esquemático de un módulo MAX232.....	51
Figura 17. Diagrama de bloques del diseño.....	52
Figura 18. Corriente producida en función del voltaje para diferentes intensidades de radiación (25 °C) y diferentes temperaturas de operación (intensidad constante de 1KW/m ²).....	56
Figura 19. Aplicaciones con el sensor ultrasónico DCU 7110	58
Figura 20. Módulos Tx y Rx	60
Figura 21. Microcontrolador PIC16F877A	61
Figura 22. Estación local Istmina – Chocó.....	63
Figura 23. Estación remota Istmina – Chocó	64
Figura 24. Gabinete de conexión de dispositivos electrónicos	65
Figura 25. Circuito esquemático de simulación.....	67
Figura 26. Conexión del potenciómetro para la simulación de la señal entregada por el sensor ultrasónico	68
Figura 27. Simulación de valores de lecturas del sensor	69
Figura 28. Señal continúa en el tiempo.....	69

Figura 29. Señal digital en un período de tiempo T.....	70
Figura 30. Cuantificación en el PIC de una señal digital debido a 2^n-1 . 10 bits luego son 1023 niveles.	71
Figura 31. Disposición de una señal análoga para su conversión	72
Figura 32. Dato del potenciómetro en RA0	73
Figura 33. Esquemático del ADC estación remota de transmisión	74
Figura 34. Módulo de transmisión	75
Figura 35. Simulación de los datos transmitidos.	78
Figura 36. Valor recibido y dato del nivel del río.....	80
Figura 37. Simulación de encendido de la primera alarma.....	81
Figura 38. Simulación del encendido de la alarma de desbordamiento del río.....	82
Figura 39. Los datos son enviados al puerto serial mediante la interface RS-232.....	83
Figura 40. Conexión del MAX 232 para comunicar el PIC y el DB9	83
Figura 41. Configuración del virtual terminal.....	84
Figura 42. Señal sensada, acondicionada y transmitida por la unidad remota.....	85
Figura 43. Dato recibido en la unidad local.....	86
Figura 44. Dato recibido y mostrado en el virtual terminal	86
Figura 45. Dato leído, acondicionado y transmitido.....	87
Figura 46. Dato recibido en la unidad local.....	87
Figura 47. Activación de la alarma por presencia de creciente del río	88
Figura 49. Lectura del sensor en nivel de desbordamiento del río.....	90
Figura 50. Muestra de activación de alarma de desbordamiento del río	90
Figura 51. Presentación en pantalla del estado del río.....	91
Figura 52. Etapa de potencia para accionar las alarmas.....	92
Figura 53. Modelado de la estación remota del prototipo	94
Figura 54. Modelado de la estación local del prototipo.	95
Figura 55. Funcionamiento de la interface gráfica	96
Figura 56. Articulación de las estaciones del prototipo.....	97
Figura 58. Encendido de led amarillo, alarma preventiva.	98
Figura 60. Lectura del puerto de comunicación.....	99
Figura 61. Puerto de comunicación y velocidad de transmisión.....	99

Figura 62. Tratamiento de la señal leída en el puerto	100
Figura 63. Tratamiento de la señal leída en el puerto	100
Figura 64. Visualización de los datos	101
Figura 65. Visualización del estado de la variable	101
Figura 66. Diagrama esquemático de la interface gráfica.....	102

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Presupuesto global del trabajo.....	29
Tabla 2. Descripción de los gastos de personal.....	29
Tabla 3. Descripción de materiales y suministros.....	30
Tabla 4. Descripción de las salidas de campo.....	30
Tabla 5. Descripción material bibliográfico.....	31
Tabla 6. Descripción equipos.....	31
Tabla 7. Descripción publicaciones.	31
Tabla 8. Placa del fabricante para un módulo ATERSA zk20a modelo A-20P	56
Tabla 9. Especificaciones técnicas del sensor DCU 7110.....	59
Tabla 10. Características generales del PIC16F877A.....	61

GLOSARIO

CONTROL ON-OFF: Para esta acción de control el elemento de actuación solo tiene dos posiciones fijas que en la mayoría de los casos, son apagado y encendido.¹

ESCALAS HIDROMETRICAS: Las escalas hidrométricas no son otra cosa que unas reglas con las cuales se lee el nivel o altura de las aguas de los ríos y quebradas. Esta regla debe ser lo suficientemente larga para poder medir el nivel cuando el río esté muy alto. También son llamadas limnímetros.²

MEDICIÓN DE NIVEL: El nivel es una de las variables de procesos más utilizada dentro de las grandes plantas industriales, pero muy especialmente en el control de almacenamiento tanto de materias primas como de productos acabados.³

MICROCONTROLADOR: Un microcontrolador es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, Memoria y Unidades de E/S, es decir, se trata de un computador completo en un solo circuito integrado.⁴

RADIOFRECUENCIA: Indica que el espectro radioeléctrico, ondas radioeléctricas, ondas hertzianas o simplemente frecuencias, son ondas electromagnéticas cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de los 3000 GHz y que se propagan por el espacio sin necesidad de guía artificial.⁵

¹ NUÑEZ E. F, "Acciones del control". Internet:

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/nunez_e_f/capitulo1.pdf

² VELASQUEZ, I. Instrumentación y control. Capitulo 2.3 Nivel. Pag. 1

http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion_y_Control/Ivan_Velazquez/Catedra/Capitulo%202.3%20Nivel.pdf

³ VILLAREAL Romero, M. ARZOLA Macías, E. Sistema de telemetría para medición de nivel de ríos en la ciudad de León Guanajuato. Pags. 1-12.

⁴ MANDADO Pérez, E y MURILLO Roldan, A. Sensores de ultrasonidos. Pag. 10-14, 24-27.

<http://www.marcombo.com/Descargas/9788426715753/SENSORES/TEMAS/SA%20TEMA%2010-ULTRASONIDOS.pdf>

⁵ Superintendencia de telecomunicaciones. SIT. Internet:

<http://www.sit.gob.gt/index.php?page=radiofrecuencia>

RECEPCIÓN: Se reciben los datos mediante ondas electromagnéticas, y a su vez son entregados al circuito de control.

RELÉ: Dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.⁶

SENSOR: Es un dispositivo formado por células sensibles que detecta variaciones en una magnitud física u otras alteraciones de su entono, y las convierte en señales útiles para un sistema de medida o control.

SET POINT: También llamado punto de referencia puede ser establecido manualmente, automáticamente o programado. Su valor se expresa en las mismas unidades que la variable controlada.

TRANSISTOR: El transistor es un dispositivo electrónico semiconductor que cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador.

TRANSMISIÓN POR RADIOFRECUENCIA: transferencia de datos, imagen, texto o voz, a través de ondas electromagnéticas.

⁶ Instituto de Educación secundaria “Las Lagunas”. Departamento de tecnología.
<http://www.exatecno.net/ampliacion/rele/rele.swf>

RESUMEN

El sistema propuesto está conformado por dos unidades bien identificadas, la primera es la unidad remota, que se encuentra instalada en el sitio específico para hacer la medición a orillas del río San Juan, la otra es la unidad local ubicada dentro de un sitio cercano o laboratorio de monitoreo. Estas dos unidades son diseñadas con base en un microcontrolador comercial de bajo costo.

La unidad remota estará dispuesta dentro de un módulo para intemperie que consta de un microcontrolador, el sensor por ultrasonido de nivel, un acondicionador de señal y un transreceptor inalámbrico. En esta unidad también encontramos las celdas solares y los bancos de baterías que serán las principales fuentes de alimentación de energía para nuestro módulo.

La unidad local conformada por un microcontrolador, un transreceptor inalámbrico, también consta de una comunicación USB-Serial para la comunicación con una computadora donde se visualizará constantemente el estado del nivel del río mediante una interfaz gráfica para el usuario.

Esto permite entonces tomar la mejor decisión para accionar la alarma de acuerdo a el nivel del río que se este presentando en la lectura del sensor.

PALABRAS CLAVES: Sensor, microcontrolador, comunicación inalámbrica, sistema de alerta temprana, control, transmisión, radiofrecuencia.

ABSTRACT

The proposed system consists of two well-identified units, the first is the remote unit that is installed on the specific site for the measurement on the banks of the river San Juan, the other is the local unit located within a site monitoring center or laboratory. These two units are designed based on a commercial low-cost microcontroller.

The remote unit will be ready within a weatherproof module that consists of a microcontroller, ultrasonic sensor level, a signal conditioner and a wireless transceiver. This unit also fined solar cells and battery banks that will be the main sources of feeding energy for ourmodule.

Local unit consists of a microcontroller, a wireless transceiver, also consists of a USB-Serial communication for communication with a computer which continuously displays the status of the level of the river through a graphical user interface.

This lets you make the best decision to trigger the alarm according to the level of the river that is presented in the sensor reading.

KEYWORDS: sensor, microcontroller, wireless communication, early warning system, control, transmission, radio frequency.

INTRODUCCIÓN

El agua es un líquido esencial para la existencia de vida humana, animal o vegetal en este mundo y es sabido por todos que ocupa la mayor parte del planeta y se puede encontrar de muchas formas y con muchas denominaciones. Océanos, mares, ríos, quebradas, arroyos, lagos, aguas subterráneas, son algunas.

Los ríos como un excelente recurso natural, son vitales para el desarrollo y crecimiento socioeconómico de las comunidades puesto que es básica la necesidad de estos para proveer alimentos, bebidas, irrigar cultivos, transportarse, entre otras actividades.

El poder establecer control sobre los ríos es verdaderamente difícil, casi imposible, pues los poderes y fuerza de la naturaleza van más allá de los límites del ser humano. Ahora bien, teniendo en cuenta y principalmente siendo conscientes de la gran desventaja del hombre frente a este maravilloso recurso, se han enfocado sistemas tecnológicos que permiten medir, comparar, monitorear e inclusive predecir ciertos comportamientos de los ríos que en otras ocasiones han causado grandes pérdidas tanto materiales como vidas humanas y animales en muchas partes del mundo.

Hoy en día se puede observar el increíble interés del ser humano por crear sistemas electrónicos que permitan evitar el menor impacto posible de los fenómenos naturales sobre el ser humano, si a nivel de población se refiere. Este proyecto diseñado como una derivación de los sistemas conocidos comúnmente en nuestro medio como alerta temprana, busca que las personas de la comunidad istmineña tomen precauciones pertinentes mucho antes de que la naturaleza actúe, como es el caso, mediante desbordamientos del río e inundaciones a la localidad.

El río San Juan representa gran importancia para la comunidad de Istmina en el departamento del Chocó, pero a su vez mientras haya temporada de lluvias, época que es impredecible en esta región, el río y sus afluentes se convierten en una amenaza tanto para la localidad en

mención como para los territorios ribereños que a orillas de este se levantan.

El diseño de un prototipo medidor de nivel del río San Juan, se realiza con la necesidad puntual de que el municipio de Istmina no cuenta con un sistema que permita alertar a la comunidad ante eventuales crecientes y cabe mencionar de manera enfática, la no presencia en la localidad de algún tipo de alerta ante riesgos generados por algún fenómeno natural.

Por medio de un sistema de adquisición de datos y aplicando conocimientos del principio de monitoreo remoto, este proyecto pretende brindar solución eficiente en el tema de alarma ante eventuales crecientes que conllevan a inundaciones que se pueden presentar en el municipio por el crecimiento y posterior desbordamiento del río San Juan.

El sistema de alarmas a diseñar, estará fundamentado en una plataforma que consta de dos estaciones; una remota, que contiene un modelo (potenciómetro) de sensor ultrasónico de nivel, un micro controlador para acondicionar los datos entregados por el sensor y el transmisor del modulo de radiofrecuencia, y una estación local, donde monitoreamos en tiempo real el nivel del río mediante una plataforma desarrollada en *LABVIEW* los datos recibidos. Desde esta última estación ejecutaremos las alarmas por medio de un circuito con altavoz tipo sirena para dar aviso a la comunidad, del estado del nivel del río.

1. PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Istmina, es un municipio de Colombia ubicado en el departamento de Chocó, sobre la margen derecha del río san juan, en la parte centro sur del Departamento del Chocó, al occidente de Colombia. Tiene una extensión de 2480 kilómetros cuadrados y cuenta con una temperatura promedio de 25,9°C. Se encuentra a 75 kilómetros de la capital del Departamento del Choco, Quibdó, a 79 metros sobre el nivel del mar.⁷

Este municipio, con su cabecera del mismo nombre se encuentra localizado en 87% aproximadamente sobre la cuenca media del río San Juan, el restante 13% Sobre la cuenca del río Atrato y es la segunda ciudad en importancia en el departamento.⁸

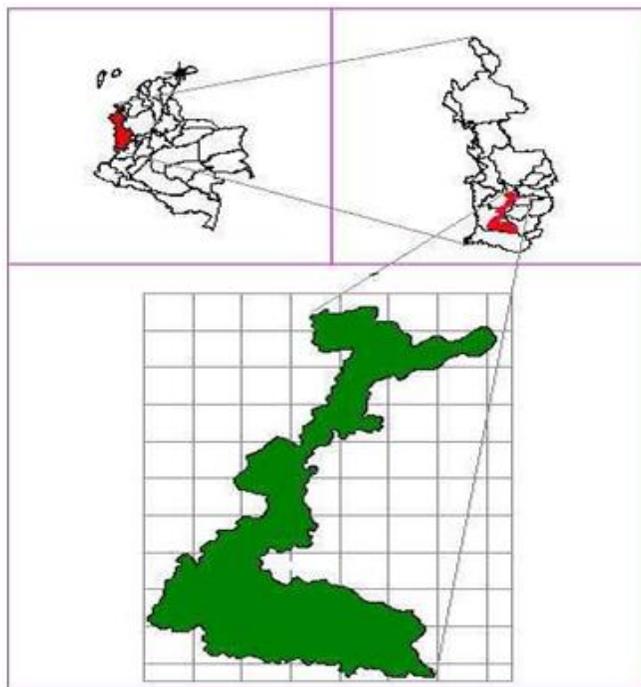
El departamento del Chocó tiene un clima intertropical lluvioso y es una de las zonas de más alta pluviosidad en todo el planeta (precipitaciones de 5000 y 8000 mm al año), es el clima más húmedo del país lo que favorece al desarrollo de una exuberante vegetación selvática y ríos de gran caudal.⁹

⁷ Programa **Gobierno en línea** del ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones. <http://www.istmina-choco.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mIxx-1-&m=f#geografia>

⁸ RENTERÍA Palacios, I. PALACIOS Orejuela, L F. (2004), Plan de gestión integral de residuos sólidos del municipio de Istmina – Chocó. Pag. 12

⁹ RENTERÍA Palacios, I. PALACIOS Orejuela, L F. (2004), Plan de gestión integral de residuos sólidos del municipio de Istmina – Chocó. Pag 16

Figura 1. Localización geográfica del municipio de Istmina



Fuente: Esquema de ordenamiento territorial (EOT)¹⁰

Este municipio, con su cabecera del mismo nombre se encuentra localizado en 87% aproximadamente sobre la cuenca media del río San Juan, el restante 13% Sobre la cuenca del río Atrato y es la segunda ciudad en importancia en el departamento.¹¹

El departamento del Chocó tiene un clima intertropical lluvioso y es una de las zonas de más alta pluviosidad en todo el planeta (precipitaciones de 5000 y 8000 mm al año), es el clima más húmedo del país lo que favorece al desarrollo de una exuberante vegetación selvática y ríos de gran caudal.¹²

¹⁰ RENTERÍA Palacios, I. PALACIOS Orejuela, L F. (2004), Plan de gestión integral de residuos sólidos del municipio de Istmina – Chocó. Pag. 19

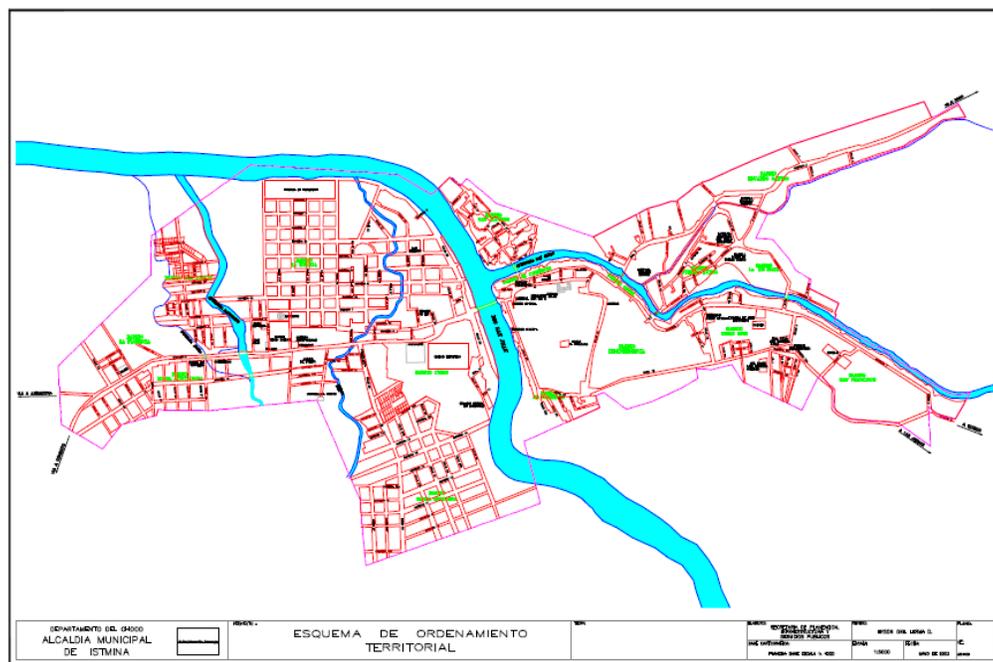
¹¹ RENTERÍA Palacios, I. PALACIOS Orejuela, L F. (2004), Plan de gestión integral de residuos sólidos del municipio de Istmina – Chocó. Pag. 12

¹² RENTERÍA Palacios, I. PALACIOS Orejuela, L F. (2004), Plan de gestion integral de residuos sólidos del municipio de Istmina – Chocó. Pag 16

En el municipio de Istmina encontramos el río san juan que está catalogado como uno de los más caudalosos de sur América y atraviesa de norte a sur la localidad, esto trae como consecuencias un sinnúmero de frecuentes inundaciones debido a las fuertes precipitaciones que se presentan.

Durante años la ciudad de Istmina – Chocó, se ha visto inmersa en un sinnúmero de grandes inundaciones, cada vez que se presentan lluvias fuertes, debido al desbordamiento tanto del rio san juan como de sus quebradas afluentes, causando estragos en la misma ciudad y llevando a su paso cualquier cantidad de cultivos, ganados y demás riquezas animales, en casos más severos, hasta vidas humanas.

Figura 2. Recorrido del rio y sus afluentes por el municipio de Istmina



Fuente: Esquema de ordenamiento territorial (EOT)¹³

¹³ RENTERÍA Palacios, I. PALACIOS Orejuela, L F. (2004), Plan de gestion integral de residuos sólidos del municipio de Istmina – Chocó. Pag. 44

Existe una situación importante que resaltar y preocupante para todos los habitantes de la ciudad de Istmina. El saneamiento básico, la calidad de acueducto e indicadores de cobertura para todos los habitantes, el alcantarillado y la disposición de desechos sólidos y líquidos, presentan una situación deplorable y se evidencia al constatar que la mayoría de la población no cuenta con ninguno de estos servicios fundamentales. Las aguas negras y las aguas lluvias son vertidas a los ríos o alguna quebrada de menor importancia dentro de la localidad y no tienen ningún tratamiento para ser reutilizadas.

Otra problemática importante radica en la forma como los habitantes de la ciudad llevan a cabo la recolección y el botado de las basuras, pues en vista de que existe la carencia de carros recolectores y el único que hay no transita los días y a los horarios establecidos, los residentes se ven obligados, o por falta de educación, a arrojar las basuras a los caños, quebradas, o directamente al río del cual se ha hablado.

El municipio por el momento cuenta con una especie de alarma o sirena que es actuada de manera manual por algún operario cada que se presenta una eventualidad, bien sea, un incendio, una inundación, o cualquier tipo de novedad dentro de la ciudad.

Se hace necesario entonces, desarrollar un sistema electrónico de alarmas que permita estar monitoreando permanentemente los niveles del río para alertar a la población cuando se presenten inundaciones, y como avance, poder desarrollar todo un sistema robusto de alerta temprana donde se incluyan todos los fenómenos que representan afecciones para con la comunidad.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo mejorar el sistema de alerta en el municipio de Istmina en caso de una posible inundación?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.3.1 Objetivo General. Diseñar un sistema de seguridad mediante alarmas basado en un medidor de nivel de crecientes para informar a toda la población que habita en la ciudad de Istmina, sus corregimientos y pueblos aledaños en caso de posibles inundaciones o desbordamiento del río San Juan.

1.3.2 Objetivos Específicos.

-Determinar los equipos necesarios y adecuados para el sistema de alarmas basada en medición de nivel de crecientes.

-Obtener datos que nos demuestren cuando el nivel del río aumenta o disminuye.

-Establecer mediante datos obtenidos, cuándo el nivel de la creciente es leve, presenta una amenaza menor o es un riesgo inminente.

-Monitorear el nivel del río constantemente y comparar con los datos ya establecidos para ejecutar una acción determinada y poder informar al momento de la creciente.

-Enviar los datos de forma inalámbrica al sistema de control de la alarma correspondientes al monitoreo para que estos sean analizados de la mejor forma.

1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La implementación de un sistema de alerta temprana, en este caso específico, un sistema de alarmas y monitoreo remoto del río San Juan en la ciudad de Istmina, está concebido como un sistema integrado de mecanismos y procedimientos orientados a la detección oportuna del posible crecimiento desbordado del río cuya ocurrencia representa un peligro tanto para la localidad mencionada como para sus pueblos o corregimientos aledaños y permite la respuesta inmediata y oportuna de

los organismos, instituciones y población que toman una actitud responsable y se movilizan para evitar daños y pérdidas de vidas y bienes.

Este proyecto pretende brindar una solución preventiva para la comunidad en el tema de sistema de alertas tempranas ante posibles crecientes, inundaciones o desbordamientos del río San Juan, utilizando la ayuda de tecnologías como radiofrecuencia, circuitos, sensores, altavoces tipo sirena para una correcta medición e información sobre el estado y niveles correspondientes del río.

El sistema de alarmas y monitoreo remoto del río San Juan en la localidad de Istmina es económico debido a la sencillez de los materiales utilizados para su fabricación y sobre todo la facilidad de encontrar dichos materiales en el medio. Además de ser un producto nacional, no es necesario pagar costos de importación lo que en un futuro permitiría realizar replicas del mismo en otras ciudades.

El diseño del sistema de alarmas basado en un medidor de nivel de creciente permitirá entonces no sólo informar, alertar, o prevenir a los habitantes de Istmina en tiempo real sobre los diferentes estados o niveles del río, sino también que consolida al municipio y poblaciones aledañas como pioneros a nivel regional en el uso de estas tecnologías.

Este tipo de solución, es conveniente para la comunidad porque ayuda a las personas lograr salvaguardar su propia vida en caso de un riesgo inminente producido por una creciente.

Con este proyecto pretendemos brindar una alternativa de solución a una necesidad real que no solamente está latente en la población a la cual nos referimos sino que es una problemática que se hace evidente en todo el país en los últimos tiempos.

1.5 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El propósito de este sistema es contribuir a establecer un mecanismo de detección temprana de las posibles crecientes o aumentos del nivel del río

que dan lugar a posibles inundaciones o desbordamientos del mismo y que se presentan en diferentes meses del año constituyendo inminente peligro para la población istmineña, sus bienes y formas de subsistir. Representa entonces el inicio de un proceso que culmina con la movilización de las personas, pues este proceso se fundamenta en la aplicación de un plan de emergencia que busca reducir todos los impactos de los eventos peligrosos que se puedan presentar.

El sistema constituye una experiencia en la cual se promueve la participación de las diferentes instituciones vinculadas como son la defensa civil, la cruz roja, el sistema de atención y prevención de desastres a nivel regional, departamental y distrital, la población y comunidad vulnerable en general, quienes son los directos damnificados que viven las inclemencias de las fuertes lluvias y posteriores inundaciones. Son estos últimos, quienes están en permanente riesgo, por lo tanto su actuar debe ser de manera responsable para reducir los riesgos y mitigar los desastres.

Este desarrollo tecnológico consiste en un conjunto de mecanismos integrados de recolección de información de manera continua, así como de la transmisión rápida de datos que permitan activar mecanismos de alarmas y la movilización de la población previamente sensibilizada ante los riesgos que los pueden afectar, entrenada para reaccionar y que cuenta con un plan de evacuación ante una emergencia.

Se hace posible entonces mediante la utilización de una plataforma que consta de un medidor de crecientes que contiene sensores por ultrasonidos de nivel, microcontroladores, tran-receptores con los que se transmiten y reciben los datos, un circuito con altavoz tipo sirena, y una interface de adquisición y visualización de los datos desarrollada en LABVIEW que nos permite monitorear constantemente mediante valores fáciles de entender, los niveles del río San Juan para accionar la alerta oportuna informándole a la población istmineña ante una eventual inundación.

1.6 DISEÑO METODOLÓGICO.

Para el diseño de este prototipo se parte del principio de sistema de alerta temprana, basado específicamente en el sensado o lectura del nivel del río San Juan, transmisión, recepción y procesamiento de la información leída, pronóstico de desbordamientos y socialización de las alertas a la comunidad istmineña ante una eventual inundación.

1.6.1 Etapa 1. Determinar los equipos necesarios y adecuados para el sistema de alarmas basada en medición de nivel de crecientes e identificar las mejores redes eléctricas para la alimentación pertinente del sistema medidor.

Para el desarrollo de esta etapa se partió de la investigación de diferentes sistemas de medida en ambientes hostiles teniendo en cuenta que este sistema estará a la intemperie y en una zona húmeda y muy caliente lo que permite hacer más fácil el filtro a los materiales e implementos a utilizar.

Por tener en cuenta que las redes eléctricas convencionales de la zona son deficientes, se opta por alimentar el prototipo, específicamente la estación remota, haciendo uso de celdas fotovoltaicas y se implementan los conocidos bancos de baterías como precaución y abastecimiento de energía cuando se haga presente la temporada de lluvias o los rayos solares carezcan.

1.6.2 Etapa 2. Monitorear El nivel del río en tiempo real obteniendo datos que nos demuestren cuando su nivel aumenta o disminuye para establecer si la creciente es leve, presenta una amenaza menor o es un riesgo inminente.

Basados en las prácticas desarrolladas y en los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera comparamos constantemente el aumento del nivel del río con los set points establecidos para accionar de manera concreta la alarma tipo sirena en el momento en que la creciente representó un riesgo. El sensor adaptado a nuestros requerimientos fue útil para obtener los

datos que nos permitieron establecer si la creciente se refería a un desbordamiento del río e inundación inminente o no.

1.6.3 Etapa 3. Envío y recepción de datos de forma inalámbrica al sistema de monitoreo para su análisis y toma de decisión.

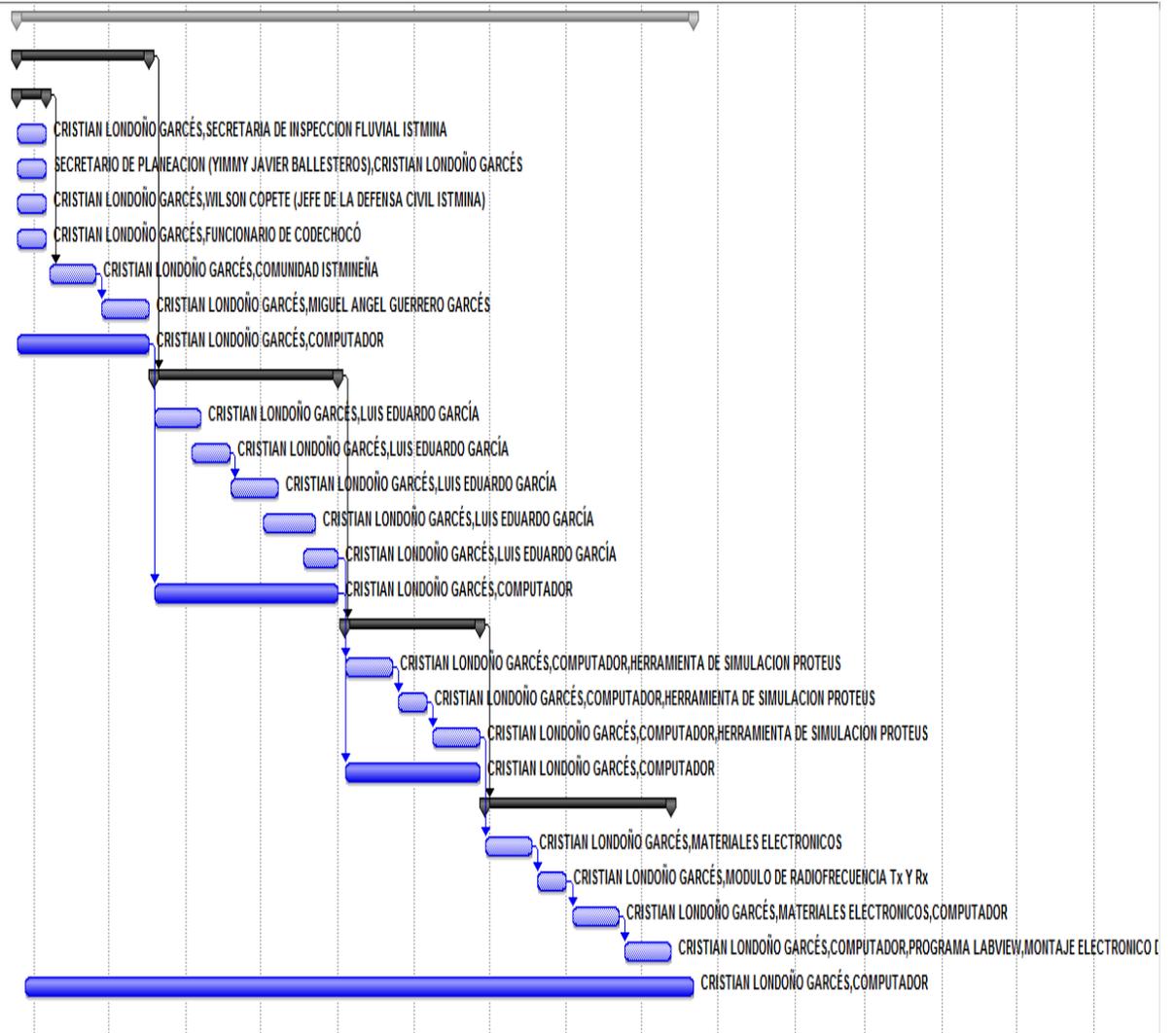
Los datos son enviados mediante un sistema de radiofrecuencia desde el punto de lectura del nivel del río (remoto) hasta el punto de monitoreo local.

1.6.4 Etapa 4. Validar el funcionamiento del sistema de alarmas y monitoreo remoto del nivel del río San Juan en la localidad de Istmina para su óptima operación.

Se evidencia que el prototipo diseñado cumple a cabalidad con los requerimientos.

1.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA EL SISTEMA MEDIDOR DE CRECIENTES	
DESPLAZAMIENTO A LA LOCALIDAD DE ISTMINA	
VISITA Y ENTREVISTA CON DEPENDENCIAS COMPETENTES	
Inspección fluvial	
Secretaría de planeación	
Jefe de defensa civil y Cruz roja	
Codechocó	
RECOPLACION DE INFORMACION	
RECORRIDO POR EL RIO SAN JUAN	
ELABORACION DEL DOCUMENTO MAESTRO	
DEFINICION DE LOS MÓDULOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA	
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y CARGA DE BATERIA	
SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DEL SENSOR	
SISTEMA DE RADIOFRECUANCIA PARA TRANSFERENCIA DE DATOS	
SISTEMA DE CONTROL Y ACTIVACION DE ALARMAS	
SISTEMA TERMINAL DE MONITOREO	
CONTINUACION EN LA ELABORACION DEL DOCUMENTO MAESTRO	
REALIZAR PRUEBAS DE SIMULACION DEL PROTOTIPO	
DISEÑO PLANOS ESQUEMATICOS DE UNIDADES REMOTA Y LOCAL	
ARTICULACION DE LAS UNIDADES PARA SU FUNCIONAMIENTO	
SIMULACION DEL CIRCUITO CON LA HERRAMIENTA PROTEUS	
CONTINUACION EN LA ELABORACION DEL DOCUMENTO MAESTRO	
VALIDACION DEL FUNCIONAMIENTO Y PRUEBA FISICA DEL PROTOTIPO	
MONTAJE DEL CIRCUITO ELECTRONICO	
PRUEBAS DE TRANSMISION Y RECEPCION DE DATOS DE FORMA ALAMBICA E INALAMBICA	
OBTENCION DE DATOS Y MUESTRA EN PANTALLA MEDIANTE HYPERTERMINAL	
MUESTRA EN PANTALLA MEDIANTE INTERFAZ GRAFICA HECHA EN LABVIEW	
DOCUMENTACION DEL PROYECTO	



1.8 PRESUPUESTO

Tabla 1. Presupuesto global del trabajo

PRESUPUESTO GLOBAL DEL TRABAJO DE GRADO				
RUBROS	COSTOS			TOTAL
	Estudiantes	Institución	Externa	
Personal	\$ 700.000	\$ 700.000		\$ 1.400.000
Material y suministros	\$ 4.838.000			\$ 4.838.000
Salidas de campo	\$ 563.480			\$ 563.000
Bibliografía	\$ 160.000	\$ 32.000		\$ 192.000
Equipos	\$ 1.456.200	\$2.650.000		\$ 4.106.200
Publicaciones				\$ 35.000
SUBTOTAL				\$ 11.134.200
IMPREVISTOS	10 %			\$ 1.113.420
TOTAL				\$ 12.247.620

Tabla 2. Descripción de los gastos de personal

DESCRIPCIÓN DE LOS GASTOS DE PERSONAL						
Nombre del Investigador	Función	Dedicac. H./sem	COSTOS			TOTAL
			Estud.	Institu.	Externa	
Cristian Londoño Garcés	Diseño	25	\$ 700.000			\$ 700.000
Ing. Luis Eduardo García	Asesor	4		\$ 700.000		\$ 700.000
TOTAL						\$1.400.000

Tabla 3. Descripción de materiales y suministros

DESCRIPCIÓN DEL MATERIALES Y SUMINISTROS				
Material	COSTOS			TOTAL
	Estudiantes	Institución	Externa	
Papelería	\$ 7950			\$ 8.000
Software de programación PIC C	\$ 4.750.000			\$ 4.750.000
Cartucho de tinta	\$ 80.000			\$ 80.000
TOTAL				\$ 4.838.000

Tabla 4. Descripción de las salidas de campo

DESCRIPCIÓN DE SALIDAS DE CAMPO				
Descripción de las salidas	Costo			Total
	Estudiant.	Instituc.	Exter.	
Visita a la localidad del Istmina:				
Transporte (Ida y vuelta) Hospedaje Comida.	\$ 313.000			\$ 313.000
Recorrido del Rio San Juan	\$ 250.000			\$ 250.000
TOTAL				\$563.000

Tabla 5. Descripción material bibliográfico

DESCRIPCIÓN DE MATERIAL BIBLIOGRÁFICO				
Descripción de compra de material bibliográf.	Costo			Total
	Estudian.	Institución	Exter.	
Libros: Manual de micro controladores		\$ 32.000		\$ 32.000
Internet	\$ 160.000			\$ 160.000
TOTAL				\$ 192.000

Tabla 6. Descripción equipos.

DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS				
Descripción de equipos	Costo			Total
	Estudiant.	Institución	Exter.	
Osciloscopio		\$ 1.500.000		\$ 1.500.000
Multímetro digital		\$ 150.000		\$ 150.000
Fuente DC		\$ 1.000.000		\$ 1.000.000
Computador	\$ 1.450.000			\$ 1.450.000
Módulo RF	\$ 6.200			\$ 6.200
TOTAL				\$ 4.106.200

Tabla 7. Descripción publicaciones.

DESCRIPCIÓN PUBLICACIONES				
DESCRIPCIÓN PUBLICACIONES	COSTOS			TOTAL
	Estudiantes	IUE	Externa	
Impresión y empastado del Trabajo	\$ 48.000			\$ 25.000
Fotocopias	\$ 20.000			\$ 10.000
TOTAL				\$ 35.000

2. SISTEMAS HIDROMÉTRICOS O SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA Y SUS APLICACIONES

Para el desarrollo de este proyecto se tuvo en cuenta que a lo largo de la historia del municipio de Istmina, se han sufrido diversas inundaciones debido a que dentro de su territorio se localizan diferenciados ríos que lo atraviesan.

En la actualidad, durante la temporada de lluvias, personal de la defensa civil, se desplazan de manera presencial para observar los niveles del río para en caso de desbordamiento de este, accionar de forma manual la sirena que posee la localidad.

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

2.1.1 Medidor ultrasónico de nivel de agua para estanques. Porta Gándara, M.A y Gutiérrez J. en su artículo “*Medidor ultrasónico de nivel de agua para estanques*”¹⁴. Publicado en la red revistas científicas de América latina y el Caribe, España y Portugal. Manifiestan que en este trabajo se reporta el diseño y desempeño de un medidor de agua ultrasónico de 40kHz, contenido en una unidad remota para registrar el tirante del agua en estanques acuícolas, con una resolución de ± 0.003 m y una variación del nivel de hasta 10 m. la velocidad del sonido esta compensada con la medición de la temperatura del medio de propagación mediante un sensor digital que utiliza el protocolo de comunicación *1-Wire*. La información se presenta en una pantalla de cristal liquido y es transmitida a una unidad local mediante el protocolo inalámbrico *bluetooth* para su monitoreo en tiempo real, mediante una interfaz grafica del usuario programada en *matlab* a través de un puerto serial universal (*USB*). A manera de respaldo, las mediciones se graban en una memoria de estado sólido *EEPROM* mediante el protocolo *I2C*. este sistema se desarrollo con base en un micro controlador de bajo costo *STAMP BS2p*, diseñado para una amplia gama de aplicaciones, el cual utiliza un lenguaje propio de programación de alto

¹⁴ PORTA Gándara, M.A, GUTIERREZ J. (2005). Medidor ultrasónico de nivel de agua para estanques. Pag. 1-13. <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=40470404>

nivel para manejar directamente los puertos de entrada/salida (I/O). el equipo satisface las necesidades de medición automática del nivel de agua en estanques acuícolas para supervisión y control.

2.1.2 Sistema de alerta temprana cuenca alta del río Inambari, Sandía. Gonzales P, A. en su proyecto “*Preparativos para desastres y reducción de riesgos en la cuenca del río inambari, Sandia. Puno-Perú - PREDESANDIA*”¹⁵. Presenta el SAT como una concepción de un sistema integrado de mecanismos y procedimientos orientados a la detección oportuna de fenómenos cuya ocurrencia representa un peligro, aunada a la comunicación y respuesta oportuna de los organismos, instituciones y población que asumen una actitud responsable y se movilizan para evitar daños y pérdidas de vidas y bienes.

El propósito de este SAT es contribuir a establecer un mecanismo de detección temprana de situaciones anómalas asociados a fenómenos de la variabilidad climática (Lluvias, huaycos, deslizamientos, inundaciones, ventarrones, etc.) que se presentan en diferentes meses del año y que constituyen peligros para las poblaciones, sus bienes y medios de vida.

El Sistema de Alerta Temprana (SAT) que presentamos corresponde al producto que se viene implementando en el marco del proyecto antes mencionado, desarrollado por OXFAM GB y PREDES con el apoyo financiero de la Dirección General de Ayuda Humanitaria de la Comisión Europea – ECHO.

El presente trabajo pone en práctica lo establecido en la estrategia 4 del Plan de Prevención y Atención de Desastres Región Puno contemplado dentro del Plan Regional de Prevención y Atención de Desastres a fin de establecer acciones de Mitigación de los riesgos existentes.

El Sistema de alarma es un componente de gran importancia para alertar al comité y a la comunidad de un eminente peligro y dar la voz de inicio del

¹⁵ GONZALES Pineda, A. (2006). Sistema de alerta temprana cuenca alta del río inambari. Pag 1-74.

proceso de evacuación de manera simultánea en toda la ciudad o comunidad hacia las zonas seguras establecidas.

El Sistema de alarma determinada es el uso de sonidos de sirenas, campanas u otro implemento en la comunidad.

En los diferentes distritos y comunidades el comité de DC ha determinado que alarma utilizar.

En Sandia se ha suministrado 2 sirenas, 1 de 500 VA, esta se ha instalado en la azotea del mercado sobre una torre de 6 mts. Esta sirena alerta a la zona baja de Sandia (La Playa, Inambari, Echenique, Independencia, Lima, 28 de julio), la sirena 2 está instalada en la azotea del hotel municipal, da la alarma al sector de los barrios Vista Alegre y Pedro de Candia.

Ambas sirenas se accionan con energía alterna directamente de las instalaciones eléctricas del mercado y hotel.

El sonido de sirena en la alarma de evacuación es reforzada con el repique de campanas de la capilla y sirenas de ambulancia.

Figura 3. Elementos de los sistemas de alerta temprana



Los encargados de activar la sirena es un efectivo de la PNP por orden del presidente del Comité, en su ausencia el vicepresidente y en ausencia de este del Secretario Técnico.

En Cuyo Cuyo el sistema establecido es el toque de campana para ambas alarmas tanto de PREPARACION como de EVACUACION



Fuente: Sistema de alerta temprana en la cuenca alta del río Inambari¹⁶

2.1.2 Desarrollo de prototipo de sistema de monitoreo en tiempo real del nivel de agua en ríos usando instrumentación virtual. Oyola J.S, Arredondo C.A y Gordillo G. en el artículo *“Desarrollo de prototipo de sistema de monitores en tiempo real del nivel de agua en ríos usando instrumentación virtual”*¹⁷. Publicado en la revista colombiana de física, desarrollan e implementan un prototipo de sistema de monitoreo en tiempo real del nivel de agua en ríos.

El sistema fue implementado usando el concepto de Instrumentación Virtual y funciona en forma autónoma a través de un módulo solar que genera la potencia eléctrica requerida para su operación. Usando labview se desarrolló un instrumento virtual (IV) con facilidades para: medir la señal proveniente del sensor ultrasónico y convertirla en una variable que

¹⁶ GONZALES Pineda, A. (2006). Sistema de alerta temprana cuenca alta del río inambari. Pag 42

¹⁷ Oyola J.S, Arredondo C.A, Gordillo G. (2008). Desarrollo de prototipo de sistema de monitores en tiempo real del nivel de agua en ríos usando instrumentación virtual. Revista colombiana de física, vol 40, N 2. Pag. 1-4.

indica el nivel del agua en metros, monitorear en tiempo real el estado del nivel de agua en tanques de almacenamiento el cual se visualiza en la pantalla del computador, almacenar y procesar estadísticamente los datos y generar una alarma, tanto visual en la pantalla del computador como sonora mediante activación de una sirena.

2.1.3 Sistema de telemetría para medición de nivel de ríos en la localidad de León Guanajuato. Villareal romero, M y Arzola Macías, E. En el proyecto “*Sistema de telemetría para medición de nivel de ríos en la ciudad de León Guanajuato*”¹⁸ muestran que a lo largo de la historia del municipio de León, se han sufrido varias inundaciones, ya que dentro de su territorio se localizan diversos ríos que lo atraviesan y que actualmente en temporada de lluvias, personal de protección civil, acude de manera física a las zonas de alto riesgo para verificar visualmente el nivel de los ríos.

Este proyecto tiene como generalidades; obtener datos de los niveles de los ríos en zonas de alto riesgo de una manera más rápida y económica, evitar poner en riesgo la integridad del personal que realiza inspecciones visuales de los niveles de los ríos, tener un pronóstico más acertado, evitar el tener que disponer de personal y unidades para realizar las inspecciones, poder contar con una alarma preventiva para la población localidad en las cercanías, entre otras.

2.2 SISTEMAS DE MEDICION DE NIVEL CON ULTRASONIDOS

2.1.2 Medición de nivel. El nivel es una de las variables de procesos más utilizada dentro de las grandes plantas industriales, pero muy especialmente en el control de almacenamiento tanto de materias primas como de productos acabados.

Dentro de los procesos industriales la medición y el control de nivel se hace necesario cuando se pretende tener una producción continua, cuando se desea mantener una presión hidrostática, cuando un proceso

¹⁸ VILLAREAL Romero, M. ARZOLA Macías, E. Sistema de telemetría para medición de nivel de ríos en la ciudad de León Guanajuato. Pags. 1-12.

requiere de control y medición de volúmenes de líquidos ó bien, en el caso más simple, para evitar que un líquido se derrame. La medición de nivel de líquidos, dentro de un recipiente parece sencilla, pero puede convertirse en un problema más ó menos difícil, sobre todo cuando el material es corrosivo ó abrasivo, cuando se mantiene a altas presiones, cuando es radioactivo ó cuando se encuentra en un recipiente sellado en el que no conviene tener partes móviles ó cuando es prácticamente imposible mantenerlas, el control de nivel entre dos puntos, uno alto y otro bajo, es una de las aplicaciones más comunes de los instrumentos para controlar y medir el nivel, los niveles se pueden medir y mantener mediante dispositivos mecánicos de caída de presión, eléctricos y electrónicos.¹⁹

2.2.2 Escalas hidrométricas. Las escalas hidrométricas no son otra cosa que unas reglas con las cuales se lee el nivel o altura de las aguas de los ríos y quebradas. Esta regla debe ser lo suficientemente larga para poder medir el nivel cuando el río esté muy alto.²⁰ También son llamadas limnímetros.

2.2.3 Set Point. También llamado punto de referencia puede ser establecido manualmente, automáticamente o programado. Su valor se expresa en las mismas unidades que la variable controlada.

2.2.4 Medición de nivel por ultrasonido. El sistema ultrasónico para medición de nivel se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante y la recepción del eco del mismo en un receptor. El retardo en la captación del eco depende del nivel del tanque.

Los sensores trabajan a una frecuencia de unos 20 KHz. Estas ondas atraviesan con cierto amortiguamiento o reflexión el medio ambiente de gases o vapores y se reflejan en la superficie del sólido o del líquido.

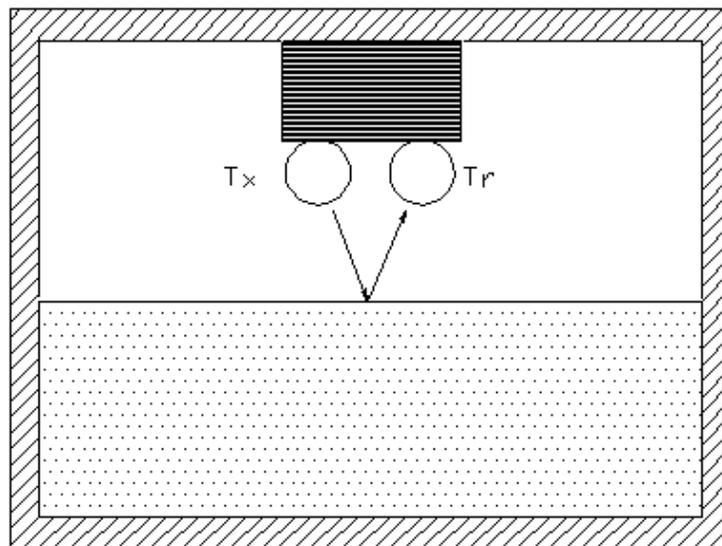
¹⁹ VELASQUEZ, I. Instrumentación y control. Capitulo 2.3 Nivel. Pag. 1
http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion_y_Control/Ivan_Velazquez/Catedra/Capitulo%202.3%20Nivel.pdf

²⁰ Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de la OEA, (2001). Manual para el diseño e implementación de un sistema de alerta temprana de inundaciones en cuencas menores.
<http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea91s/MANUAL.pdf>

Presentan el inconveniente de ser sensibles a la densidad de los fluidos y de dar señales erróneas cuando la superficie del nivel del líquido no es nítida como es el caso de un líquido que forme espuma, ya que se producen falsos ecos de los ultrasonidos.

La utilización de computadoras permite, a través de un programa, almacenar el perfil ultrasónico del nivel, y así tener en cuenta las características particulares de la superficie del líquido, tal como la espuma, con lo cual se mejora la precisión de la medida. Por otro lado, el computador facilita la conversión del nivel a volumen del tanque para usos de inventarios, y además, proporciona En la figura se observa la disposición de montaje de los detectores que se utilizan en los casos de alarmas o de indicación continua del nivel. En las aplicaciones de alarma de nivel los sensores vibran a una frecuencia de resonancia determinada.

Figura 4. Transductor ultrasónico de nivel.



En el segundo caso de indicación continua de nivel, la fuente ultrasónica genera impulsos que son detectados por el receptor una vez que ha transcurrido el tiempo correspondiente de ida y vuelta de la onda a la superficie del sólido o del líquido.

El sensor emisor dispone de un oscilador excitador para enviar un impulso ultrasónico a la superficie del fluido y el sensor receptor recibe esta señal reflejada enviando una señal función del tiempo transcurrido, y por lo tanto del nivel, a un oscilógrafo o a un indicador.

La precisión de estos instrumentos es de ± 1 a 3 %. Son adecuados para todos los tipos de tanques y de líquidos o fangos pudiendo construirse a prueba de explosión.²¹

2.2.5 Tiempo de retorno (Eco). El eco se produce cuando una onda sonora que viaja en un medio se encuentra con una superficie y como resultado de ello, parte de ella retorna al medio. Esta reflexión es la que provoca el efecto habitualmente experimentado en habitaciones vacías, en que se puede oír una repetición retardada de nuestra voz al hablar.

Para el caso de la medición de nivel, la idea consiste en enviar un pulso de ultrasonido de tal manera que al incidir sobre la superficie parte de la onda es reflejada de regreso al medio y recibida luego por el transductor, como se ilustra en la figura posterior. Entonces, la forma de determinar consiste en medir el tiempo que demora en ir y volver el pulso de ultrasonido.²² Ver *figura 5*.

2.2.6 Generación del ultrasonido. Para generar ultrasonidos se utilizan habitualmente materiales piezoeléctricos en los que se generan tensiones eléctricas al aplicarles una presión mecánica. El efecto piezoeléctrico se debe a que la presión provoca una deformación de la red cristalina que da lugar, a su vez, a un desplazamiento de las cargas eléctricas moleculares, lo que hace que aparezcan diferencias de potencial entre las caras del material. El signo de esta diferencia de potencial se invierte cuando se invierte el sentido de la presión, que puede ser de tracción o de compresión.²³

²¹ MATEOS Suarez, J. G (1996). Medición de nivel.

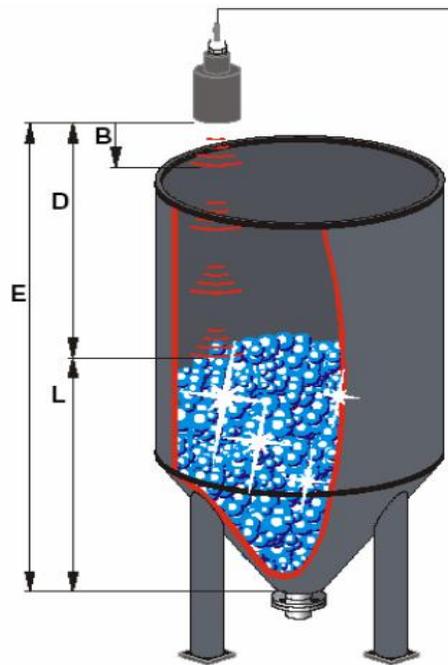
<http://proton.ucting.udg.mx/dpto/maestros/mateos/clase/teoria/nivel/ultra.htm>

²² AVILES Espinoza, J. Medición de nivel y caudal por ultrasonido. Pag. 3

<http://profesores.elo.utfsm.cl/~jgb/AVILES.pdf>

²³ MALDONADO Pérez, E. MURILLO Roldan, A. Sensores y acondicionadores. Tema 10 – Sensores de ultrasonido. Pag. 9 - 14

Figura 5. Detección de nivel por reflexión

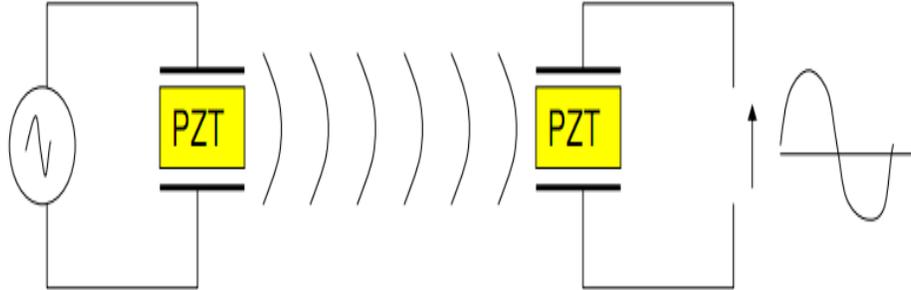


El cuarzo y la turmalina son materiales piezoeléctricos naturales, pero, debido al valor reducido de sus parámetros característicos, fueron sustituidos por otros materiales piezoeléctricos sintéticos implementados con titanatos y circonatos de plomo (PZV). Estos materiales son más estables que los naturales, aunque presentan el inconveniente de su dependencia de la temperatura y la pérdida de sus propiedades piezoeléctricas a medida que su temperatura se acerca al valor de Curie.

Los sensores electrónicos de ultrasonidos se basan en la reversibilidad del principio de funcionamiento de los materiales piezoeléctricos.

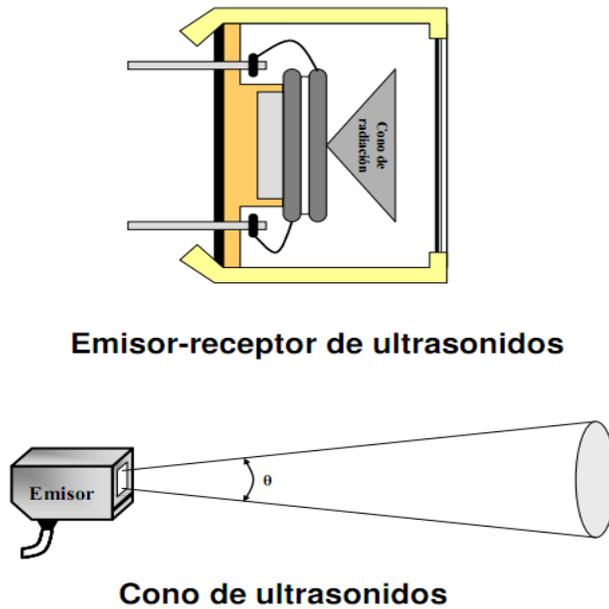
Dichos materiales se caracterizan por generar una señal eléctrica al aplicarles una onda de presión (en este caso el sonido) y por ser capaces de vibrar y de generar ondas de presión cuando están inmersos en un medio elástico como por ejemplo el aire, cualquier otro fluido o un sólido, al aplicarles una excitación eléctrica.

Figura 6. Funcionamiento de materiales piezoeléctricos



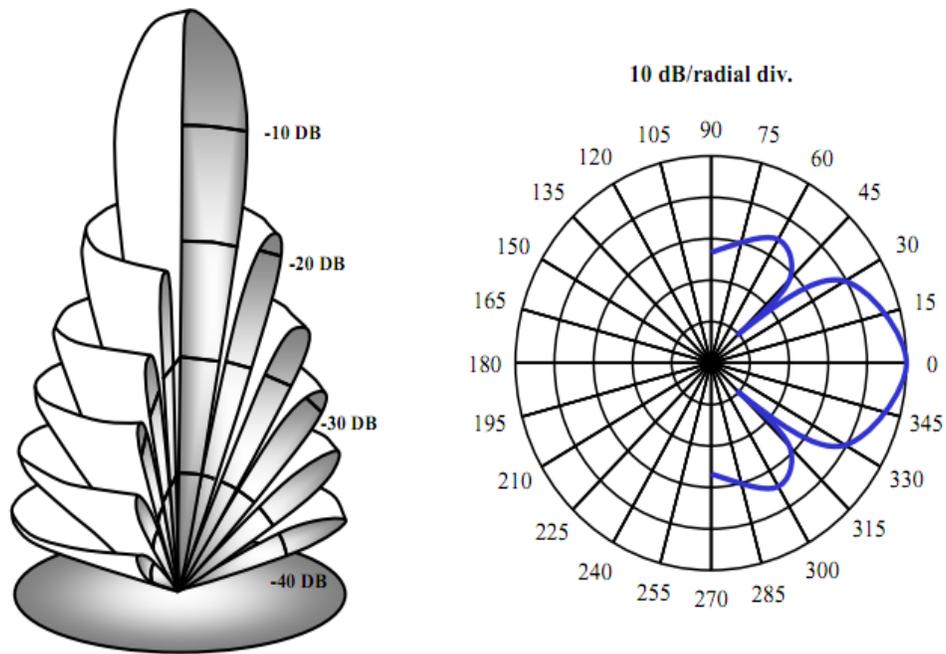
En general se necesitan haces estrechos a fin de evitar reflexiones indeseadas, para lo cual la superficie de emisión debe ser grande con respecto a la longitud de onda del ultrasonido emitido.

Figura 7. Emisor, receptor y cono de ultrasonidos



En este caso, además del cono de radiación fundamental se generan un conjunto de lóbulos secundarios en forma de anillos.

Figura 8. Lóbulos en forma de anillos del ultrasonido



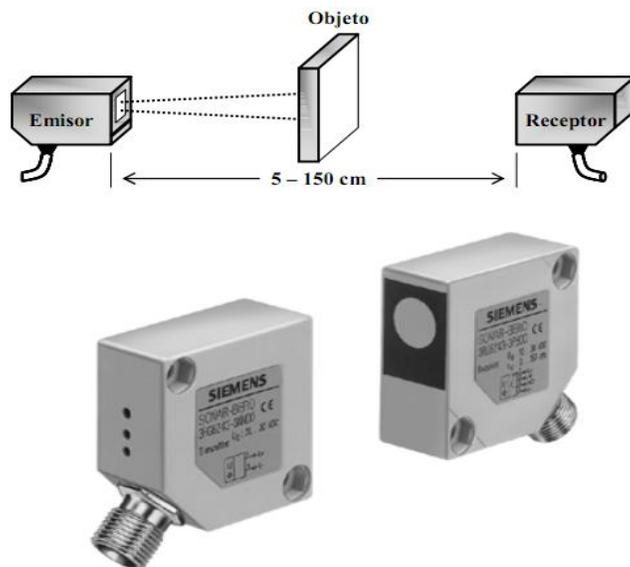
Efectos utilizados para implementar sensores de ultrasonidos.

-La interrupción del haz ultrasónico funciona como detector de un objeto que interrumpe el haz ultrasónico.

-La reflexión en objetos inmóviles o fijos es debida a la propagación en medios no homogéneos, que no se mueven uno con respecto al otro, descrita anteriormente.

-La reflexión en objetos móviles (efecto Doppler) es debida a la propagación en medios no homogéneos que tienen un movimiento relativo entre ellos.

Figura 9. Sensores de ultrasonido de barrera



Tipos de sensores de ultrasonidos.²⁴

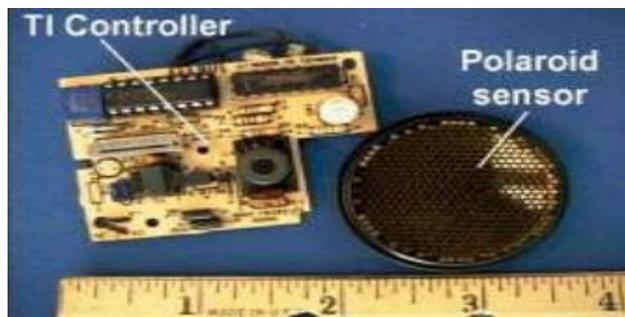
-Polaroid Ultrasonic Sensor. Desarrollado para implementar el sistema automático de enfoque de una cámara en el rango de 15 cm a 100 m.

Características:

- Frecuencia 50 KHz.
- Las vibraciones residuales pueden ser interpretadas como eco de la señal.
- Emite una señal de bloqueo de señales residuales los primero 2.38 ms después de la transmisión.

²⁴ MALDONADO Pérez, E. MURILLO Roldan, A. Sensores y acondicionadores. Tema 10 – Sensores de ultrasonido. Pag. 24-27

Figura 10. Sensor ultrasónico Polaroid

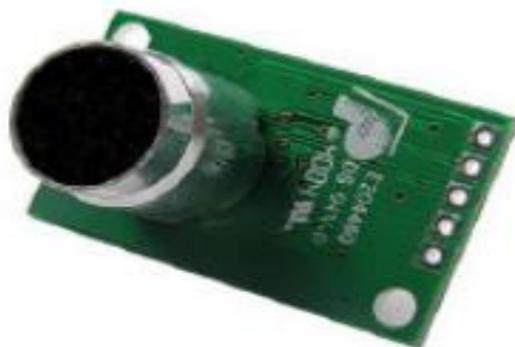


-SRF235 sensor de ultrasonidos de alta frecuencia. El sensor SRF235 es un medidor de distancias por ultrasonidos de alta frecuencia y haz estrecho que posee un procesador de comunicaciones I2C. Se utiliza en robótica.

Este sensor de ultrasonidos se destaca por funcionar a una frecuencia de 235Khz y generar un haz de tan solo 15 grados, lo que proporciona una medida de elevada precisión y gran direccionabilidad.

Las ondas ultrasonoras de 235KHz no se transmiten tan fácilmente a través del aire como las de 40KHz. Esto hace que el alcance del sensor SRF235 esté limitado aproximadamente a 1 m para objetos normales y un máximo de 1,2 m para superficies extensas.

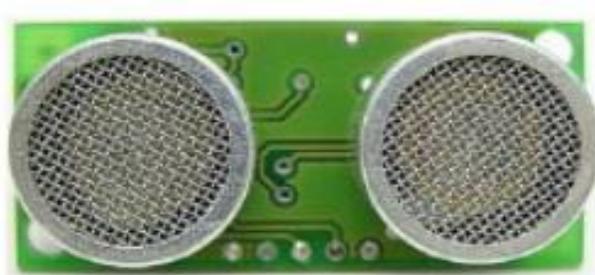
Figura 11. Sensor ultrasónico de alta frecuencia



-SRF04 sensor de medida de distancias por ultrasonidos. SRF04 es un sensor de distancias por ultrasonidos capaz de detectar objetos y calcular la distancia a la que se encuentra en un rango de 3 a 300 cm.

Funciona mediante ultrasonidos y contiene el sensor propiamente dicho y el circuito de acondicionamiento. Emite un impulso y mide la anchura del impulso de retorno. Es de muy pequeño tamaño y se destaca por su bajo consumo, gran precisión y bajo precio. Reemplaza ventajosamente a los sensores polaroid antes descritos en las aplicaciones de robótica.²⁵

Figura 12. Sensor ultrasónico de medida de distancia



2.2.7 Microcontrolador. Es un circuito integrado que nos ofrece las posibilidades de un pequeño computador. En su interior encontramos un procesador, memoria, y varios periféricos. El secreto de los microcontroladores lo encontramos en su tamaño, su precio y su diversidad.

Su misión al igual que cualquier ordenador personal es la misma que una calculadora. Frente a datos de entrada, sigue un programa, un algoritmo dado por un programador y cambia su estado interior. Como objetos o dispositivos de entrada o salida podemos encontrar diversos periféricos, desde simples líneas de entrada digital que pueden estar a cero o a uno, hasta complejos puertos usados en ordenadores que permiten comunicar con otros dispositivos externos como microcontroladores o PC.

²⁵ MANDADO Pérez, E y MURILLO Roldan, A. Sensores de ultrasonidos. Pag. 10-14, 24-27.
<http://www.marcombo.com/Descargas/9788426715753/SENSORES/TEMAS/SA%20TEMA%2010-ULTRASONIDOS.pdf>

Finalidad y uso de los microcontroladores. La limitación en la aplicación de los microcontroladores a un desarrollo de ingeniería tiene su límite en la imaginación del desarrollador. Con los diversos modelos disponibles podemos afrontar multitud de diseños distintos desde los más simples hasta los más complejos.

Por ejemplo de aplicaciones, tenemos mandos a distancia, termómetros digitales, controles de acceso por puertas de seguridad, los sistemas ABS o EPS de los coches, control y sensórica de maquinaria, domótica del hogar, micro-robótica, monederos electrónicos entre otros.²⁶

2.2.8 Los LCD's. Son visualizadores pasivos, esto significa que no emiten luz como el visualizador o display alfanumérico hecho a base de un arreglo de diodos LED's. Es por esa razón que, algunas veces, cuando intentamos ver la hora en un reloj que utiliza esta tecnología, es necesario una fuente de luz adicional.

Este tiene muy bajo consumo de energía si se compara con el display o visualizador alfanumérico y son compatibles con la tecnología CMOS, característica que permite que se utilice en equipos portátiles.

Tiene una vida aproximada de 50,000 horas. Hay diferentes tipos de presentaciones y son muy fáciles de configurar. Hay desde visualizadores comunes de 7 segmentos, hasta una matriz de puntos, todos ellos muy delgados.

El LCD modifica la luz que lo incide. Dependiendo de la polarización que se esté aplicando, Cuando un segmento recibe la tensión de polarización adecuada no reflejará la luz y aparecerá en la pantalla del dispositivo como un segmento oscuro.

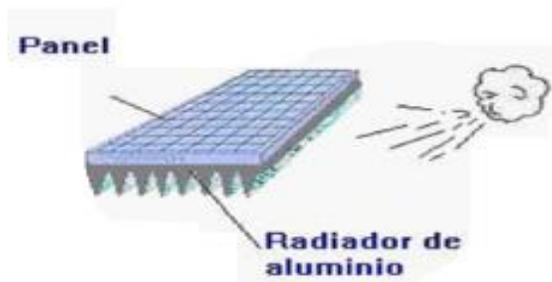
El líquido de un LCD está entre dos placas de vidrio paralelas con una separación de unos micrones. Estas placas de vidrio tienen unos

²⁶ RAMÍREZ Pedro José, Esquema de un microcontrolador.

electrodos especiales que definen, con su forma, los símbolos, caracteres, etc. que se visualizarán.²⁷

2.2.9 Páneles o módulos fotovoltaicos. Los páneles solares son dispositivos que aprovechan la energía que nos llega a la tierra en forma de radiación solar, el componente principal de los paneles solares son las células de silicio.²⁸

Figura 13. Celdas solares



Una celda solar expuesta a la luz genera electricidad; es decir, en las terminales eléctricas externas del dispositivo aparece un voltaje que puede ser medido con un voltímetro.

Corriente a corto circuito I_{cc} : Es la máxima corriente generada por un modulo solar y se mide cuando se conecta un circuito exterior a la celda con resistencia nula. Su valor depende del área superficial y de la radiación luminosa.

Voltaje a circuito abierto V_{oc} : Es el voltaje máximo que genera un modulo solar medido cuando no existe un circuito externo conectado a la celda.

Las celdas se agrupan en lo que se denomina modulo solar o fotovoltaico. Este conjunto de celdas deben estar convenientemente conectadas, de tal forma que reúnan las condiciones óptimas para su integración en sistemas de generación de energía, siendo compatibles con las necesidades y los equipos estándares existentes en el mercado. Las celdas solares se pueden conectar en serie o en paralelo.

²⁷ UNICROM, Display de Cristal Líquido (Liquid Crystal Display).

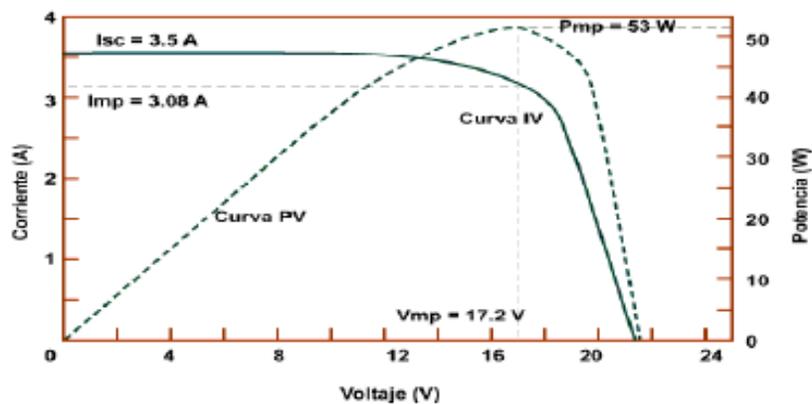
²⁸ LOPEZ Luis, Revista de energía renovable.

Comercialmente, las celdas solares se conectan en serie, se agrupan, se enlaminan y se empaquetan entre hojas de plástico y vidrio, formando la unidad del modulo solar. El modulo tiene un marco (usualmente de aluminio) que le da rigidez y facilidad en el manejo y transportación. Además, en este se encuentran las cajas de conexiones eléctricas para conectar el cableado exterior. El número de celdas que contienen los módulos depende de la aplicación para la que se necesita. Es costumbre configurar el número de celdas conectadas en serie para tener módulos que sirvan para cargar baterías de 12 voltios. Se pueden encontrar generalmente módulos de 36 celdas conectadas en serie. Estos módulos proporcionan un voltaje de salida que sirve para cargar baterías a 12 voltios, incluyendo las pérdidas de voltaje en los circuitos eléctricos así como en los sistemas de control y manejo de energía.

El comportamiento eléctrico de los módulos está dado por las curvas de corriente contra voltaje (curva IV) o potencia contra voltaje (curva PV) que los caracteriza. La siguiente figura muestra las respectivas curvas para un modulo fotovoltaico típico, bajo condiciones estándares de prueba (irradiación de 1kW/m^2 y temperatura de celda de $25\text{ }^\circ\text{C}$). Cada modelo de modulo tiene una curva IV (o PV) característica. En la curva PV, la potencia máxima (P_p) es la capacidad nominal o tamaño del modulo. La corriente y el voltaje en el punto de máxima potencia (I_p y V_p) corresponden a la corriente nominal y voltaje nominal del modulo respectivamente. Los otros parámetros importantes son la corriente de corto circuito (I_{cc}) y el voltaje de circuito abierto (V_{oc}).²⁹

²⁹ MARTINEZ H D. Control digital para convertidor multinivel alimentado con energía solar, Cap. 6, Pag. 69.

Figura 14. Curvas IV-PV para un módulo fotovoltaico típico a 1000 W/m^2 y $25 \text{ }^\circ\text{C}$



2.2.10 Relé. Es un interruptor controlado por un electroimán, que está encargado de mover las piezas necesaria para que el interruptor cambie de posición cuando es activado.

El relé, como componente, pertenece a dos circuitos eléctricos distintos. Un circuito de control, que está formado por los elementos que conectan y desconectan la corriente por el electroimán, y otro circuito de potencia, que es conectado o desconectado por el electroimán.³⁰

2.2.11 Transmisión de datos. La ITU-T (antes CCITT) en su norma X.15, define la transmisión de datos como la acción de cursar datos, a través de un medio de telecomunicaciones, desde un lugar en que son originados hasta otro en el que son recibidos.

Una de las definiciones más comunes de transmisión de datos:

Parte de la transmisión de información que consiste en el movimiento de información codificada, de un punto a uno o más puntos, mediante señales eléctricas, ópticas, electroópticas o electromagnéticas.³¹

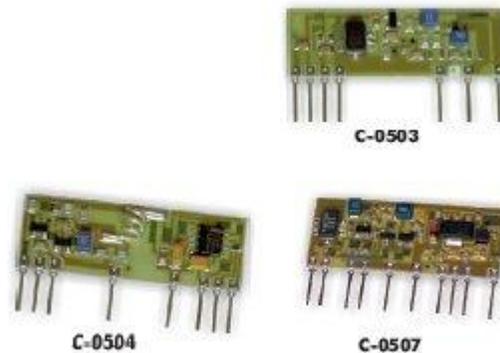
³⁰ Instituto de Educación secundaria "Las Lagunas". Departamento de tecnología.

<http://www.exatecno.net/ampliacion/rele/rele.swf>

³¹ PELLIZZA Armando Sergio, Transmisión de datos. Depto apoyatura académica ISES. Bibliotecas virtuales, Pag 8.

2.2.12 Radiofrecuencia. Cualquier transmisión tanto de radio como de televisión se hace a través de las denominadas ondas electromagnéticas. Este tipo de ondas se caracterizan porque están formadas, como su nombre lo indica, por la conjunción de un campo eléctrico y otro magnético. La unión de estos campos es la que permite que este tipo de ondas se pueda transmitir por el espacio. Este tipo de ondas se propaga por el espacio (independientemente de cuál sea su frecuencia) a la velocidad de la luz; a la particularidad que tiene este tipo de ondas de viajar por el espacio es a lo que se le denomina técnicamente como propagación de las ondas electromagnéticas.

Figura 15. Módulos transreceptores de radiofrecuencia

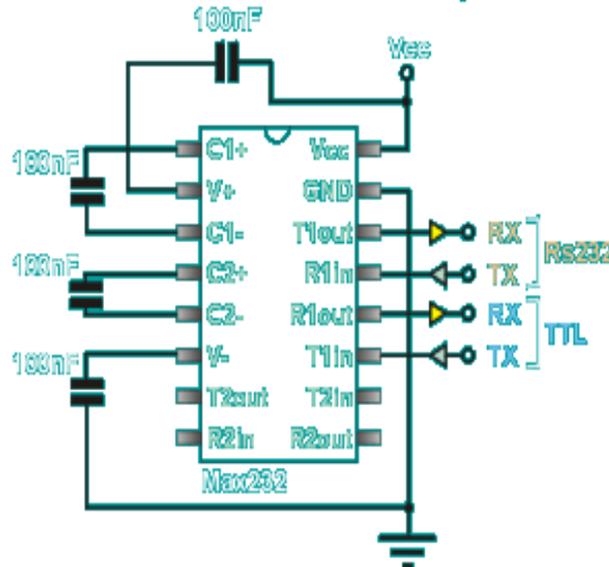


2.2.13 El max 232. El MAX232 dispone internamente de 4 convertidores de niveles TTL al bus standard rs232 y viceversa, para comunicación serie como los usados en los ordenadores y que ahora están en desuso, el Com1 y Com2.

Este circuito integrado lleva internamente 2 convertidores de nivel de TTL a RS232 y otros 2 de RS232 a TTL con lo que en total podremos manejar 4 señales del puerto serie del PC, por lo general las más usadas son; TX, RX, RTS, CTS, estas dos últimas son las usadas para el protocolo handshaking pero no es imprescindible su uso. Para que el max232 funcione correctamente deberemos de poner unos condensadores externos, todo esto lo podemos ver en la siguiente figura en la que solo se han cableado

las líneas TX y RX que son las más usualmente usadas para casi cualquier aplicación.³²

Figura 16. Esquemático de un módulo MAX232



Este integrado es usado para comunicar un micro controlador o sistema digital con un PC o sistema basado en el bus serie rs232.

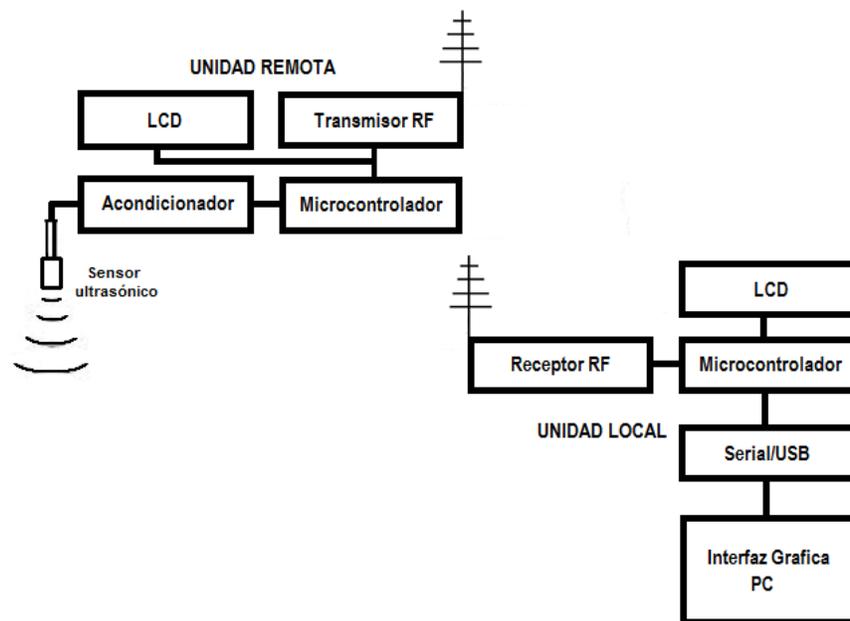
2.2.14 Diseño. El sistema propuesto está conformado por dos unidades bien identificadas, la primera es la unidad remota, que se encuentra instalada en el sitio específico para hacer la medición a orillas del río San Juan, la otra es la unidad local ubicada dentro de un sitio cercano o laboratorio de monitoreo. Estas dos unidades son diseñadas con base en un microcontrolador comercial de bajo costo.

Unidad remota. Estara dispuesta dentro de en un módulo para intemperie que consta de un microcontrolador, el sensor por ultrasonido de nivel, un acondicionar de señal y un transreceptor inalámbrico. En esta unidad también encontramos las celdas solares y los bancos de baterías que serán las principales fuentes de alimentación de energía para nuestro módulo.

³² X-robotics, Conversor TTL - RS232, MAX 232.
<http://www.x-robotics.com/hardware.htm#MAX232>

Unidad local. Esta unidad conformada por un microcontrolador, un transreceptor inalámbrico, también consta de una comunicación USB-Serial para la comunicación con una computadora donde se visualizará constantemente el estado de los nivel del río mediante una interfaz gráfica para el usuario. Esto permite estonces tomar la mejor decisión para accionar la alarma de acuerdo a los niveles del río que se esten presentando en la lectura del sensor.

Figura 17. Diagrama de bloques del diseño



El sistema se encarga de monitorear el nivel del río San Juan en la localidad de Istmina y su función principal es accionar una alarma (tipo sirena) de manera automática en el momento en que estos niveles aumenten y representen un riesgo para la comunidad. Los módulos que forman el sistema de alarma y monitoreo remoto del nivel del río San Juan son los siguientes:

- ✓ Sistema de alimentación mediante paneles fotovoltaicos.

- ✓ Sistema de medición de nivel (el sensor de nivel por ultrasonido) y acondicionamiento de los datos de información.
- ✓ Sistema de transmisión y recepción de los datos de información.
- ✓ Sistema de reporte de novedades y Mecanismo de Alarmas.
- ✓ Infraestructura donde estaría ubicado del prototipo.

3. DISPOSITIVOS INVOLUCRADOS Y TECNISISMOS DESARROLLADOS PARA LA SOLUCION DEL SISTEMA.

En este capítulo se presenta las características, voltajes y corrientes de operación de todos los dispositivos y mecanismos utilizados para el desarrollo y puesta en marcha del sistema. El panel solar comercial código de referencia ZK20A, la modelación que se desarrollo para simular el sensor de nivel por ultrasonido con el circuito de acondicionamiento de los datos de información, los microcontroladores para procesar los datos y establecer el control de alarmas, la pantalla de cristal líquida o LCD para la presentación de información transmitida, los dispositivos transreceptores de comunicación inalámbrica por radiofrecuencia, la utilización de la interfaz gráfica para el monitoreo en tiempo real de los datos de información en la estación local. Por último se presenta el plano sencillo de la infraestructura donde estaría ubicada la estación remota de nuestro prototipo.

3.1 MÓDULO FOTOVOLTAICO ZK20A Y CARGA DE BATERÍAS PARA OBTENER LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN VDC DEL PROTOTIPO.

Estos módulos utilizan materiales de última generación desarrollados por la industria fotovoltaica. Dispone de 36 células enseriadas, lo que permite suministrar la tensión ideal para sistemas de 12VDC, de pequeño consumo.

La aplicación típica es la alimentación de quipos electrónicos de pequeña potencia que, por sus características, estén ubicados en zonas alejadas de núcleos urbanos, como postes de socorro, indicadores luminosos, pequeñas balizas. Se dispone así de una fuente de energía limpia, debido a su mínima polución química y nula contaminación acústica.

Estos módulos están fabricados con materiales de alta calidad que han sido sometidos a numerosos ensayos, para garantizar un rendimiento eléctrico óptimo. Están formados por un cristal con alto nivel de transmisividad y uno de los mejores encapsulantes utilizados para la fabricación de estos: etilvinilo-acetato modificado (EVA). La cara posterior

del módulo consta de varias capas, cada una con una función específica, ya sea de adhesión, aislamiento eléctrico, o aislamiento frente a las inclemencias meteorológicas.

El módulo posee una caja de conexiones para uso en el exterior, muy versátil, que permite el conexionado por soldadura o mediante terminales de horquillas. La entrada a la caja de conexiones se debe realizar con una manguera de 2 cables.

Características. Los datos eléctricos reflejan los valores típicos de un módulo A-20P, medidos en la salida de los terminales, al final del proceso de fabricación. Mediciones realizadas conforme ASTM E1036, corregidas a las condiciones de prueba estándar (STC): radiación $1\text{KW}/\text{m}^2$, distribución espectral M (masa de aire) 1,5 ASTM 892 y temperatura de célula de $25\text{ }^\circ\text{C}$.

Las células cristalinas, durante los primeros meses de exposición a la luz, pueden experimentar una degradación fotónica que podría hacer decrecer el valor de la potencia máxima del módulo hasta un 3%.

Las células, en condiciones normales de operación alcanzan una temperatura superior a la temperatura de condiciones estándar de medida de laboratorio. El TONC es una medida cuantitativa de ese incremento. La medición del TONC se realiza en las siguientes condiciones: radiación $0.8\text{KW}/\text{m}^2$, temperatura ambiente de $20\text{ }^\circ\text{C}$ y velocidad del viento de $1\text{m}/\text{s}$.³³

³³ SUCONEL, Panel solar atersa. Módulo fotovoltaico compacto para pequeños consumos.
<http://www.radiocomunicacion.com.pe/download/paneles/pdf/mua-20-g.pdf>

Figura 18. Corriente producida en función del voltaje para diferentes intensidades de radiación (25 °C) y diferentes temperaturas de operación (intensidad constante de 1KW/m²).

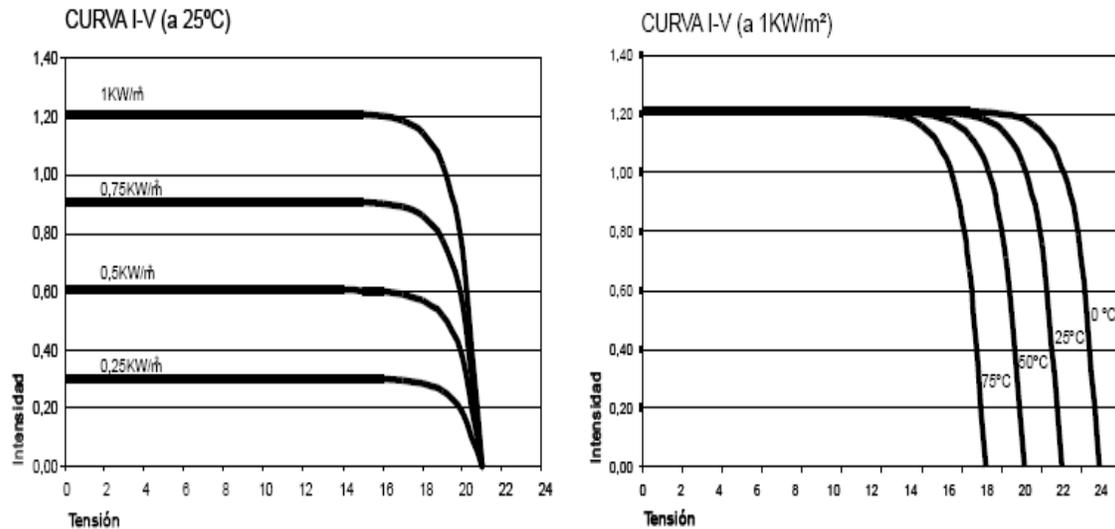


Tabla 8. Placa del fabricante para un modulo ATERSA zk20a modelo A-20P

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	A-20P
Potencia (W en prueba ±10 %)	20 W
Número de células en serie	36
Corriente Punto de Máxima Potencia (Imp)	1,19 A
Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp)	16,8 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	1,21 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	21,0 V
Máxima tensión del sistema	600 V
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Dimensiones máx (mm.)	638x278x25
A (mm.)	444
B (mm.)	244
C (mm.)	278
Peso (aprox.)	2,2 Kg.
Especificaciones eléctricas medidas en STC. TONC: 50°C	

Reguladores para la carga de las baterías. La carga de las baterías se realiza en forma continua utilizando un método de carga adaptable a nuestra aplicación para preservar la vida útil de las baterías, teniendo en cuenta que, hay que evitar situaciones de sobrecarga y descarga total.

3.2 MEDIDOR ULTRASÓNICO Y ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL DE LOS DATOS DE INFORMACIÓN.

3.2.1 Descripción. Como sensor del nivel del agua para efectos prácticos y de simulación utilizamos un potenciómetro, estableciendo un divisor de tensión y ajustándolo para que entregue un voltaje variable de 0V a 5V, pues en la realidad este sería el voltaje entregado por el sensor de nivel.

Como sensor ultrasónico de nivel se investiga a cerca del DCU-7110 de la firma *Scientific Technologies Inc.*, el cual tiene un rango de operación entre 0,3m y 4,9m. Este equipo contiene un transmisor que emite ondas ultrasónicas, los cuales son reflejados en el blanco y posteriormente detectados. La diferencia de tiempo entre el instante en que ocurre la emisión y la detección de la señal ultrasónica es procesada con un microprocesador interno quien genera una señal de voltaje proporcional a la distancia que separa el sensor y el nivel del agua.

La serie DCU (sensores por ultrasonidos) es ideal para el desarrollo de varias aplicaciones. El color, la transparencia, la constante dieléctrica de los materiales, gravedad específica o viscosidad del blanco no afectan a un sensor de ultrasonidos. Los sensores ultrasónicos funcionan extremadamente bien en ambientes hostiles, son fiables, y requieren poco o ningún mantenimiento.

3.2.2 Aplicaciones. La serie DCU fue diseñado para una amplia gama de aplicaciones, incluyendo el monitoreo ambiental, la detección de objetos, detección de proximidad, y control de nivel. Algunas: Posicionamiento de equipos, automatización industrial, medición y control del tanque, para evitar colisiones, Monitoreo Ambiental.³⁴

3.2.3 Especificaciones técnicas. En la siguiente tabla encontramos todos los datos para la familia DCU con sus alcances o rangos de operación, niveles de corriente y voltajes de alimentación.

³⁴ DCU Ultrasonic Level Sensor.
http://www.hoskin.qc.ca/uploadpdf/Instrumentation/S.T.I/hoskin_DCU41000a2e7f209.pdf

Figura 19. Aplicaciones con el sensor ultrasónico DCU 7110



Figura 19.1 Aplicaciones con el sensor ultrasónico DCU 7110

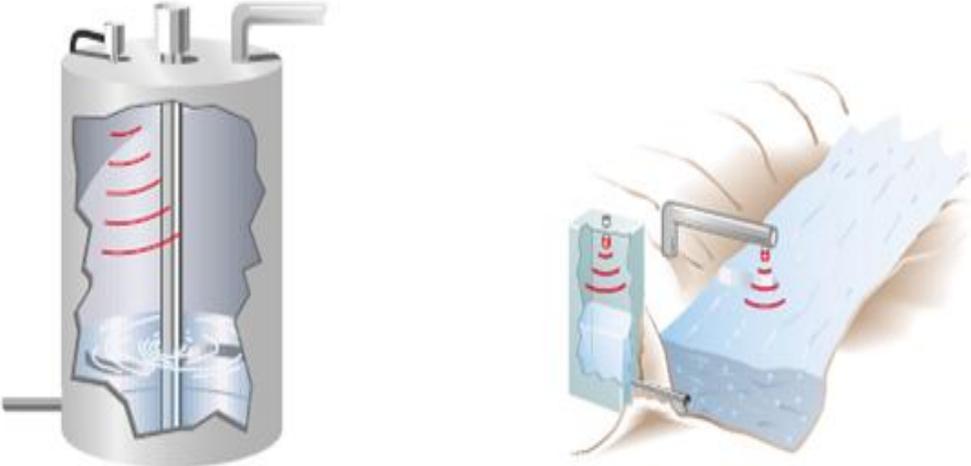


Tabla 9. Especificaciones técnicas del sensor DCU 7110

Model	DCU-1100	DCU-1600	DCU-7000
Operating Range	2 to 50 ft. (0.6 to 15.3 m)	4 to 72 in. (0.1 to 2 m)	DCU-7070: 1 to 35 ft. (0.3 to 10.7 m) DCU-7110 & 7210: 1 to 16 ft. (0.3 to 4.9 m)
Output	(2) solid state relays and 4-20 mA	4-20 mA	0-5 V
Supply Voltage	24 VDC*	24 VDC*	24 VDC**
Total Current Draw	110 mA @ 24 VDC	80 mA @ 24 VDC	80 mA @ 24 VDC
Maximum Rated Power	3 W	2.5 W	2.5 W
Housing	PVC	PVC	DCU-7110 & 7210: PVC DCU-7070: Stainless steel
Mounting	3 NPT or 3 in. 150 lb. flange	1 NPT, 2 NPT, or 2 in. sanitary 3A flange	DCU-7110: 2 NPT DCU-7070 & 7210: Band clamp
Transducer Type	DCU-1104: ceramic, PVC faced DCU-1108: ceramic, Teflon® faced	Ceramic	DCU-7110: Ceramic, PVC faced DCU-7070 & 7210: Electrostatic
Ratings	NEMA 4X	NEMA 6P, IP67	DCU-7110: NEMA 4X DCU-7070 & 7210: NEMA 12
Approvals (pending)	FM Class I, Div. 2	n/a	n/a
Response Time	Programmable (120 ms minimum)	Programmable	Programmable (5 sec. minimum upon excitation)
Sample Rate	Programmable (8-0.125 Hz)	Programmable (60 to 1000 ms)	12 Hz
Resolution	0.1 in. (2.5 mm)	0.13 in. (3.3 mm)	0.05 in. (1.3 mm)
Accuracy (with no temperature gradient)	±0.25% of detected range	±0.25% of detected range	±0.25% of detected range
Adjustments	Integrated keypad	RS-232	RS-232
Operating Temperature	-30 to 140°F (-34 to 60°C)	-40 to 140°F (-40 to 60°C); DCU-1633 is rated to 250°F (121°C) for < 39 min.	-30 to 140°F (-34 to 60°C)
Temperature Compensation	Internal	Internal	Internal
Beam Pattern	9° off axis	9° off axis	9° off axis
Connections	(10) conductor cable (6 ft. (1.8 m) standard length)	(8) conductor cable (6 ft. (1.8 m) standard length)	(8) conductor cable (6 ft. (1.8 m) standard length)
Frequency	42 kHz	143 kHz	DCU-7110: 69 kHz DCU-7070 & 7210: 50 kHz

* The sensor will operate from 12-28 VDC, but the sensor performance will be diminished if the voltage is less than 24 VDC.

** The DCU-7110 will operate from 12-28 VDC, but the sensor performance will be diminished if the voltage is less than 24 VDC.
Specifications are subject to change without notice.

3.2.4 Acondicionamiento de señal de los datos de información. Es la etapa encargada de filtrar y adaptar la señal proveniente del transductor ultrasónico, en el caso específico, la señal entregada por el potenciómetro, a la entrada analógica del convertidor A/D del micro controlador.

Para hacer esta adaptación debemos tener en cuenta:

- Adaptar el rango de salida del transductor ultrasónico al rango de entrada de voltaje con la que opera un micro controlador en su convertidor.
- Acoplar la impedancia de salida de uno con la impedancia de entrada del otro.

Hacemos más énfasis en la adaptación de impedancias, debido a que los transductores presentan una salida de alta impedancia, que normalmente

no puede excitar la entrada de un microcontrolador, cuya impedancia típica suele estar entre 1 y 10K.

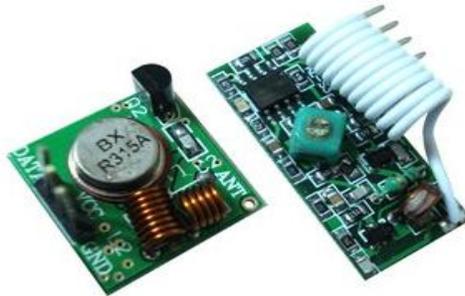
El convertidor analógico/digital del microcontrolador es un sistema que presenta en su salida una señal digital a partir de una señal analógica de entrada (normalmente de tensión). Luego de hacer esto, los datos se encuentran listos para ser transmitidos y recibidos por la estación local donde por medio de la interfaz RS-232 son visualizados en el computador.

3.3 MÓDULOS DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE RADIOFRECUENCIA.

El módulo que utilizamos para hacer pruebas de transmisión y recepción de los datos fue el KRF315D pues es un módulo de buena calidad para este tipo de pruebas y es de bajo costo conseguido en cualquier tienda electrónica de la ciudad.

Las características técnicas de este práctico módulo de transmisión y recepción son:

Figura 20. Módulos Tx y Rx



- Modulación ASK.
- Alimentación del transmisor de 5 a 12 VDC.
- Alimentación del receptor de 5 VDC.
- Frecuencia señal de la portadora de 315MHz.
- Su alcance es de 50 mts línea de vista.

3.4 EL MICROCONTROLADOR Y LA INTERFACE PARA LA COMUNICACIÓN ENTRE EL CIRCUITO ELECTRÓNICO Y EL COMPUTADOR EN LA UNIDAD LOCAL.

3.4.1 El microcontrolador. Todo el funcionamiento del prototipo tiene como eje principal el micro controlador PIC16F877A de microchip. Este pertenece a la gama media de microcontroladores. Dispone de interrupciones y una pila de 8 niveles que permite el anidamiento de subrutinas. Se le puede encontrar en un tipo de encapsulado de 40 pines (ò patas). Cuenta con una arquitectura harward en la que son independientes la memoria de instrucciones y la memoria de datos y cada una dispone de su propio sistema de buses para el acceso. Posee un amplio rango de tensión de funcionamiento de 2.0 a 5.5 volts y es de bajo de 2 mA a 5 volt, 4MHz.

Figura 21. Micro controlador PIC16F877A



Tabla 10. Características generales del PIC16F877A

	Descripción	Características
Procesador	Núcleo	RISC, Arq. Harvard, 20 MHz. 5 MIPS
	Interrupciones	14 fuentes posibles de interrupción
	Reloj	0-20 MHz.
	Reset	Master Clear, Brown Out, Watchdog, Power On
	Instrucciones	35 instrucciones de 14 bits
Memoria	M. de programa	8 K palabras de 14 bits
	M. de datos RAM	368 registros de 8 bits
	M. de datos EEPROM	256 registros de 8 bits
	Pila	8 palabras de 13 bits
	M. de datos ext. EEPROM	Hasta 256 KBytes
Periféricos	Puertos programables de E/S	Hasta 33 bits, pueden ser usados por otros periféricos
	Timers/Counters	Dos de 8 bits y uno de 16 bits
	Puertos de captura/comparación de datos	Dos de 8 bits
	Moduladores de ancho de pulso (PWM)	Dos de 8 bits
	Convertor Analógico/Digital de 10 bits	Con un MPX de 8 canales para 8 entradas diferentes
	Puerto serie síncrono	Configurable en modo SPI e I ² C
	USART	Para conexiones RS 232
	Parallel Slave Port	8 bits + 3 bits de control

3.4.2 Regulador de tensión. Se utilizó el circuito integrado LM7805 como fuente de alimentación fija de 5V para el circuito electrónico. Este dispositivo posee tres terminales dispuestas así: una para tensión no regulada, otra para tensión regulada y la última a masa común de ambas. Una de las características fundamentales de este regulador es que posee una protección térmica y contra corriente excesiva, la cual hace disminuir la tensión de salida a 0 Voltios cuando la corriente o la temperatura es demasiado elevada.

3.4.3 Cristal de cuarzo. Se utilizó un cristal de cuarzo de 4MHz, como elemento de control de frecuencia para generar el pulso de reloj para el funcionamiento del microcontrolador.

3.4.4 Convertidor de tensión. Debido a que el microcontrolador maneja tensiones entre 0 y 5 voltios, y el voltaje necesario para la interface RS232 es de -12Vcc y +12Vcc fue necesario implementar entre estos dos elementos un componente que elevara los niveles de tensión entregada por el PIC a los requeridos por la RS232 para lo cual utilizamos el circuito integrado MAX232.

3.4.5 Interfaz RS232. La comunicación entre el circuito electrónico y la computadora es realizada utilizando dicha interface. Esta es implementada utilizando un conector DB9 en el que utilizamos el pin 2 para recepción, el pin 3 para transmisión, el pin 5 para tierra de señal y el pin 1 para tierra de protección.

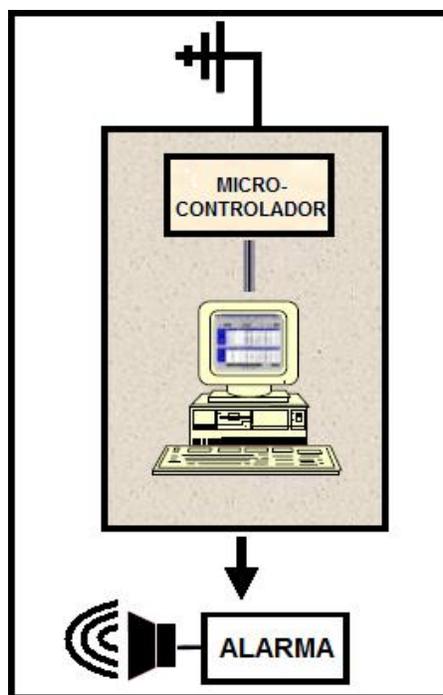
3.5 SISTEMA DE REPORTE DE NOVEDADES Y MECANISMO DE ALARMAS.

Las funciones de medición, adquisición, procesamiento y visualización de datos son realizados a través de el instrumento virtual desarrollado con el programa *LABVIEW*. En este se visualiza, el nivel actual, led indicando el estado de la alarma sonora, tabla de los datos obtenidos en función del tiempo y gráfica indicando la variación en el tiempo del nivel del agua.

El sistema permite procesar y almacenar los datos en la memoria del computador y generar reportes en formato Excel y gráficas que se visualizan en tiempo real en la pantalla del computador mediante dicho programa.

3.5.1 Unidad para activación de alarma. El sistema de monitoreo incluye una unidad cuya función es activar la alarma cuando el nivel del agua en el río sobrepase el límite que hemos definido previamente como de riesgo. La alarma consiste en una sirena que se activa a través de un relé cuando el nivel de riesgo se mantiene por más de 15 minutos. Una alarma visual es simultáneamente activada, la cual se visualiza a través del led que se ilumina en el panel frontal en la pantalla del computador.

Figura 22. Estación local Istmina – Chocó



3.6 INFRAESTRUCTURA PARA LA UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN REMOTA DEL PROTOTIPO.

La unidad quedará ubicada en la ciudad de Istmina, dispuesta de manera estratégica a orillas del río San Juan en la zona de Malaria, en un lugar

llamado y conocido por todos los habitantes de la ciudad como “El metro” (está ubicada la escala hidrométrica o limnómetro). Un lugar alto, donde sabemos que el nivel de río no sobrepasará la altura de la estación, puesto si lo hace, es porque el río hace mucho tiempo se desbordo y por consiguiente Istmina está inundado.

Se diseñó una especie de caseta con puerta para mayor seguridad donde estarán todos los dispositivos electrónicos dispuestos adentro de una caja o gabinete conectados para su óptimo funcionamiento. Los únicos dispositivos que quedan a la intemperie son el panel solar, la antena de transmisión y el sensor de ultrasonido de nivel.

Figura 23. Estación remota Istmina – Chocó

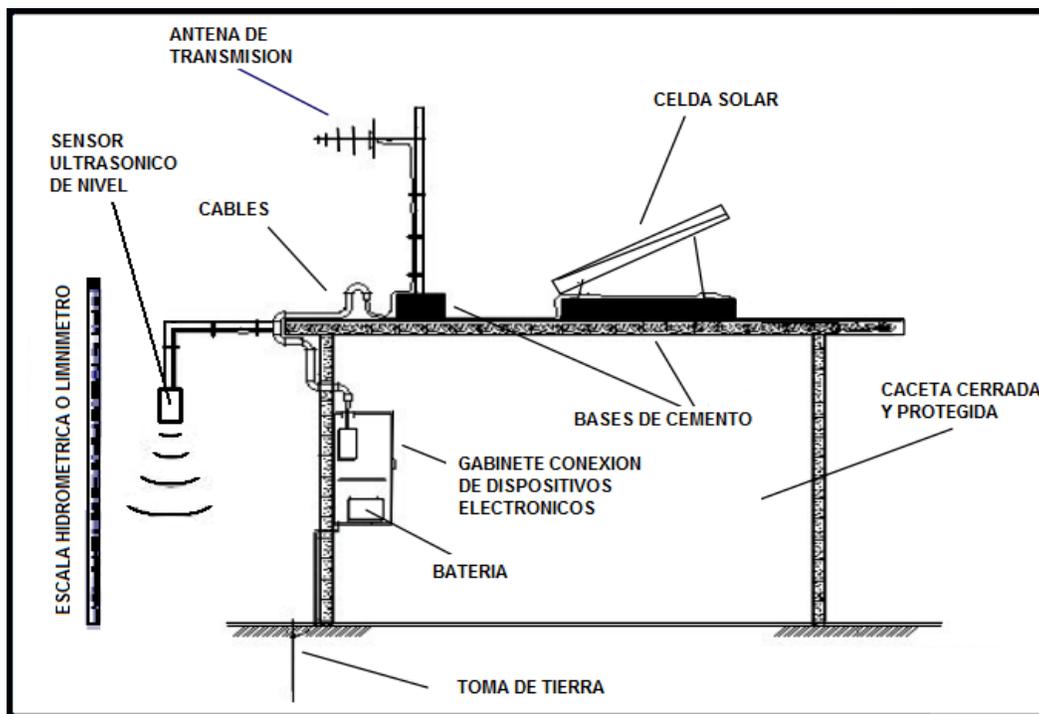
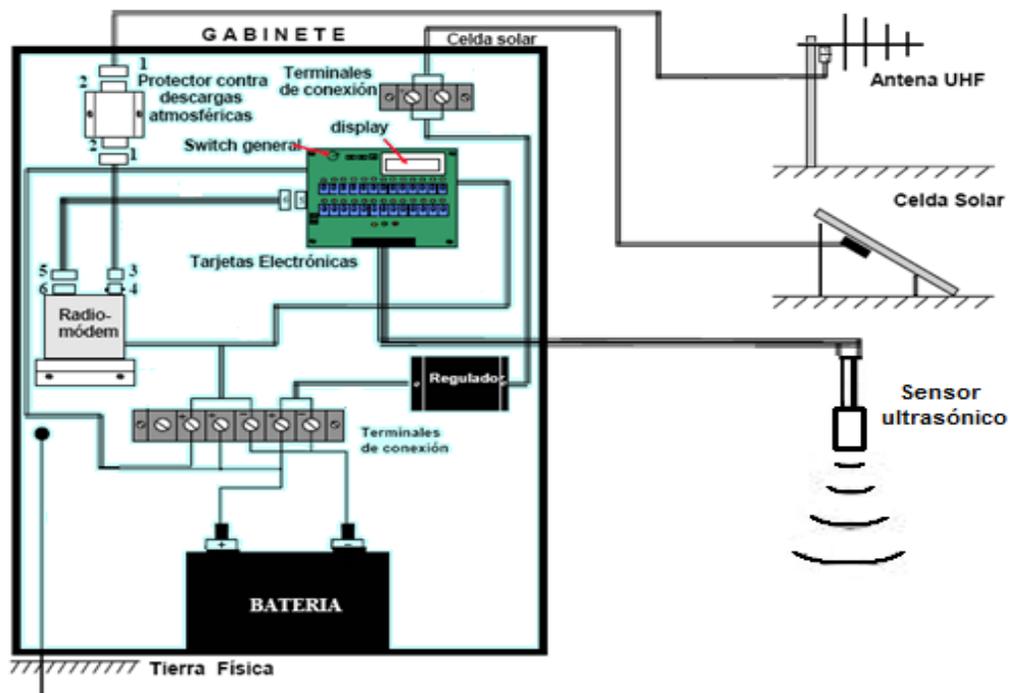


Figura 24. Gabinete de conexión de dispositivos electrónicos

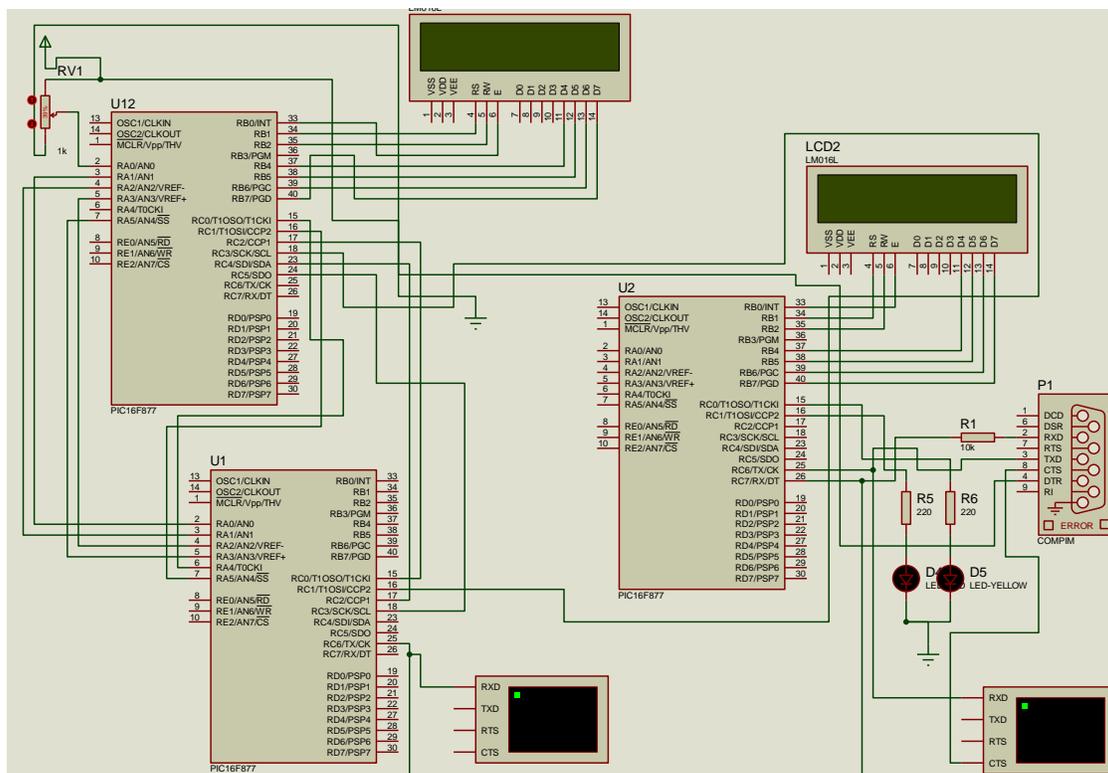


4. SIMULACIÓN DEL PROTOTIPO MEDIDOR DE CRECIENTE Y ACCIONAMIENTO DE ALARMA.

La simulación del prototipo está determinada por tres fases diferentes que permiten hacer un seguimiento secuencial del proceso, la primera de las fases es la en cargada de realizar la conversión análoga/digital y simulación de la entrada del sensor. La segunda, consiste en la transmisión y recepción de manera inalámbrica, de los datos obtenidos y previamente acondicionados, mediante los módulos de radiofrecuencia. La tercera y última de las fases tiene como finalidad procesar los datos recibidos y de esta manera poder enviarlos al computador para visualizarlos y ejecutar una acción de alarma de acuerdo al comportamiento del nivel del río leída por el sensor, teniendo como referencias dos niveles primordiales correspondiente a la creciente súbita (dato 6) y el desborde inminente del río (dato 10).

Para efectos prácticos antes de hacer algún montaje de dispositivos y hacer pruebas físicas del prototipo, se diseñó el circuito para la simulación del sistema, haciendo uso de la herramienta *PROTEUS v7.7* obteniendo los siguientes resultados.

Figura 25. Circuito esquemático de simulación

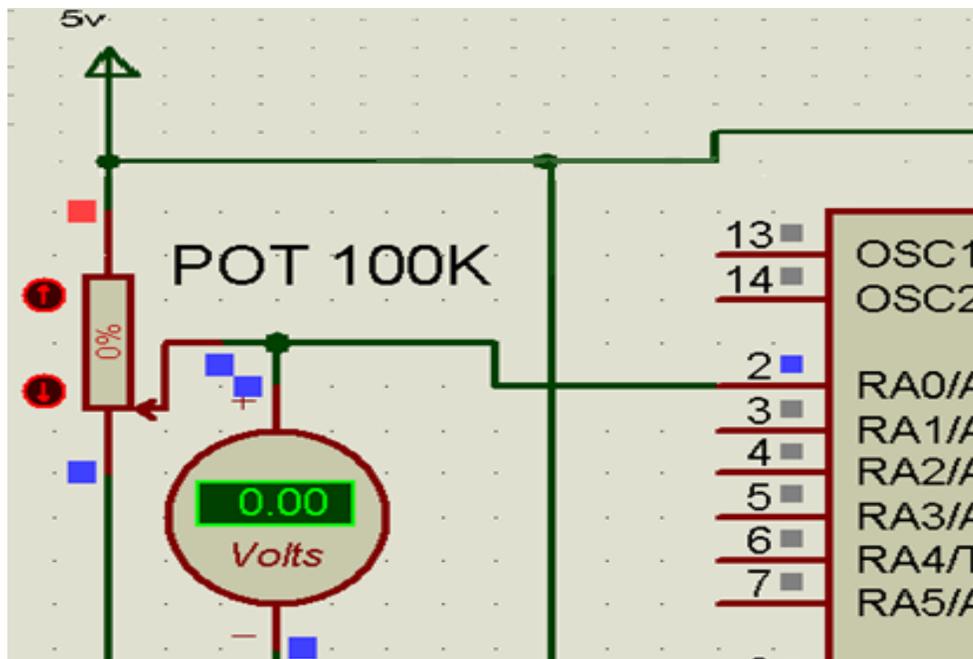


4.1 SEÑAL ENTREGADA POR EL SENSOR ULTRASÓNICO DE NIVEL.

Teniendo en cuenta que el sensor entrega en su salida voltajes de 0 a 5 voltios según la medida del nivel del agua que este haga, en la parte práctica del proceso estos voltajes fueron simulados con la ayuda de un potenciómetro de 100K y una entrada como fuente de alimentación de 5 voltios fijos. Fuente que nos sirvió también para la alimentación y funcionamiento del microcontrolador PIC16F877A.

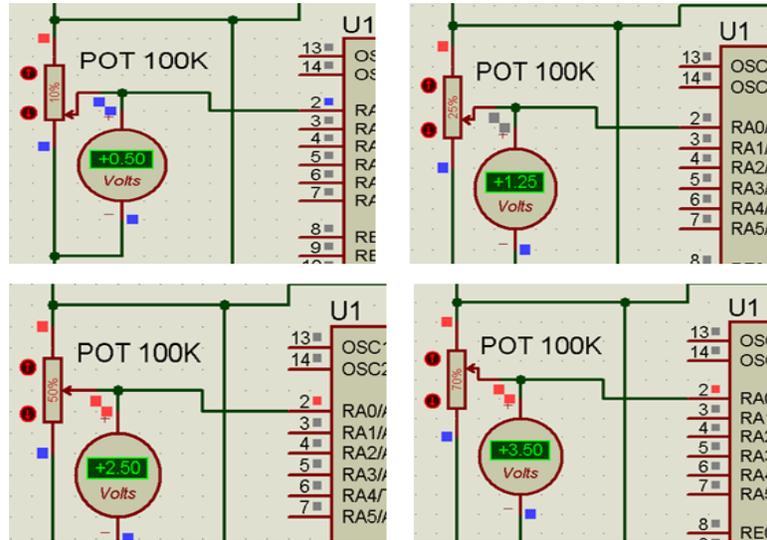
Podemos observar que en la *figura 26*, se parte de un 0% en el nivel de resistencia del potenciómetro haciendo referencia a que el nivel del agua del río se encuentra de manera normal. Esto equivale a tener 0 voltios a la entrada de PIN RA0 donde se hace el acondicionamiento para recibir los datos del sensor y realizar la conversión de análogo a digital en el proceso.

Figura 26. Conexión del potenciómetro para la simulación de la señal entregada por el sensor ultrasónico



Una vez iniciamos a variar el valor correspondiente a la resistencia del potenciómetro podemos observar en la *figura 27* que tanto el voltaje como el porcentaje referente a este varían, con los que perfectamente pudimos obtener valores de voltaje distintos entre 0 y 5 voltios como simulación de la señal entregada por el sensor.

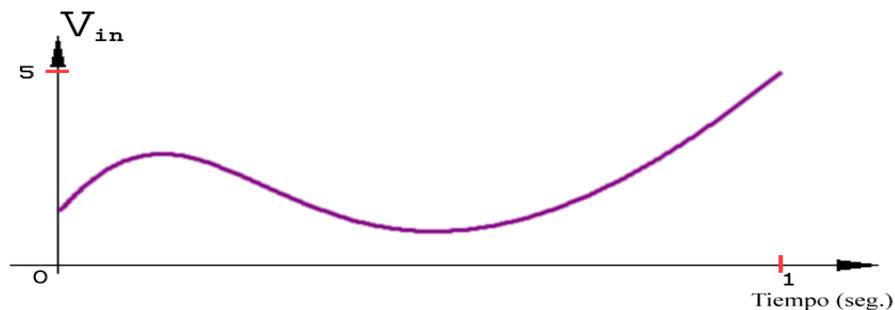
Figura 27. Simulación de valores de lectura del sensor



4.2 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL DEL SENSOR DE ANÁLOGA A DIGITAL UTILIZANDO EL CONVERTIDOR ADC DEL MICROCONTROLADOR.

4.2.1 Convertidor ADC del microcontrolador. Tanto nuestra voz como muchas de las señales que se envían a través de un medio guiado como un cable o no guiado como es el aire son de tipo continuo y pueden tomar infinitos valores a lo largo del tiempo. Por ejemplo podemos decir que la señal eléctrica que se transmite de la tarjeta de sonido al altavoz es continua y puede tomar cualquier tensión entre los dos hilos.

Figura 28. Señal continua en el tiempo



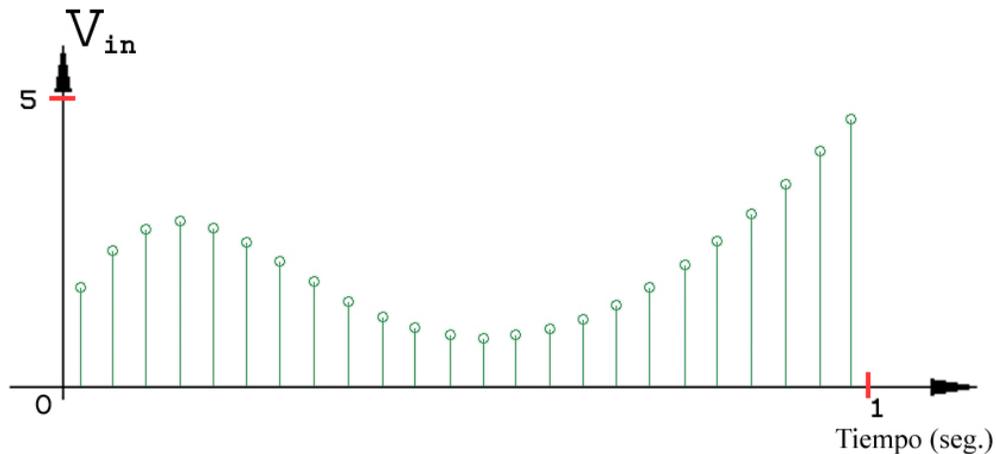
El interés en digitalizar una señal puede surgir por varios motivos: el hecho de querer almacenarla en un soporte digital o transmitirla digitalmente para luego reconstruirla, se trata con programas los valores analógicos que dé el sensor.

Acotando la señal en un intervalo de tiempo y unos valores mínimos y máximos de tensión tenemos que tener en cuenta dos factores fundamentales a la hora de almacenar dicha señal en un formato adecuado que pueda almacenarse digitalmente (con ceros y unos): se tiene que muestrear y cuantificar.

El muestreo implica que tenemos que coger una muestra de la señal cada T segundos ya que no hay memoria suficiente capaz de almacenar los infinitos puntos de una señal en un intervalo cualquiera de tiempo.

En el ejemplo de las *figura 28* se ha acotado un segundo de tiempo y 5V de tensión de entrada analógica del PIC.

Figura 29. Señal digital en un periodo de tiempo T

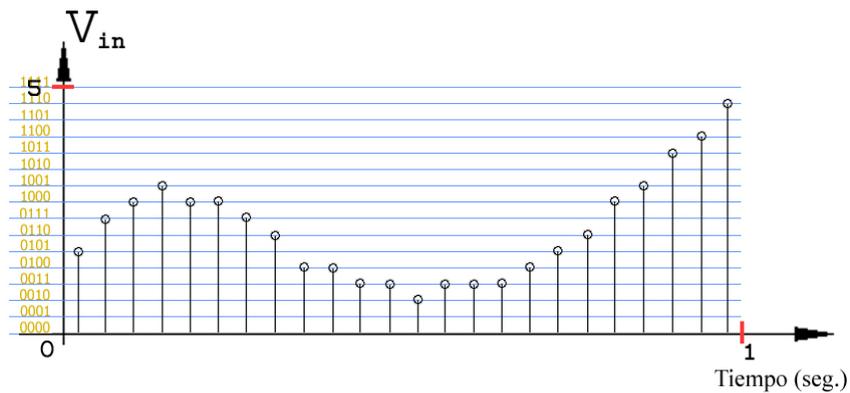


En la *figura 29* se han tomado 24 muestras en un segundo, esto es, la frecuencia de muestreo.

La cuantificación surge por el mismo motivo que el muestreo pero para el eje de ordenadas: una vez se tenga la muestra, su amplitud puede tomar infinitos valores, y se debe redondear entre unos valores fijos a lo largo de

ese eje. Estos valores van a depender del número de bits que se vayan a almacenar para cada muestra, por ejemplo, en la *figura 30* se cogen 4 bits y con ellos se pueden formar 16 combinaciones y por lo tanto 16 distintos niveles en los que se puede dividir el eje.

Figura 30. Cuantificación en el PIC de una señal digital debido a 2^n-1 . 10 bits luego son 1023 niveles.

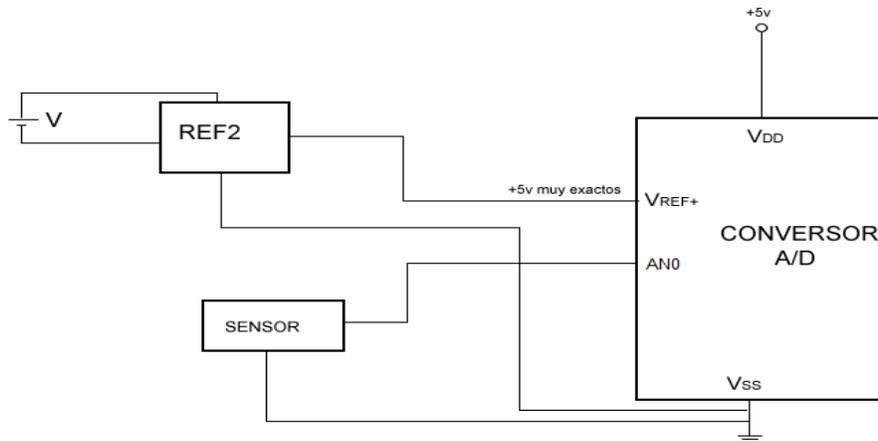


Tanto en un proceso como en el otro, se va a provocar una pérdida de la forma de la señal original y eso implica que se va a cometer un error de aproximación cuya magnitud se puede calcular.³⁵

4.2.2 Descripción de la conversión y transmisión de datos. En nuestro caso, el microcontrolador 16F877A está configurado para una conversión ADC de 8 bits y la señal de voltaje análogo del sensor varía de 0 a 5 voltios, sin embargo el convertidor del microcontrolador presenta dos niveles de referencia los cuales indican entre que valores será la señal análoga de entrada.

³⁵ CANTERO Siñuela I S, GIL Hernández D, RICHART Sanchis L. (2005). Conversor analógico digital del PIC16F877A. Pag. 3-4. <http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/PAEEES/2004-05/A02-A03%20-%20Conversor%20AD%20del%20PIC16F877.pdf>

Figura 31. Disposición de una señal análoga para su conversión



Como se mencionó anteriormente, para este desarrollo se hace uso de 8 bits, lo que permite tener el número 255 en binario, y por lo tanto se determina que la resolución del convertidor está dada por:

$$\text{Resolución} = (\text{Voltaje de referencia}/255)$$

Así entonces, la resolución para este caso es de $5V/255$ que da un valor de $19.608mV$ cuando la señal análoga es igual a cero voltios. De esta manera entonces se conoce el número digital correspondiente a cada valor de voltaje en el sensor. Por ejemplo, para 2.5 Voltios el resultado a ilustrar es $2.5V/0.019608V = 127,5$.

Todo esto se logra mediante la configuración y programación del microcontrolador y lo hacemos teniendo en cuenta la siguiente instrucción:

```
#define adc=8 //convertor ADC a 8 bits
```

Permite determinar la cantidad de bits a utilizar para conversión de análogo a digital.

```
#BYTE PORTA=5
```

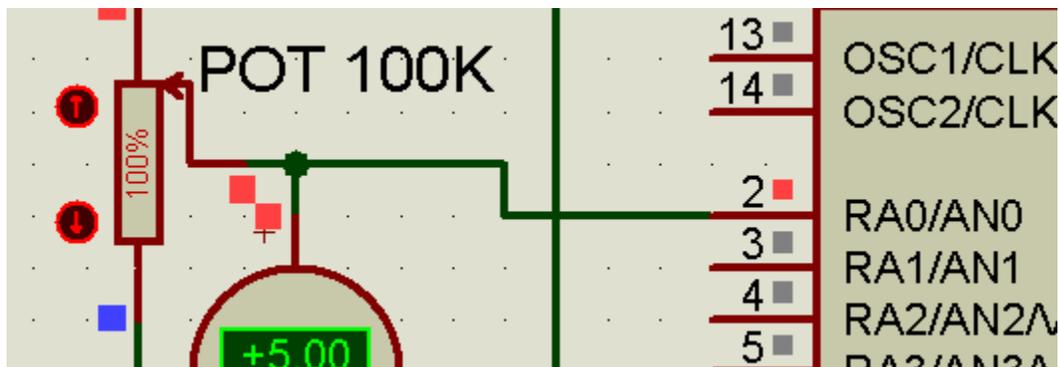
Las líneas de programación anteriormente mostradas son para configurar el puerto A del microcontrolador como entradas análogas sabiendo que de esta manera se consigue la variación de voltaje entre 0 y 5V del sensor recibidos por el PIC en este puerto y así proceder al cálculo para su respectiva conversión así:

```
M=READ_ADC()*5.0/255.0;
```

```
DELAY MS(100);
```

Se garantiza la entrada de voltaje análogo en el puerto A del microcontrolador especificando el PIN RA(0), en el que se conectó el potenciómetro, y se establece de manera previa un retardo de 100 milisegundo que permite al microcontrolador hacer una lectura confiable del dato análogo que se está recibiendo. Este dato es leído mediante la instrucción read_adc(); y luego hace la respectiva conversión.

Figura 32. Dato del potenciómetro en RA0



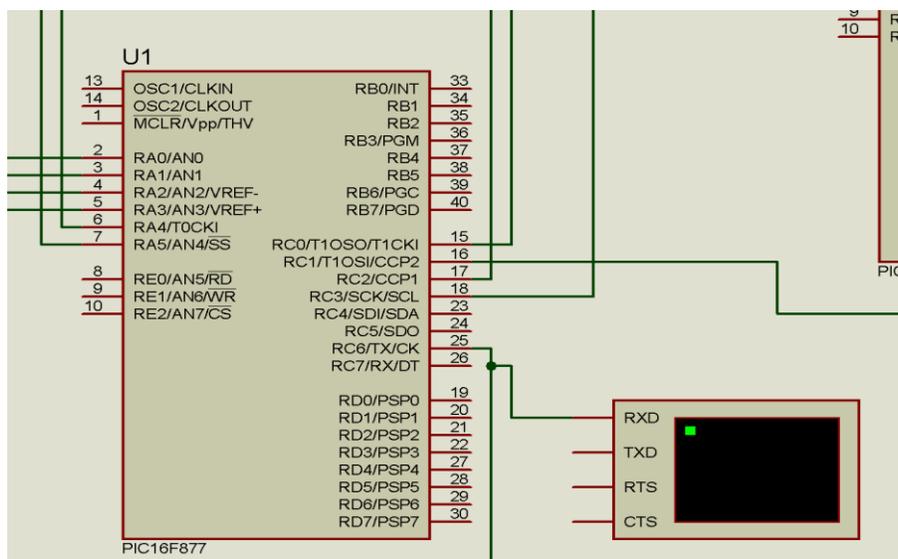
Una vez los datos son obtenidos, tratados y convertidos, se establecen los rangos de voltaje para un determinado dato, así:

```
if(voltaje>=0.00 && voltaje<=0.499)
```

Donde se observa que el rango establecido entre 0-5V corresponde a los niveles de voltajes de entrada entregados por el potenciómetro.

Una vez que se logra encender la salida correspondiente al nivel del río, se procede a establecer la transferencia inalámbrica de los datos de la unidad remota a la local.

Figura 34. Módulo de transmisión



La medida del elemento sensor y los datos transmitidos de la unidad remota a la local, son entonces:

VARIACION	DATO
0 - 0,4999v	1
0,5V - 0,9999V	2
1V - 1,4999V	3
1,5V - 1,9999V	4
2V - 2,4999V	5
2,5V - 2,9999V	6
3V - 3,4999V	7
3,5V - 3,9999V	8
4V - 4,4999V	9
4,5V - 5V	10

En la medición de los datos 6 y 10 se establecen la activación de las alarmas. El dato 6 denota la alerta amarilla (prevención), manifestándole a la gente que hay un incremento en el nivel del río y que ocasionalmente puede conllevar al desbordamiento del mismo. El dato 10, enciende la alerta roja, en este punto donde el río ya se desbordó y causó la inundación de la ciudad, la gente ya pudo haber salvaguardado enceres, animales, cosechas, su propia vida, etc.

Con la siguiente instrucción se verifica constantemente la lectura de los datos entregados por el sensor para determinar la variación del nivel o su estado en un valor constante.

```
while(input(pin_a0))
{
  putc(1);
}
```

En esta fracción del programa se ve como se monitorea el puerto y se determina la salida correspondiente al dato encontrado quedando en un ciclo de no acabar.

Cuando el dato es detectado, automáticamente el sistema inicia la transmisión del dato pues se configura de manera previa la interface serial de transmisión dentro del microcontrolador. El pin de transmisión del microcontrolador es el RC6, patilla 25 del mismo.

```
putc(1);
```

La instrucción que da lugar a la configuración de la interface serial para la transmisión de los datos es:

```
#use rs232(baud=2400,parity=N,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7,bits=8)
```

Donde se determinan los valores importantes para la transmisión, la velocidad de 2400 baudios, los puertos o pines de salida a utilizar con XMIT, que es el comando de transmisión, RCV para recibir y la cantidad de

bits a transmitir, el cual es 8. La transmisión inalámbrica en este caso se da entonces conectando en la patilla 25 del microcontrolador, la patilla DATO correspondiente del transmisor de radiofrecuencia. La transmisión de datos se da a una frecuencia de 315MHz, que es la frecuencia de transmisión del módulo RF KRF315D.

Esta suma de configuraciones e instrucciones nos permiten tener los datos de simulación del sistema, y nos muestran como está respondiendo este ante una determinada subida de nivel del agua del río.

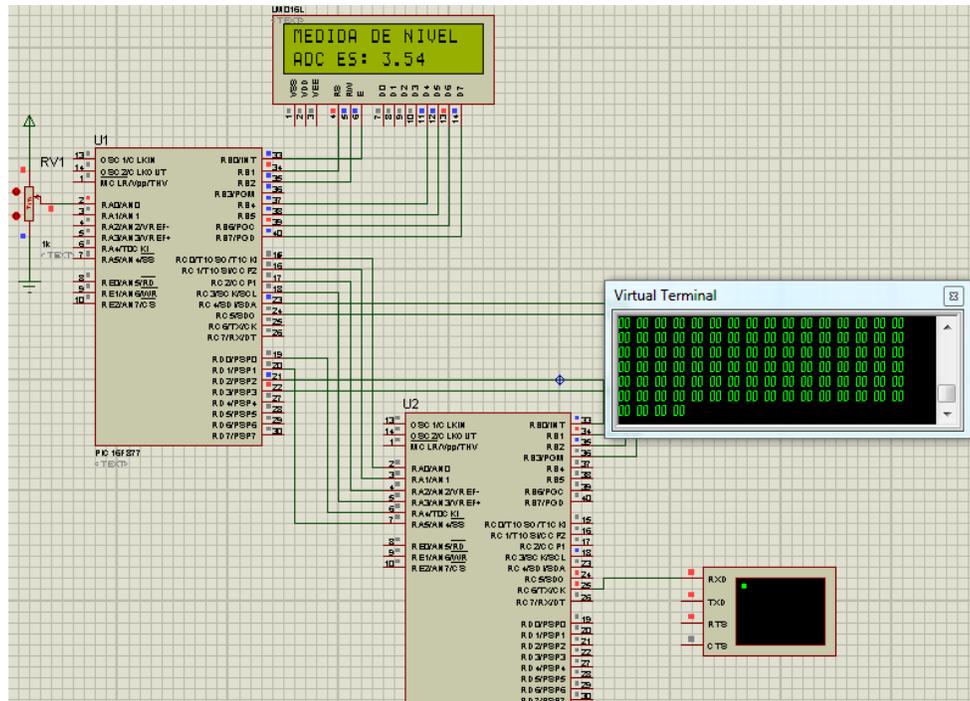
Para garantizar que el dato enviado es el dato correspondiente recibido se hace uso del display de 7 segmentos o LCD, donde se visualiza el valor ADC leído por el sensor y el dato enviado.

```
lcd_gotoxy(1,1);  
printf(lcd_putc,"DATO TX %d ",cris); //muestra el valor en la LCD  
lcd_gotoxy(1,2);  
printf(lcd_putc,"VALOR %f ",voltaje); //muestra el valor en la LCD  
delay_ms(200);
```

De manera fácil y sencilla se puede decir que la instrucción GOTOXY permite dar una ubicación al texto que quiere mostrar en pantalla, seguido de la instrucción PRINTF que es la que garantiza mostrar los datos en la misma.

Esta suma de configuraciones e instrucciones permiten tener los datos de simulación del sistema, y muestran como está respondiendo este ante una determinada subida de nivel del agua del río.

Figura 35. Simulación de los datos transmitidos.



4.3 DESCRIPCIÓN DE RECEPCIÓN DE DATOS, ACTIVACIÓN DE ALARMAS Y ENVIO DE DATOS AL PC MEDIANTE LA INTERFAZ RS-232.

Una vez los datos son recibidos mediante el receptor del módulo RF KRF315D y a la frecuencia mencionada anteriormente, procedemos en el programa del microcontrolador receptor al almacenamiento de esta información para su respectivo análisis y poder determinar el nivel en que se encuentra el agua del río. Esta adquisición de datos la logramos con lo siguiente:

```
while (!kbhit())
abuelo=getc();
```

Donde la instrucción WHILE en el programa denota la espera de datos de entrada, que provienen de la estación remota, enviados por el sistema de

transmisión. Una vez es detectada la presencia de datos de información, entra en operación la función GETCH la cual toma el dato recibido y lo almacena automáticamente en la variable “abuelo”, de esta forma el programa sale de este ciclo y continúa con su operación.

Teniendo en cuenta que existe un valor de dato en la variable “abuelo” antes mencionada, se procede a realizar la comparación del valor de dicha variable y poder determinar mediante software en qué nivel se encuentra el agua del río, así:

```
while(abuelo==1)
```

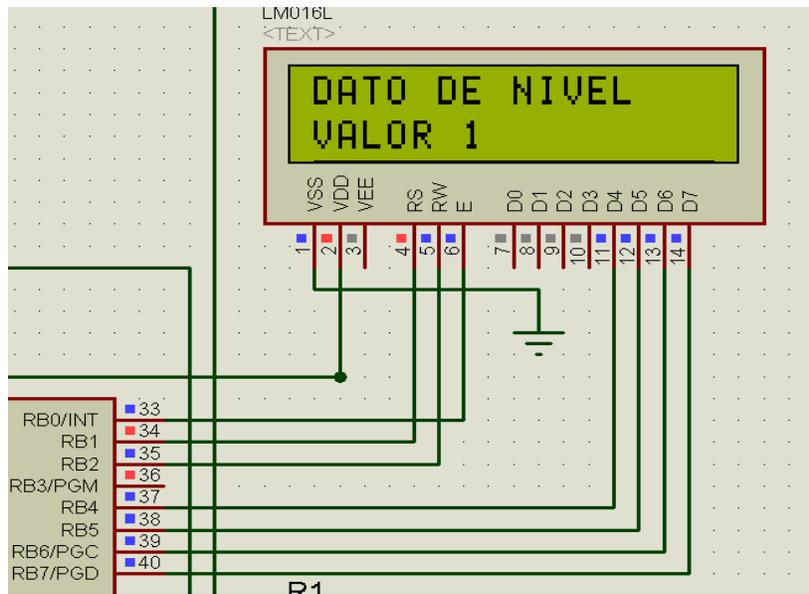
Con esta instrucción se compara el dato de entrada con una escala de nivel ya predeterminada, y una vez se haya definido el nivel en que se encuentra esa entrada, se procede a enviar de manera serial al PC dicha información donde se opera el monitoreo de nivel del río y se muestra por pantalla.

```
puts("NIVEL1");
```

Esta instrucción envía a través del microcontrolador el dato, que para este caso sería “NIVEL1”. Ya enviado el dato se procede a cargar la variable con un valor numérico para presentarlos en el display LCD que para efectos de pruebas es la simulación del sistema final de información para el usuario.

```
abuelo=1;  
lcd_gotoxy(1,2);  
printf(lcd_putc,"VALOR %d ",abuelo); //muestra el valor en la LCD  
delay_ms(200);
```

Figura 36. Valor recibido y dato del nivel del río



Así mismo el sistema permite simular la creciente del río y posteriormente la activación de las alarmas correspondientes a la creciente y al desbordamiento del río. Esto lo logramos con las siguientes líneas de comando:

```
puts("NIVEL6");
abuelo=6;
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"VALOR %d ",abuelo); //muestra el valor en la LCD
delay_ms(200);
output_high(pin_c0);
delay_ms(100);
output_low(pin_c0);
```

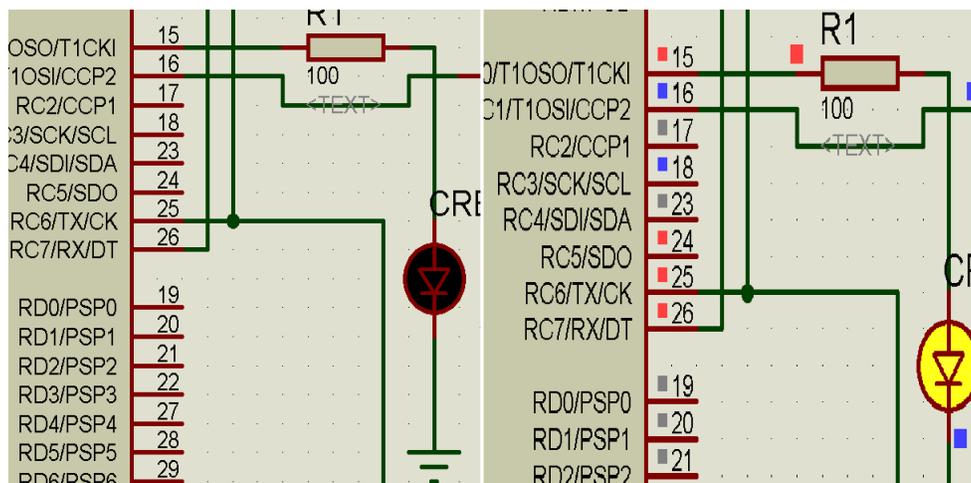
Cuando el voltaje a la entrada del microcontrolador de monitoreo es igual o mayor de 2.5 voltios, permite determinar que el nivel del río está aumentando o está por encima de su caudal habitual, lo que lleva a la activación de la primera alarma de alerta confirmando que se presenta una “creciente”. Para el caso sería la primera señal preventiva del sistema

mostrando una señal lumínica en la interfaz gráfica del PC y accionando de manera simultánea la sirena.

```
output_high(pin_c0);
delay_ms(100);
output_low(pin_c0);
```

Para efectos prácticos de simulación se enciende un led de manera intermitente y durante un periodo de tiempo.

Figura 37. Simulación de encendido de la primera alarma

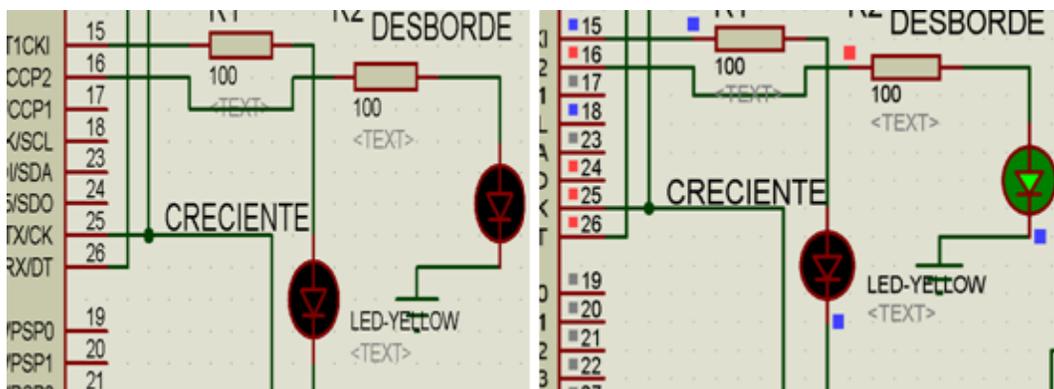


De igual modo se realizó la simulación del sistema de alarma para cuando el río se desborde y se activa un led que indica que el nivel del río esta en lo más alto, pero se tiene en cuenta que mucho antes de que esto ocurra ya se ha activado la alarma de prevención.

```
puts("NIVEL10");
abuelo=10;
lcd_gotoxy(1,2);
printf(lcd_putc,"VALOR %d ",abuelo); //muestra el valor en la LCD
delay_ms(200);
output_high(pin_c1);
delay_ms(100);
```

Se puede observar que las líneas de comando anteriormente mostradas son básicamente iguales, con la diferencia que la señal de activación del sistema de alarma es continua y no intermitente como en el primer caso, lo que es vital para diferenciar entre una alarma de crecimiento del nivel del río y la otra de desbordamiento del mismo.

Figura 38. Simulación del encendido de la alarma de desbordamiento del río.

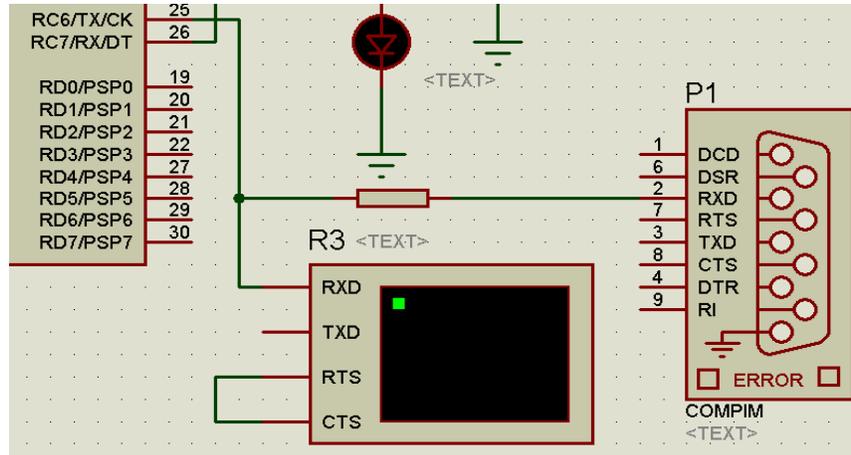


Continuando con el desarrollo de esta investigación se permite mencionar la comunicación entre el microcontrolador PIC y el PC, lo cual en principio estaba siendo simulado con un display LCD y los datos en pantalla son mostrados por la unidad virtual o virtual terminal del PROTEUS.

La comunicación serial transmite los datos bit a bit utilizando solo tres líneas para hacerlo RX, TX, GND. Como es de saberse la comunicación asíncrona no necesita pulsos de reloj para la transferencia de datos y se utilizan 2400 baudios como velocidad de transmisión.

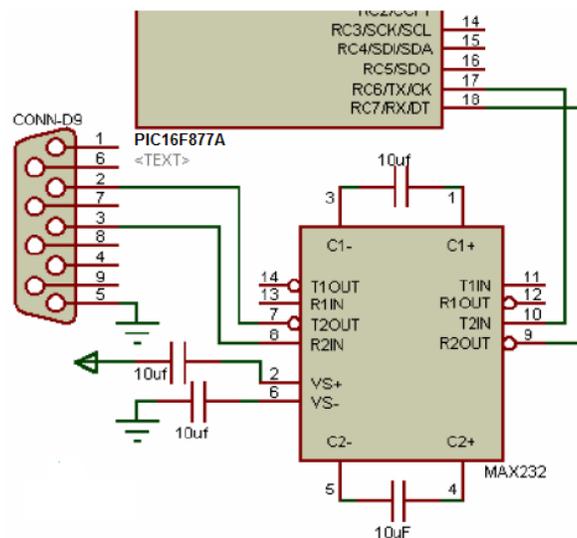
Ahora, mirando un poco más de cerca la comunicación, la instrucción PUTS envía un conjunto de caracteres haciendo avance de línea lo que asegura el envío de los datos de manera completa. Teniendo esto presente se simuló la unidad virtual correspondiente al PC mediante el siguiente sistema.

Figura 39. Los datos son enviados al puerto serial mediante la interface RS-232.



Con la conexión del virtual terminal se visualizan en tiempo real los datos que se están transmitiendo desde el microcontrolador al puerto DB9 en la simulación. Esto corresponde a la adquisición debida de los datos, a la respectiva comunicación de ellos y la presentación en pantalla.

Figura 40. Conexión del MAX 232 para comunicar el PIC y el DB9



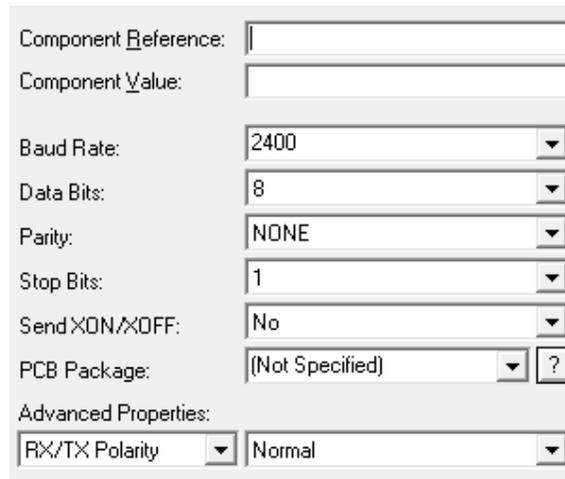
Para lograr todos estos procesos se parte de la configuración de transmisión del microcontrolador por medio de la siguiente instrucción

```
#use rs232(baud=2400,parity=N,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7,bits=8)
```

Donde se determina la velocidad, los puertos de transmisión y recepción y la cantidad de bits que se van a transmitir.

Para visualizar los datos transmitidos y correspondientemente recibidos se utiliza para efectos de simulación del PC el virtual terminal que se convierte en la mejor herramienta para poder configurar el puerto de recepción de los datos.

Figura 41. Configuración del virtual terminal



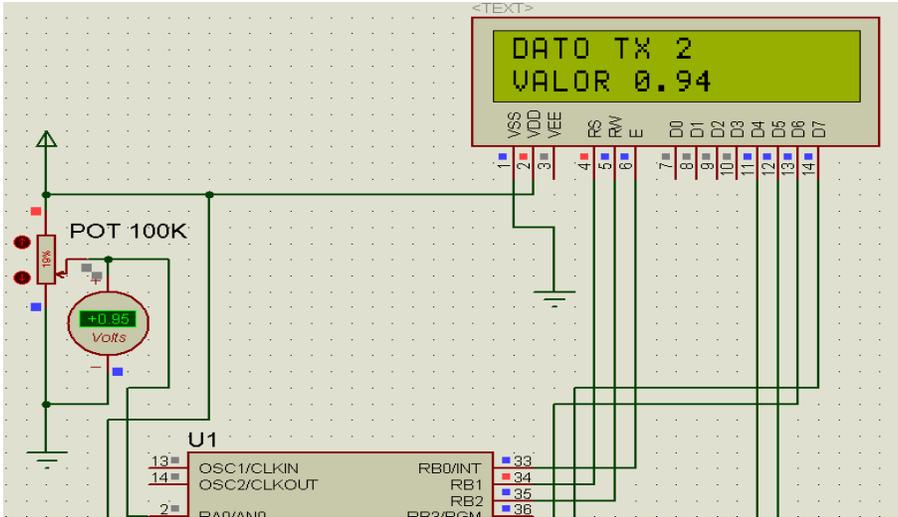
Component Reference:	<input type="text"/>
Component Value:	<input type="text"/>
Baud Rate:	2400
Data Bits:	8
Parity:	NONE
Stop Bits:	1
Send XON/XOFF:	No
PCB Package:	(Not Specified) ?
Advanced Properties:	
RX/TX Polarity	Normal

Este cuadro de dialogo permite configurar los datos básicos del puerto como son la velocidad, los bits de transmisión, la paridad y el bit de parada igual como se haría al recepcionar datos seriales en un PC utilizando el hyper terminal.

Una vez terminada la configuración de la unidad virtual se procede a la simulación del envío y posterior recepción de los datos y la muestra en pantalla. Para ello se hace un recorrido del sistema de simulación del prototipo partiendo de la señal de entrada en la unidad remota; o sea, la señal de voltaje entregada por el sensor ultrasónico dependiendo del nivel del río. Por ejemplo:

Para una entrada del sensor con el potenciómetro a un 19% de su valor máximo y la entrada correspondiente de voltaje de 0.95V, tenemos:

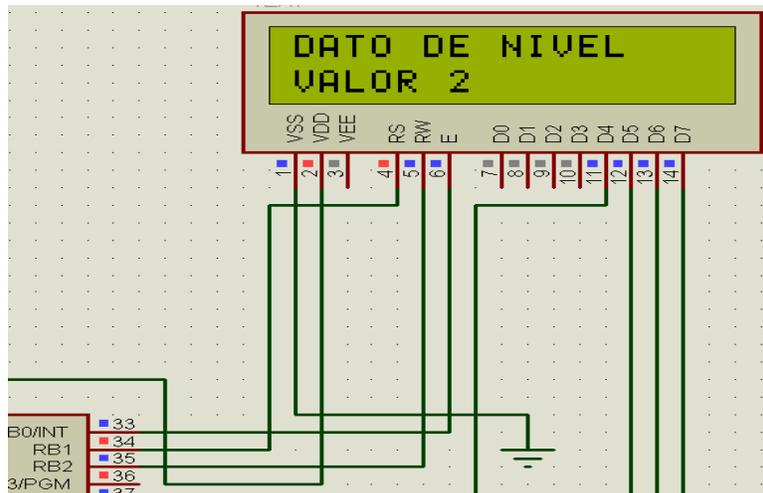
Figura 42. Señal sensada, acondicionada y transmitida por la unidad remota



-Que el sistema responde a una lectura de datos, transmitiendo el valor considerado en la escala como un valor de “NIVEL MINIMO BAJO” del río y que no representa peligro alguno. *Figura 43.*

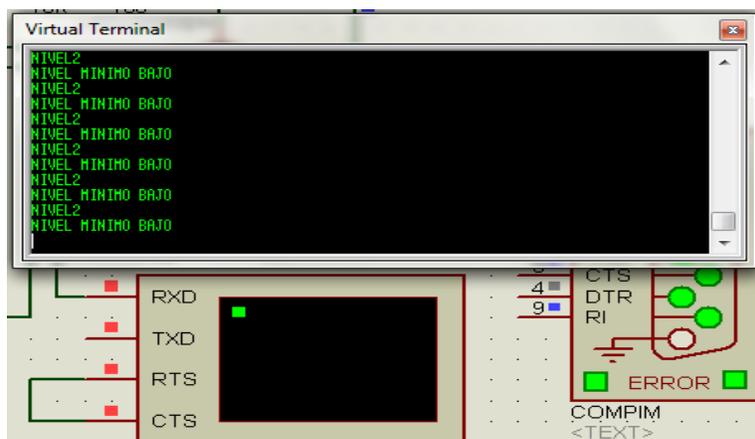
-Una vez que los datos son enviados por la unidad remota, y recibidos por la unidad local de control, se determina el nivel del río correspondiente a esa medición tomada por el sensor.

Figurra 43. Dato recibido en la unidad local



-Después de determinado el nivel del río en el sistema local de control se procede a enviar esta información al PC de manera serial donde se presenta en pantalla el nivel del río y el riesgo que este puede representar para la población.

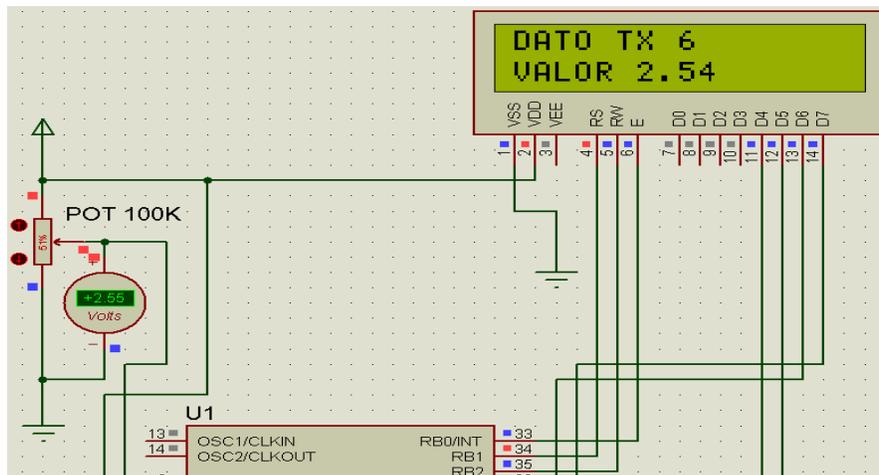
Figura 44. Dato recibido y mostrado en el virtual terminal



Al repetir el proceso de simulación con un poco más de la mitad del valor del sensor simulado, colocando el potenciómetro en un 51% de su valor máximo, lo que corresponde a una entrada de voltaje de 2.55V y denotado como valor medio de medición del nivel del río, se observa:

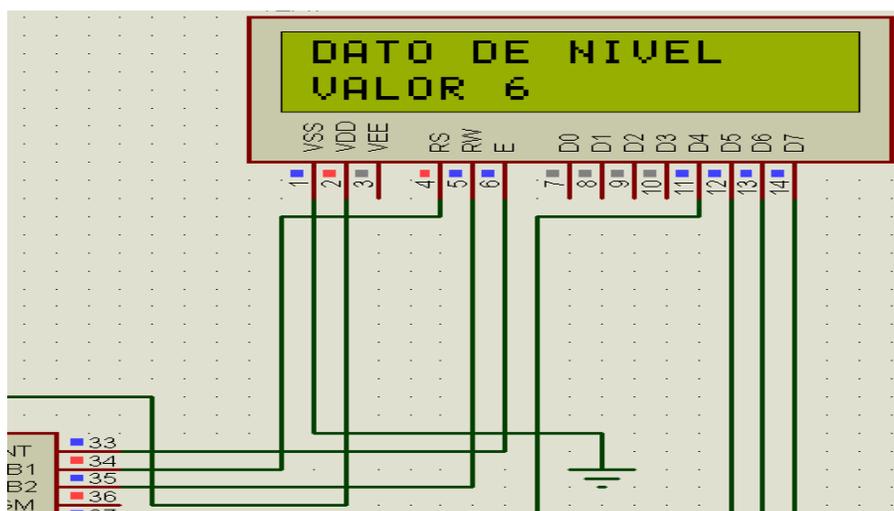
-Que el sistema tiene buena respuesta ante el cambio de valores de referencia, determinando y enviando los datos leídos correspondientes a los niveles del río

Figura 45. Dato leído, acondicionado y transmitido



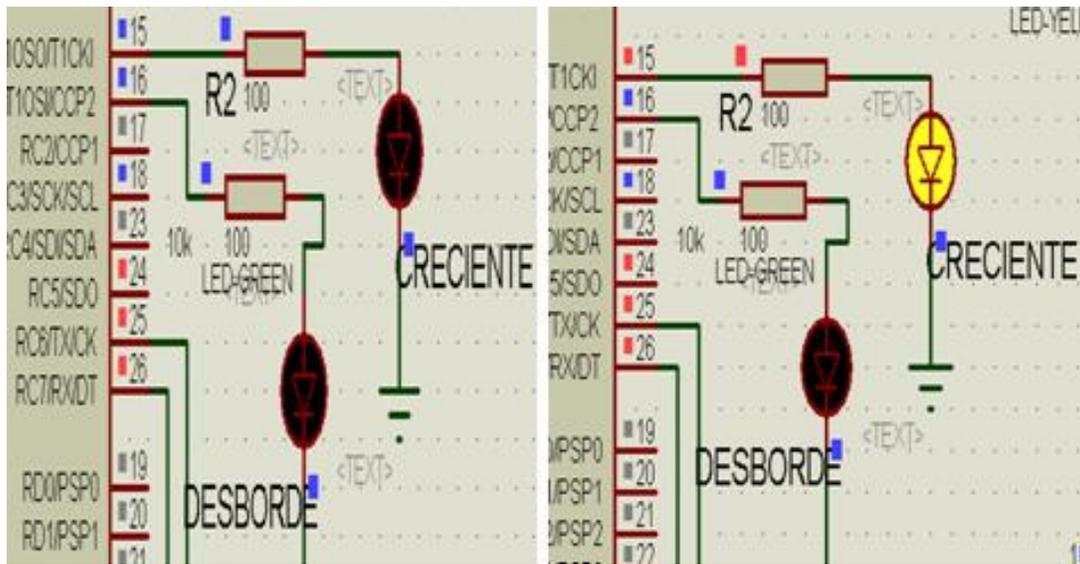
-Como se observa en el ejemplo de simulación anteriormente mostrado, el sistema local de control determina el nivel del río correspondiente a la medición leída y respectivamente recibida.

Figura 46. Dato recibido en la unidad local



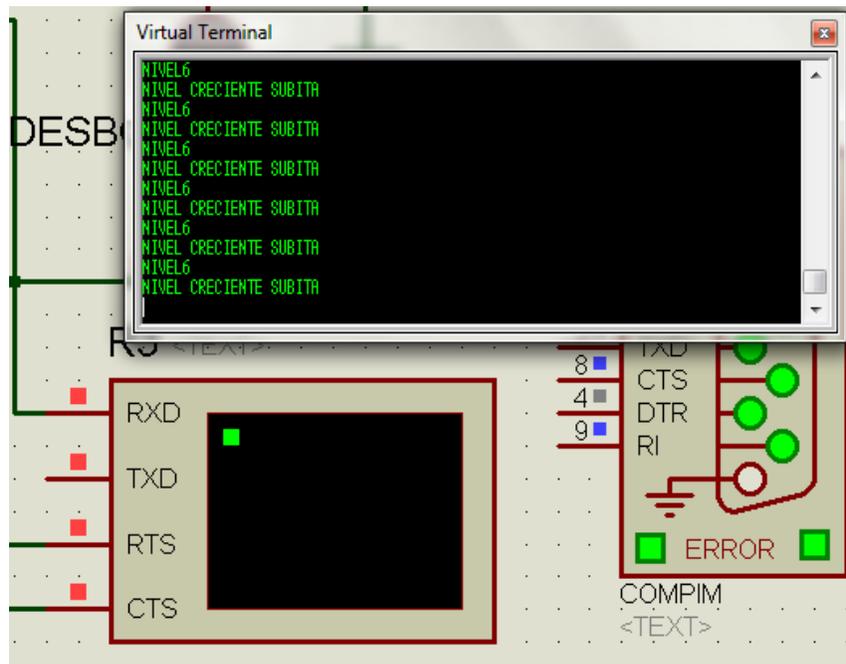
-Ahora, adicional a lo anteriormente dicho, se percibe que el sistema automáticamente activa la primera alarma mostrando al usuario que hay presencia de una “CRECIENTE” en el río y que así no represente peligro para la comunidad. No se descarta la posibilidad de que pueda llegar a serlo.

Figura 47. Activación de la alarma por presencia de crecienta del río



-Además de activar la alarma también se percibe que el dato enviado al PC es algo más llamativo en cuanto a la información presentada, debido a que se está mostrando que el nivel del río está en aumento.

Figura 48. Dato mostrado en el virtual terminal



Al mostrar los datos de la simulación de la respuesta del prototipo colocando toda la lectura del sensor en su máximo punto; es decir, el valor del sensor simulado por el potenciómetro se pone al 100% lo que corresponde a una entrada de voltaje de 5.0V. Se observa:

-Que al igual que en los casos anteriores el prototipo determina el valor del nivel del río mediante el dato transmitido y recibido respectivamente. *Figura 49*

-Que los datos se reciben de manera igual determinando el nivel en que se encuentra el río, pero como se está simulando el nivel máximo, o sea, que hay inundación o desbordamiento del río, el prototipo presenta el dato máximo de nivel recibido y activa la alarma de “DESBORDAMIENTO”, esta se acciona de manera continua, no como la de CRECIENTE que es intermitente.

Figura 49. Lectura del sensor en nivel de desbordamiento del río.

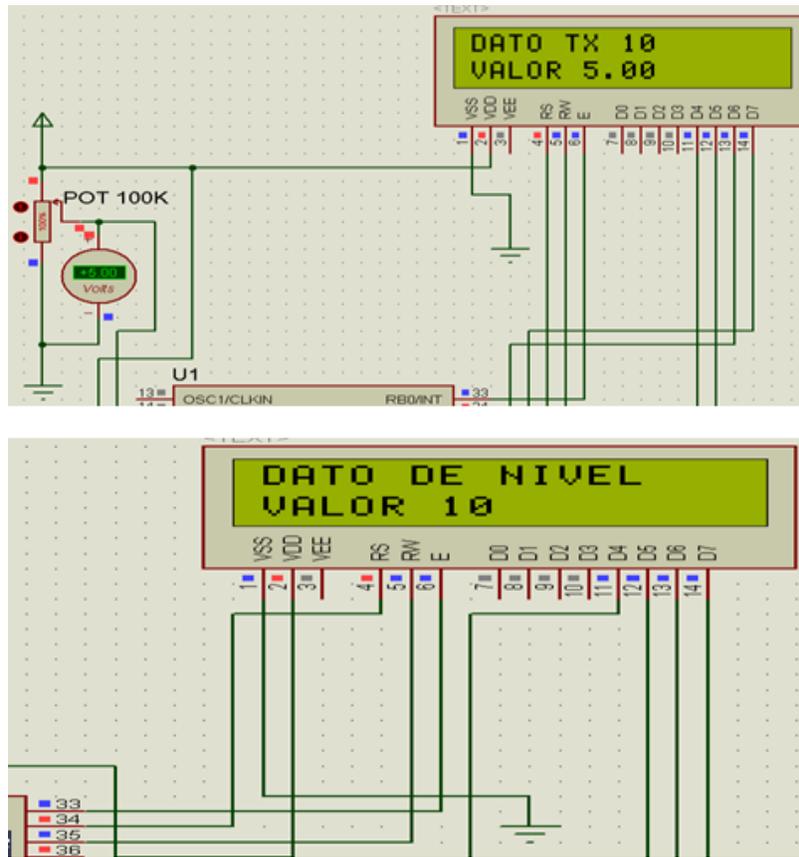
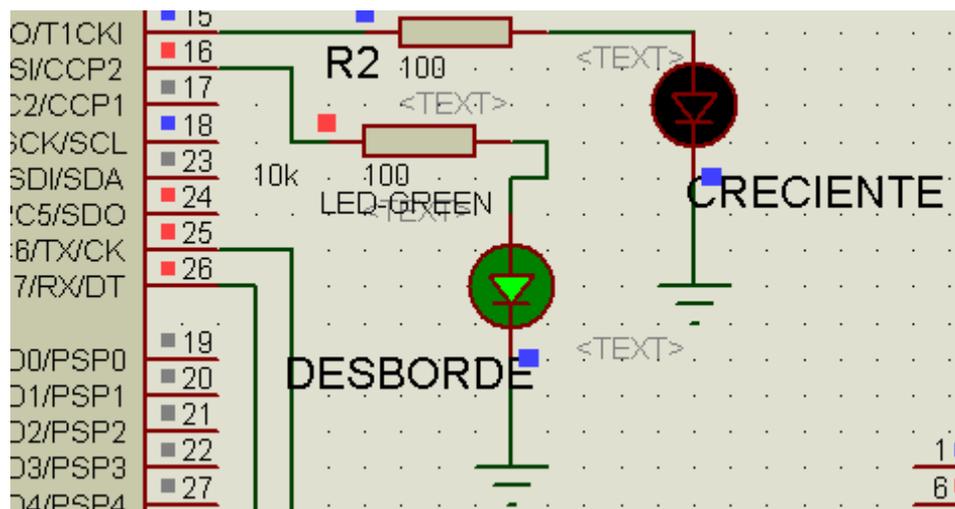
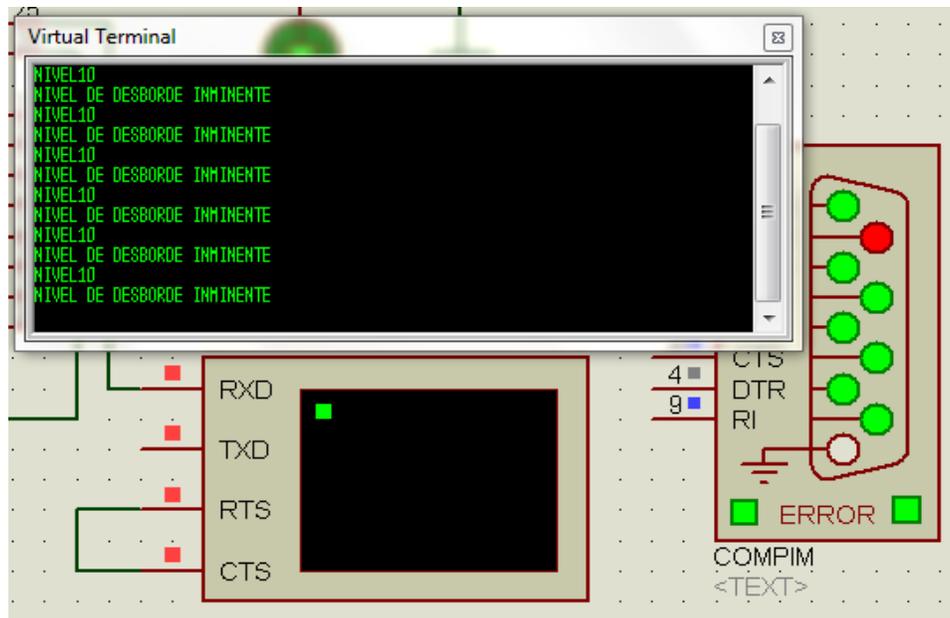


Figura 50. Muestra de activación de alarma de desbordamiento del río



-La transmisión de datos a la unidad de monitoreo se realiza igual a los procesos anteriores y para este caso se obtiene la siguiente información de datos.

Figura 51. Presentación en pantalla del estado del río



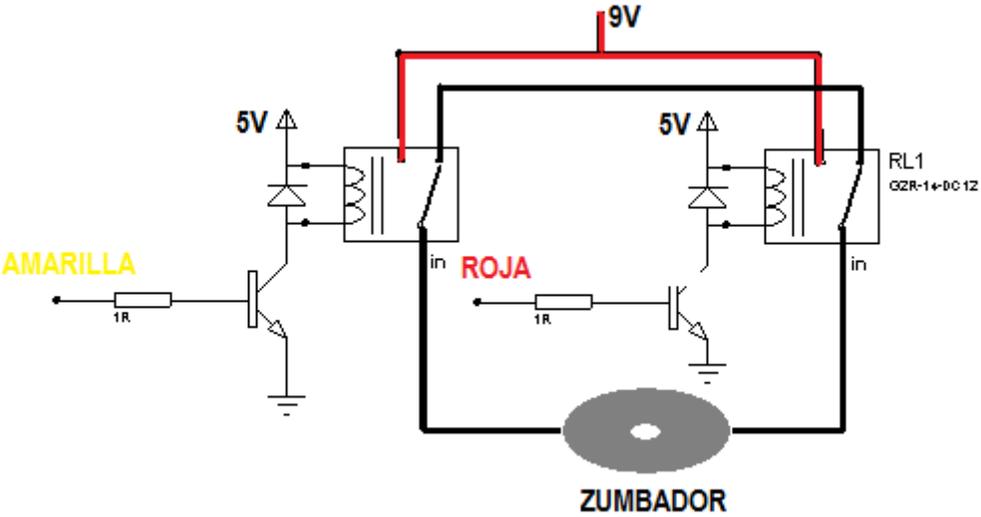
Después de realizar la simulación del sistema de medición del nivel del río San Juan y accionamiento de alarmas respecto al riesgo que éste presente, solo resta proceder a la prueba y montaje físico del prototipo a pequeña escala para analizar y determinar qué tan confiable puede resultar este sistema en el medio real y práctico.

4.3.1 Activación de las alarmas. Esta etapa se lleva a cabo, diseñando una etapa de potencia para aislar el circuito de control, que básicamente es todo lo que comprende a la estación local, y el circuito que alimenta la sirena, con 2 relés conectados que soportan una tensión de hasta 250VAC y 30VDC.

Las salidas del PIC dispuestas para la activación de las alarmas me swichean los transistores que están configurados en modo conmutación on-off, y estos a su vez, accionan los relés.

Para efectos de la aplicación el zumbador utilizado está conectado a una batería de 9VDC.

Figura 52. Etapa de potencia para accionar las alarmas



5. VALIDACION Y MONTAJE PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO.

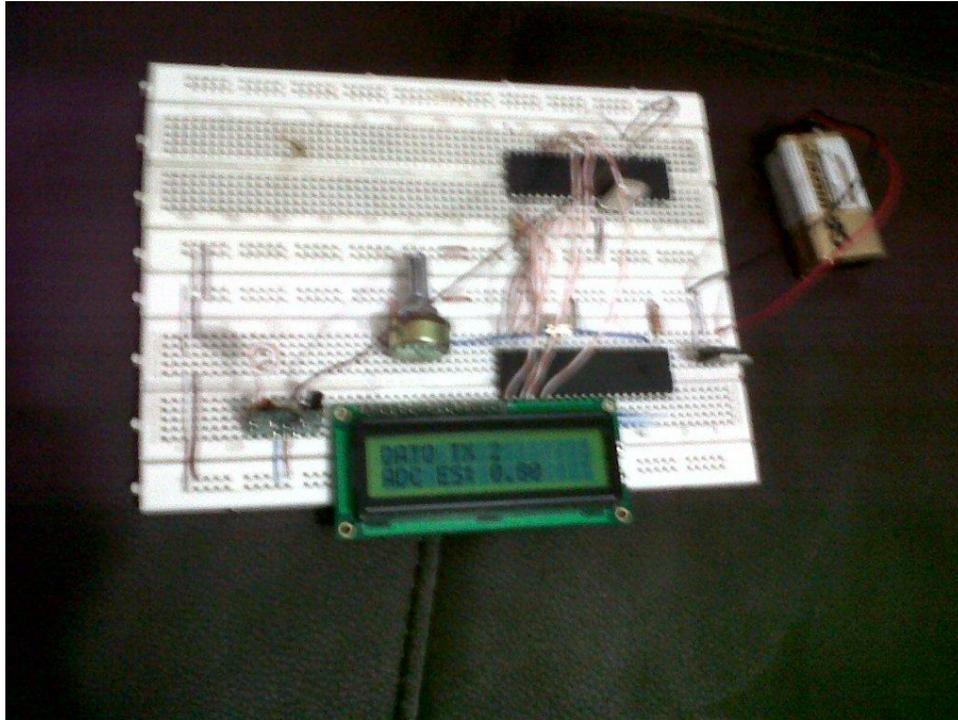
Después de haber simulado el prototipo en PROTEUS de una manera alámbrica y con el diseño de los programas cumplido con los requerimientos planteados, se procede al montaje en board de este prototipo para probar la transferencia de datos de forma inalámbrica y el desempeño del mismo con la interfaz gráfica desarrolla en labview.

El prototipo medidor de creciente esta comprendido, como se ha hablado a lo largo de este proyecto, por dos estaciones; la remota y la local. La etapa de potencia la establece el accionamiento de 2 relés desde la estación local, donde también se hace el monitoreo en tiempo real de la variable nivel en el río San Juan.

5.1 ESTACIÓN REMOTA.

Comprendida por el instrumento de medida (potenciometro como validación de la señal entregada por un sensor), 2 microcontroladores, el primero donde se hace el acondicionamiento de la señal entregada por el sensor y el segundo para establecer la transmisión de los datos por medio del aparato transmisor del módulo de radiofrecuencia. La estación esta alimentada con una batería de 9VDC y se hace la respectiva regulación con el integrado LM7805, el cual nos proporciona el voltaje exacto para que los componentes electrónicos funcionen de manera óptima.

Figura 53. Modelado de la estación remota del prototipo



El programa de los PIC's fue realizado en el lenguaje de programación PIC C, este no permite ejecutarse de manera correcta si no tiene el LCD conectado correspondientemente. En el momento entonces del montaje se prevee que todos los dispositivos electrónicos estén adecuadamente conectados.

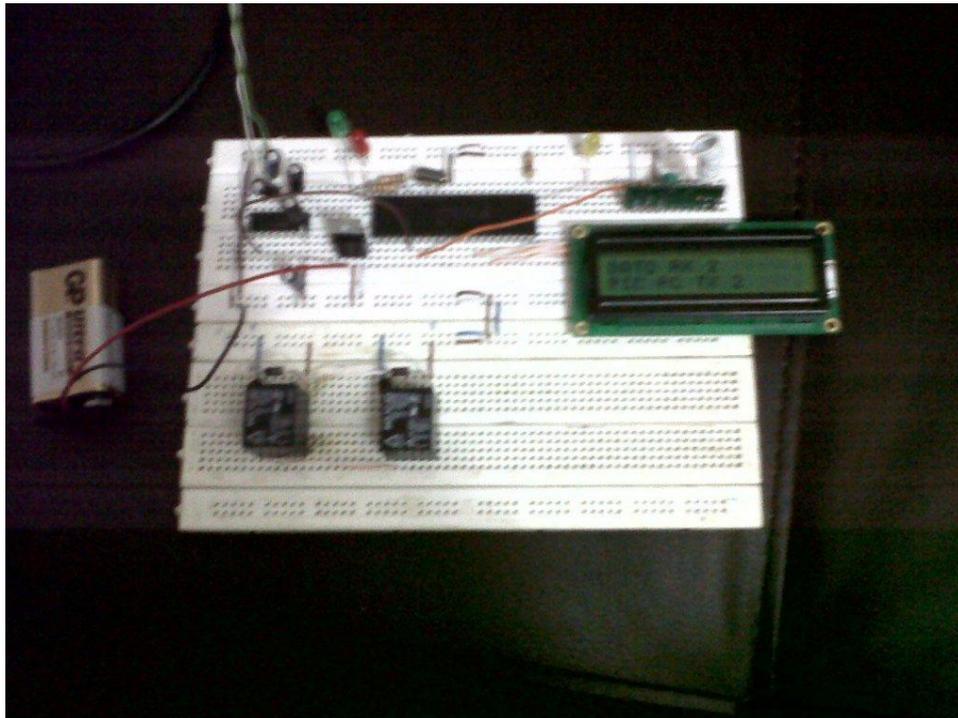
Lo primero que se realizó fue montar y alambrear con sus cables de alimentación el microcontrolador, luego se le instala el dispositivo LCD en el puerto que se ha configurado para éste dentro del programa, se conecta también el potenciómetro que ayuda a simular de manera práctica la señal entregada por el sensor y por último se conecta el segundo microcontrolador con el respectivo dispositivo de transmisión.

Al encender el dispositivo se prueba con ayuda del multímetro que el voltaje entregado por el potenciómetro sea igual al mostrado en el LCD, así hasta llegar a los 5V y que correspondan esos datos, con el dato enviado.

5.2 ESTACIÓN LOCAL

En esta estación se encuentra un dispositivo microcontrolador, conectado adecuadamente al receptor de radiofrecuencia y al display de 7 segmentos o LCD, en el que se tratan los datos recibidos, se activan las alarmas y se monitorea en tiempo real la variable nivel por medio de la interfaz gráfica diseñada en labview. El programa del PIC fue realizado también en el lenguaje de programación PIC C y toda la estación está alimentada con una batería de 9VDC y la etapa de regulación respectiva para su óptimo funcionamiento.

Figura 54. Modelado de la estación local del prototipo.



Para establecer la conexión del dispositivo controlador con el PC, se hace uso del integrado MAX232 correctamente conectado, el cual proporciona los voltajes adecuados para esta tarea. De allí sale la conexión al DB9 que posteriormente esta conectado a un cable convertidor de serial a USB.

El puerto de conexión que toma esta aplicación es el COM3 el cual se debe elegir en el programa ejecutable del labview para su respectiva lectura. En labview tambien se debe configurar la velocidad a la cual se están transmitiendo los datos que es 2400 baudios, si no se prevee esto, la lectura es erronea.

Se verifica entonces en el momento de encender el dispositivo que los datos transmitidos en la estación remota, sean iguales a los que se visualizan en la estación local tanto en el LCD como en la interfaz gráfica en el PC.

Figura 55. Funcionamiento de la interface gráfica

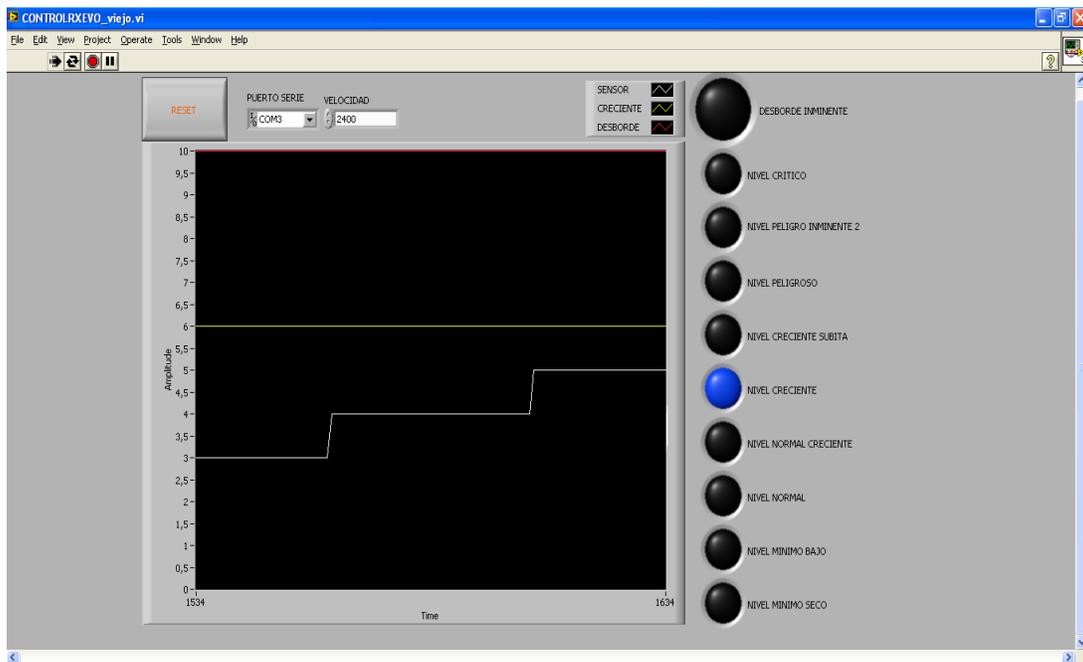


Figura 56. Articulación de las estaciones del prototipo



El accionamiento de las alarmas se hace como se mencionó anteriormente, con la conexión de 2 relés, uno para accionar la alerta amarilla que se da cuando se transmite el dato 6; o sea, que la lectura del sensor es de 2.5 V y el otro que se acciona cuando el dato 10 es transmitido y la lectura del sensor es de 4.5V.

Figura 57. Etapa de potencia para accionamiento del zumbador

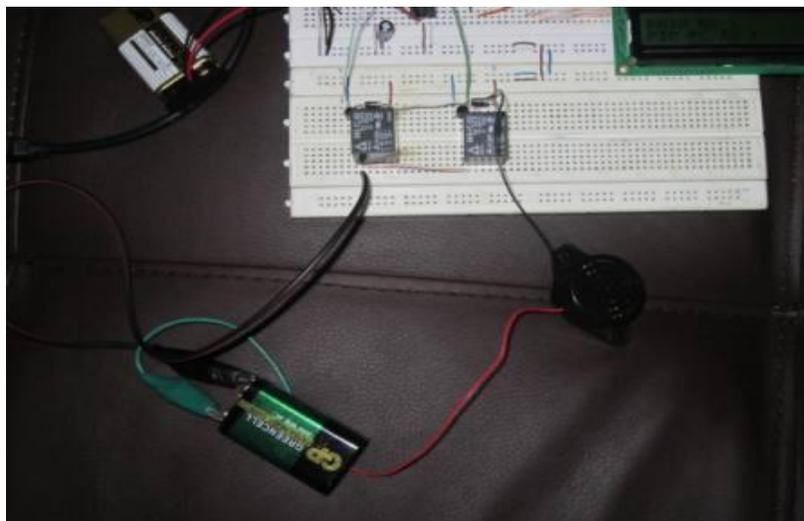
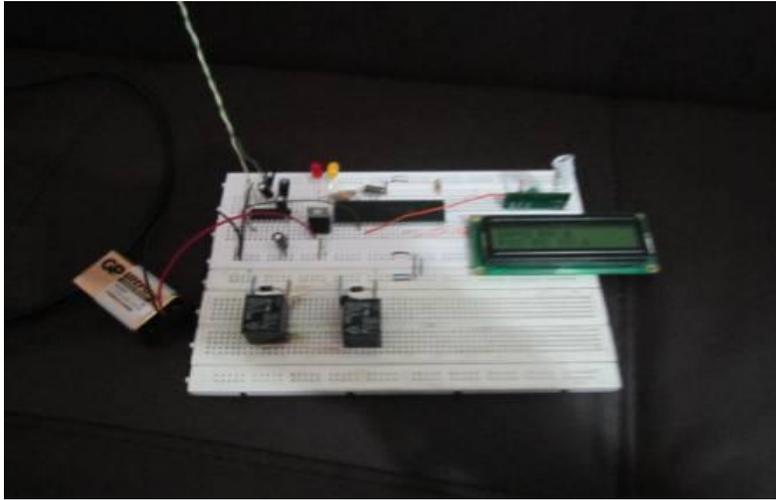


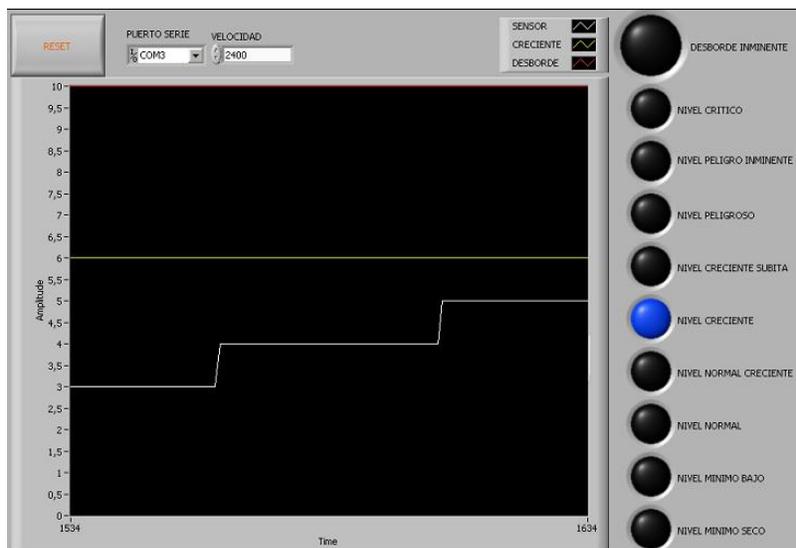
Figura 58. Encendido de led amarillo, alarma preventiva.



5.3 LA INTERFACE GRÁFICA EN EL PC.

La interface desarrollada en labview está determinada por una pantalla que muestra de manera gráfica los diferentes niveles del río mientras se grafica en tiempo real los datos que son enviados y recibidos por el sistema de comunicación y control.

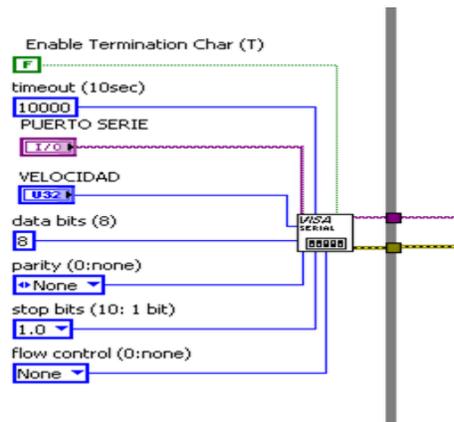
Figura 59. Visualización de la lectura del sensor



Este sistema de visualización consta de tres partes principales que son:

Sistema de comunicación: Este sistema se encarga de leer los datos que son transmitidos desde el microcontrolador al PC mediante la utilización del MAX232 que se encarga de poner los datos en el puerto de comunicación serial del PC.

Figura 60. Lecura del puerto de comunicación



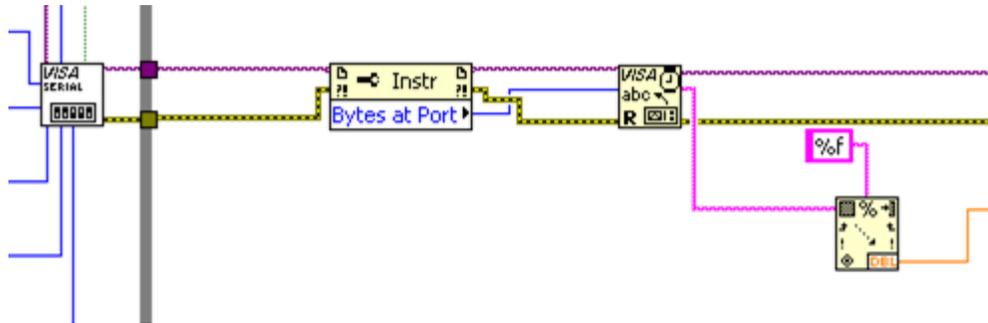
Esta parte del desarrollo es la encargada de leer los datos puestos en el puerto de comunicación el cual es parametrizable de acuerdo a las necesidades del sistema que para este caso el puerto de comunicación 3 se establece a una velocidad de 2400 bps

Figura 61. Puerto de comunicación y velocidad de transmisión



Una vez se establece el puerto y la velocidad de la transmisión, el sistema toma los datos leídos pasándolos por unos filtros que permite extraer la información enviada desde el transmisor, esta información es la que nos permite saber cómo se está comportando en nivel del río en todo momento.

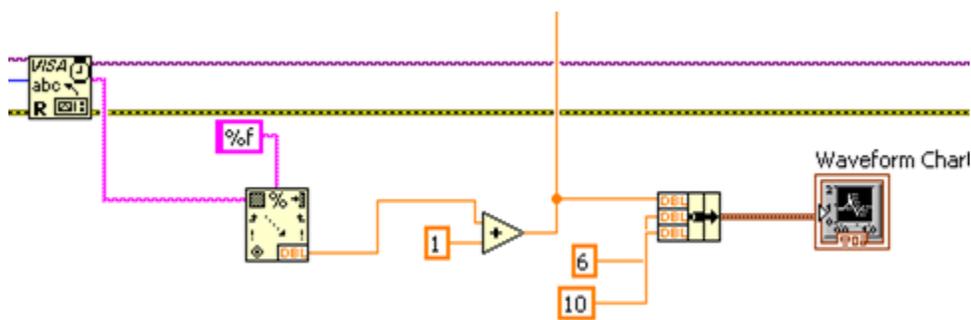
Figura 62. Tratamiento de la señal leída en el puerto



Cuando ya se han leído los datos del puerto y se tiene la información necesaria para trabajar se procede inmediatamente a graficar.

Visualización gráfica: Como su nombre lo indica se encarga de mostrar de manera gráfica y en tiempo real los datos obtenidos de la lectura del nivel del río donde las variaciones son representadas con una línea de desplazamiento blanca y los puntos críticos están representados por una línea constante de color amarillo para representar la creciente súbita del nivel del río y del mismo modo una línea roja para representar el desborde inminente.

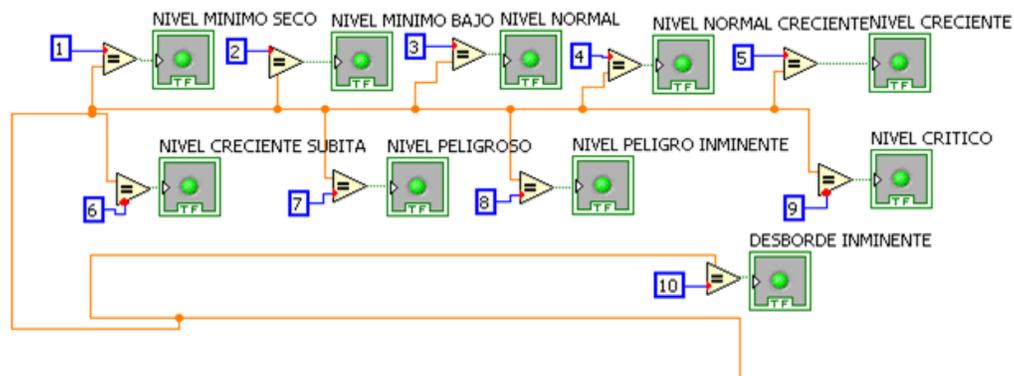
Figura 63. Tratamiento de la señal leída en el puerto



Para obtener estas gráficas es necesario realizar un almacenamiento, registro y salida de los datos leídos por el puerto, graficando únicamente el dato enviado para proceder a mostrar visualmente en qué nivel se encuentra el río.

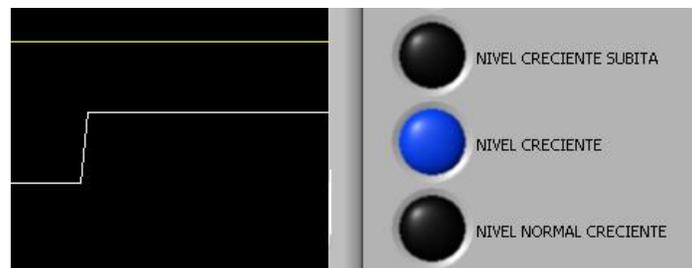
Visualización de estado de nivel: Una vez que el dato se obtiene, mediante comparaciones se determina cual es el nivel del río correspondiente al momento de la lectura realizada. De manera que cuando se está en un nivel determinado se enciende un piloto gráfico que indica al personal de operación en qué nivel está la creciente.

Figura 64. Visualización de los datos



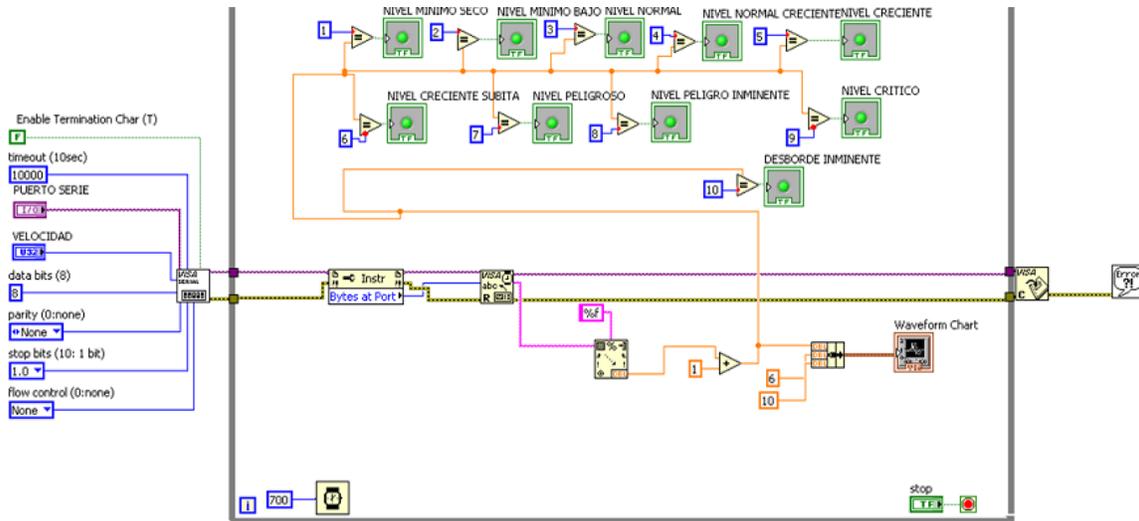
El sistema pasa por cada uno de los estados posibles verificando su correspondiente al dato de entrada para saber que piloto virtual se activa dependiendo de la entrada enviada como se ilustra en la siguiente gráfica.

Figura 65. Visualización del estado de la variable



Se activa de manera llamativa piloto correspondiente a la entrada leída en el puerto ilustrando gráficamente el nivel de cambio realizado.

Figura 66. Diagrama esquemático de la interface gráfica



Realizando una vista total del sistema y haciendo un repaso rápido de lo antes mencionado se tiene una primera fase de lectura del puerto para luego filtrar los datos leídos, graficarlos y a su vez determinar cuál es el nivel del río en ese momento. De igual manera la presentación de error si se presentan problemas de lectura en los datos del puerto y/o la información entregada por el microcontrolador de comunicación.

CONCLUSIONES

- Con este proyecto se da una alternativa eficaz para el monitoreo permanente y en tiempo real de los niveles del río San Juan en la localidad de Istmina en el departamento del Chocó, mitigando la pérdida de vidas humanas y animales en el momento en que esté próxima una creciente.

Este sistema de alerta temprana puede generar un impacto significativo en la región, pues al igual que el municipio de Istmina, otros se han visto afectados por las grandes crecientes que produce el río San Juan. El diseño de un plan de prevención y evacuación toma vida ante estas eventualidades pues a través de la historia las afectaciones son mayores.

- Los operarios de este sistema, no tienen que estar preocupados por el desplazamiento al sitio donde están ubicadas las escalas hidrométricas, situación que en algún momento producía algo de miedo por lo peligroso que se tornaba la tarea. Los operarios solo deben estar pendientes de la pantalla del computador para en caso de que se accione la alarma ellos estar dispuestos también a colaborar con los procesos de evacuación.
- El poder establecer los paneles solares como generación de voltaje para la alimentación de los circuitos electrónicos del prototipo genera seguridad en el funcionamiento del sistema pues en la región la energía eléctrica es deficiente y se prevé que las estaciones estén en operación las 24 horas del día para que el monitoreo del nivel del río sea constante.
- La comunicación inalámbrica de los datos toma importancia en el proyecto para garantizar el cumplimiento del objetivo propuesto. La utilización de un módulo de radiofrecuencia de corto alcance y de “mala calidad” solo con fines de aplicación pues en el momento de

posicionar a gran escala el prototipo, es relevante buscar y ahondar en un sistema robusto para este tipo y medio de transmisión.

- El sistema cumple con los requerimientos propuestos de lectura, adquisición, transrecepción y monitoreo de datos de información, los cuales, son la esencia para establecer una acción de prevención y evacuación en la ciudad ante una eventual creciente y posterior inundación.

RECOMENDACIONES

- Un sistema de monitoreo como este, debe garantizar robustez en su funcionamiento, por lo tanto, es importante que todos los componentes electrónicos que lo conforman establezcan dicha robustez.

Cabe aconsejar, investigar sobre otro tipo de transmisión inalámbrica teniendo en cuenta las interfaces de comunicación que poseen estos microcontroladores utilizados, bluetooth, 1 - wire, ethernet son algunas de ellas.

La utilización de la interfaz serial de los microcontroladores para el envío y recepción de los datos no resultó nada complicado pues con ayuda del asesor, compañeros de universidad y algunos manuales encontrados en internet de fácil manejo en cuanto a transrecepción utilizando módulos de radiofrecuencia se llegó al propósito sin ningún inconveniente.

Son muy recomendables los módulos X-bee, a la hora de implementar un prototipo como este, pues estos garantizan distancias de alcance mayores, aproximadamente de 100 mts.

- El aislamiento de la etapa de potencia y la etapa de control toma importancia pues en ocasiones los relés al cambiar de estado generan ruidos que se devuelven al controlador y son perjudiciales para una buena lectura y puesta en marcha del prototipo implementado. Se recomienda entonces la utilización de optoacopladores para mitigar esas corrientes parásitas que puedan ocasionar fallas.

BIBLIOGRAFIA

AVILES ESPINOZA, Josey. Medición de nivel y caudal por ultrasonido. Pag. 3 <http://profesores.elo.utfsm.cl/~jgb/AVILES.pdf>

MANDADO PEREZ, Enrique y MURILLO ROLDAN, Antonio. Sensores de ultrasonidos. Pag. 10-14, 24-27.
<http://www.marcombo.com/Descargas/9788426715753/SENSORES/TEMAS/SA%20TEMA%2010-ULTRASONIDOS.pdf>

MATEOS SUAREZ, Juan Gilberto. Medición de nivel. 1996
<http://proton.ucting.udg.mx/dpto/maestros/mateos/clase/teoria/nivel/ultra.htm>

OYOLA J.S, ARREDONDO C.A, GORDILLO G. Desarrollo de prototipo de sistema de monitores en tiempo real del nivel de agua en ríos usando instrumentación virtual. Revista colombiana de física, vol 40, N 2. 2008. Pag. 1-4.

PELLIZZA Armando Sergio. Transmisión de datos. Departamento apoyatura académica ISES. Bibliotecas virtuales. Pag 8.

PORTA GÁNDARA, M.A y GUTIERREZ J. Medidor ultrasónico de nivel de agua para estanques. 2005. Pag. 1-13.
<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=40470404>

RENTERÍA PALACIOS, Idalia y PALACIOS OREJUELA, Luis Fernando. Plan de gestión integral de residuos sólidos del municipio de Istmina – Chocó. Universidad tecnológica del Chocó. Facultad de ingeniería. Ingeniería ambiental. Quibdó. 2004. Pag. 12, 44

UNIDAD DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE DE LA OEA. Manual para el diseño e implementación de un sistema de alerta temprana de inundaciones en cuencas menores. Washington D.C. 2001
<http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea91s/MANUAL.pdf>

VILLAREAL ROMERO, Manuel de Jesús y ARZOLA MACÍAS, Erick Rogelio. Sistema de telemetría para medición de nivel de ríos en la ciudad de León Guanajuato. México. Pags. 1–12.

ANEXO

SISTEMA DE ALARMAS Y MONITOREO REMOTO DEL RÍO SAN JUAN EN ISTMINA - CHOCÓ

Por: Cristian Londoño Garcés
Facultad de ingeniería de sistemas y electrónica
Institución Universitaria de Envigado
crislonga04@gmail.com

RESUMEN

El sistema propuesto está conformado por dos unidades bien identificadas, la primera es la unidad remota, que se encuentra instalada en el sitio específico para hacer la medición a orillas del río San Juan, la otra es la unidad local ubicada dentro de un sitio cercano o laboratorio de monitoreo. Estas dos unidades son diseñadas con base en un microcontrolador comercial de bajo costo.

La unidad remota estará dispuesta dentro de un módulo para intemperie que consta de un microcontrolador, el sensor por ultrasonido de nivel, un acondicionador de señal y un transreceptor inalámbrico. En esta unidad también encontramos las celdas solares y los bancos de baterías que serán las principales fuentes de alimentación de energía para nuestro módulo.

La unidad local conformada por un microcontrolador, un transreceptor inalámbrico, también consta de una comunicación USB-Serial para la comunicación con una computadora donde se visualizará constantemente el estado del nivel del río mediante una interfaz gráfica para el usuario. Esto permite entonces tomar la mejor decisión para accionar la alarma de acuerdo a el nivel del río que se este presentando en la lectura del sensor.

PALABRAS CLAVES: Sensor, microcontrolador, comunicación inalámbrica, sistema de alerta temprana, control, transmisión, radiofrecuencia

1. Introducción

El agua es un líquido esencial para la existencia de vida humana, animal o vegetal en este mundo y es sabido por todos que ocupa la mayor parte del planeta y se puede encontrar de muchas formas y con muchas denominaciones. Océanos, mares, ríos, quebradas, arroyos, lagos, aguas subterráneas, son algunas.

Los ríos como un excelente recurso natural, son vitales para el desarrollo y crecimiento socioeconómico de las comunidades puesto que es básica la necesidad de estos para proveer alimentos, bebidas, irrigar cultivos, transportarse, entre otras actividades.

El poder establecer control sobre los ríos es verdaderamente difícil, casi imposible, pues los poderes y fuerza de la naturaleza van más allá de los límites del ser

humano. Ahora bien, teniendo en cuenta y principalmente siendo conscientes de la gran desventaja del hombre frente a este maravilloso recurso, se han enfocado sistemas tecnológicos que permiten medir, comparar, monitorear e inclusive predecir ciertos comportamientos de los ríos que en otras ocasiones han causado grandes pérdidas tanto materiales como vidas humanas y animales en muchas partes del mundo.

Hoy en día se puede observar el increíble interés del ser humano por crear sistemas electrónicos que permitan evitar el menor impacto posible de los fenómenos naturales sobre el ser humano, si a nivel de población se refiere. Este proyecto diseñado como una derivación de los sistemas conocidos comúnmente en nuestro medio como alerta temprana, busca que las personas de la comunidad istmineña tomen precauciones pertinentes mucho antes de que la naturaleza actúe,

Por medio de un sistema de adquisición de datos y aplicando conocimientos del principio de monitoreo remoto, este proyecto pretende brindar solución eficiente en el tema de alarma ante eventuales crecientes que conllevan a inundaciones que se pueden presentar en el municipio por el crecimiento y posterior desbordamiento del río San Juan.

El sistema de alarmas a diseñar, estará fundamentado en una plataforma que consta de dos estaciones; una remota, que contiene un modelo (potenciómetro) de sensor ultrasónico de nivel, un micro controlador para acondicionar los datos entregados por el sensor y el transmisor del modulo de radiofrecuencia, y una

como es el caso, mediante desbordamientos del río e inundaciones a la localidad.

El río San Juan representa gran importancia para la comunidad de Istmina en el departamento del Chocó, pero a su vez mientras haya temporada de lluvias, época que es impredecible en esta región, el río y sus afluentes se convierten en una amenaza tanto para la localidad en mención como para los territorios ribereños que a orillas de este se levantan.

El diseño de un prototipo medidor de nivel del río San Juan, se realiza con la necesidad puntual de que el municipio de Istmina no cuenta con un sistema que permita alertar a la comunidad ante eventuales crecientes y cabe mencionar de manera enfática, la no presencia en la localidad de algún tipo de alerta ante riesgos generados por algún fenómeno natural.

estación local, donde monitoreamos en tiempo real el nivel del río mediante una plataforma desarrollada en *LABVIEW* los datos recibidos. Desde esta última estación ejecutaremos las alarmas por medio de un circuito con altavoz tipo sirena para dar aviso a la comunidad, del estado del nivel del río.

2. Diseño.

El sistema propuesto está conformado por dos unidades bien identificadas, la primera es la unidad remota, que se encuentra instalada en el sitio específico para hacer la medición a orillas del río San Juan, la otra es la unidad local ubicada dentro de un sitio cercano o laboratorio de monitoreo. Estas dos

unidades son diseñadas con base en un microcontrolador comercial de bajo costo.

Unidad remota.

Estara dispuesta dentro de en un módulo para intemperie que consta de un microcontrolador, el sensor por ultrasonido de nivel, un acondicionar de señal y un transreceptor inalámbrico. En esta unidad también encontramos las celdas solares y los bancos de baterías que serán las principales fuentes de alimentación de energía para nuestro módulo.

Unidad local.

Esta unidad conformada por un microcontrolador, un transreceptor inalámbrico, también consta de una comunicación USB-Serial para la comunicación con una computadora donde se visualizará constantemente el estado de los nivel del río mediante una interfaz gráfica para el usuario. Esto permite entonces tomar la mejor decisión para accionar la alarma de acuerdo a los niveles del río que se esten presentando en la lectura del sensor.

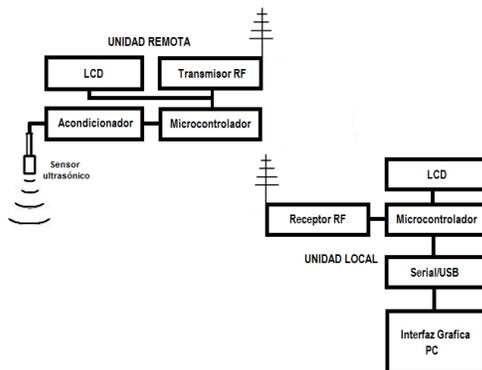


Figura 1. Diagrama de bloques del diseño

El sistema se encarga de monitorear el nivel del río San Juan en la localidad de Istmina y su función principal es accionar una alarma (tipo sirena) de manera automática en el momento en que estos niveles aumenten y representen un riesgo para la comunidad.

Los módulos que forman el sistema de alarma y monitoreo remoto del nivel del río San Juan son los siguientes:

- Sistema de alimentación mediante paneles fotovoltaicos.
 - Sistema de medición de nivel (el sensor de nivel por ultrasonido) y acondicionamiento de los datos de información.
 - Sistema de transmisión y recepción de los datos de información.
 - Sistema de reporte de novedades y Mecanismo de Alarmas.
- 2Infraestructura donde estaría ubicado del prototipo.

3. Ubicación de la estación remota del prototipo.

La unidad quedará ubicada en la ciudad de Istmina, dispuesta de manera estratégica a orillas del río San Juan en la zona de Malaria, en un lugar llamado y conocido por todos los habitantes de la ciudad como “El metro” (está ubicada la escala hidrométrica o limnómetro). Un lugar alto, donde sabemos que el nivel de río no sobrepasará la altura de la estación, puesto si lo hace, es porque el río hace mucho tiempo se desbordo y por consiguiente Istmina está inundado.

Se diseñó una especie de caseta con puerta para mayor seguridad donde estarán todos los dispositivos electrónicos

dispuestos adentro de una caja o gabinete conectados para su óptimo funcionamiento. Los únicos dispositivos que quedan a la intemperie son el panel solar, la antena de transmisión y el sensor de ultrasonido de nivel.

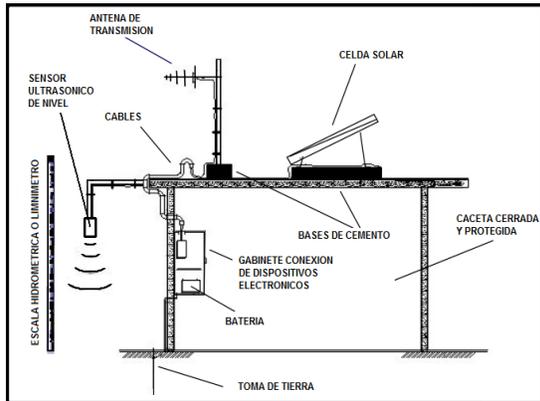


Figura 2. Estación remota Isthina - Chocó

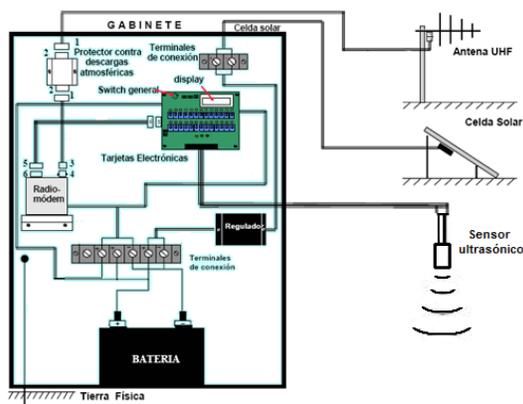


Figura 3. Gabinete de conexión de dispositivos electrónicos

4. Simulación del prototipo.

La simulación del prototipo está determinada por tres fases diferentes que permiten hacer un seguimiento secuencial del proceso, la primera de las fases es la en cargada de realizar la conversión analógica/digital y simulación de la entrada

del sensor. La segunda, consiste en la transmisión y recepción de manera inalámbrica, de los datos obtenidos y previamente acondicionados, mediante los módulos de radiofrecuencia. La tercera y última de las fases tiene como finalidad procesar los datos recibidos y de esta manera poder enviarlos al computador para visualizarlos y ejecutar una acción de alarma de acuerdo al comportamiento del nivel del río leída por el sensor, teniendo como referencias dos niveles primordiales correspondiente a la creciente súbita (dato 6) y el desborde inminente del río (dato 10).

Para efectos prácticos antes de hacer algún montaje de dispositivos y hacer pruebas físicas del prototipo, se diseñó el circuito para la simulación del sistema, haciendo uso de la herramienta *PROTEUS v7.7* obteniendo los siguientes resultados.

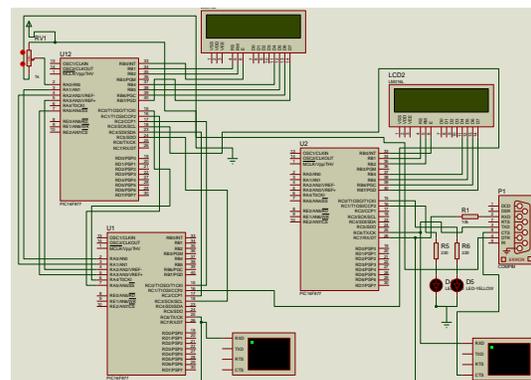


Figura 4. Circuito esquemático de simulación

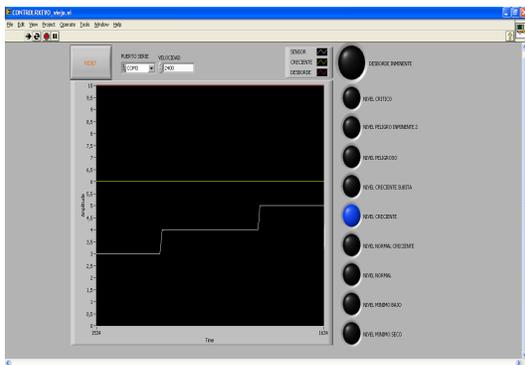


Figura 5. Monitoreo del nivel del río

5. Validación y funcionamiento del prototipo.

Después de haber simulado el prototipo en PROTEUS de una manera alambrica y con el diseño de los programas cumplido con los requerimientos planteados, se procede al montaje en board del prototipo para probar la transferencia de datos de forma inalámbrica y el desempeño del mismo con la interfaz grafica desarrolla en labview.

La etapa o el circuito de control esta comprendido, como se ha hablado a lo largo de este proyecto, por 2 estaciones; la remota y la local. Y la etapa de potencia la establece el accionamiento de 2 relés desde la estación local, donde también se hace el monitoreo en tiempo real de la variable nivel en el río san juan.

Estacion Remota del prototipo.

Comprendida por el instrumento de medida (potenciometro como validacion de la señal entregada por un sensor), 2 microcontroladores, el primero donde se hace el acondicionamiento de la señal entregada por el sensor y el segundo para establecer la transmision de los datos por

medio del aparato transmisor del modulo de radiofrecuencia. La estación esta alimentada con una batería de 9VDC y se hace la respectiva regulacion con el integrado LM7805, el cual nos proporciona el voltaje exacto para que los componentes electronicos funcionen de manera optima.



El programa de los PIC's fue realizado en el lenguaje de programación PIC C, este no permite ejecutarse de manera correcta si no tiene el LCD conectado correspondientemente. En el momento entonces del montaje se prevee que todos los dispositivos electronicos esten adecuadamente conectados.

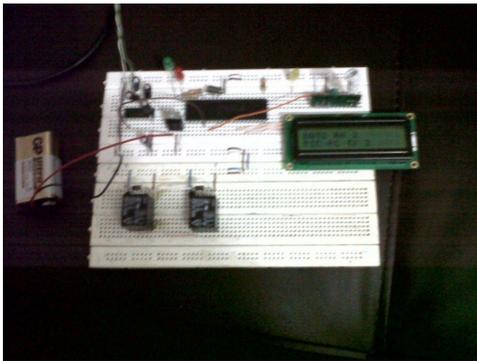
Lo primero que se realizo fue montar y alambicar con sus cables de alimentacion el microcontrolador, luego se le instala el dispositivo LCD en el puerto que hayamos configurado para este dentro del programa, conectamos también el potenciometro que nos ayudo a simular de manera practica la señal entregada por el sensor y por ultimo conectamos el segundo microcontrolador con el respectivo dispositivo de transmision.

Al encender el dispositivo probamos con ayuda del multímetro que el voltaje entregado por el potenciometro sea igual al mostrado en el LCD, así hasta llegar a

los 5V y que correspondan esos datos con el dato enviado.

Estacion Local del prototipo.

En esta estacion se encuentra un dispositivo microcontrolador, conectado adecuadamente al receptor de radiofrecuencia y al display de 7 segmentos o LCD, en el que se tratan los datos recibidos, se activan las alarmas y se monitorea en tiempo real la variable nivel por medio de la interfaz grafica diseñada en LABVIEW. El programa del PIC fue realizado tambien en el lenguaje de programacion PIC C y toda la estacion esta alimentada con una bateria de 9VDC y la etapa de regulacion respectiva para su optimo funcionamiento.



Para establecer la conexión del dispositivo controlador con el PC, se hace uso del integrado MAX232 correctamente conectado, el cual proporciona los voltajes adecuados para esta tarea. De allí sale la conexión al DB9 que posteriormente esta conectado a un cable convertidor de seria a USB.

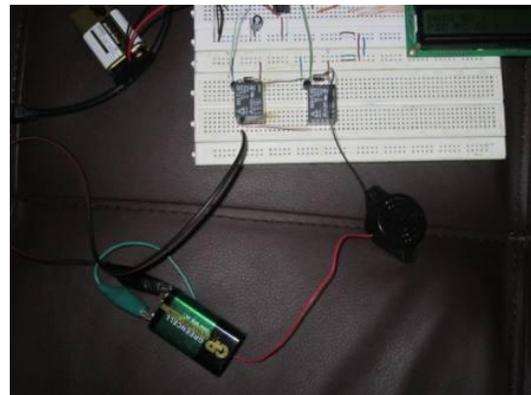
El puerto de conexión que toma esta aplicacion es el COM3 el cual debemos elegir en el programa ejecutable en LABVIEW para su respectiva lectura. En

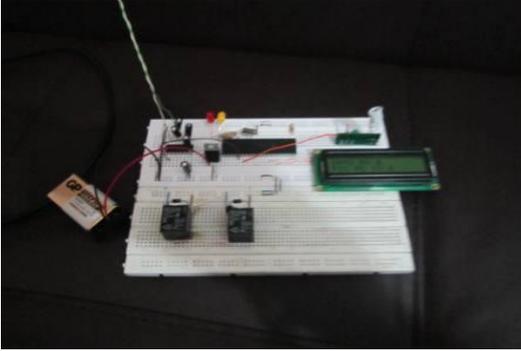
labview tambien se tiene claro la velocidad a la cual se estan transmitiendo los datos que es 2400 baudios, si no se prevee esto, la lectura es erronea.

Se verifica entonces en el momento de encender el dispositivo que los datos transmitidos en la estacion remota, sean iguales a los que se visualizan en la estacion local tanto en el LCD como en la interfaz grafica en el PC.



El accionamiento de las alarmas se hace entonces, como se menciona anteriormente, con la conexión de 2 relés, uno para accionar la alerta amarilla que se da cuando se transmite el dato 6; o sea, que la lectura del sensor es de 2.5 V y el otro que se acciona cuando el dato 10 es transmitido y la lectura del sensor es de 4.5V.





CONCLUSIONES

1. Con este proyecto se da una alternativa eficaz para el monitoreo permanente y en tiempo real de los niveles del río San Juan en la localidad de Istmina en el departamento del Chocó, mitigando la pérdida de vidas humanas y animales en el momento en que esté próxima una creciente.

Este sistema de alerta temprana puede generar un impacto significativo en la región, pues al igual que el municipio de Istmina, otros se han visto afectados por las grandes crecientes que produce el río San Juan. El diseño de un plan de prevención y evacuación toma vida ante estas eventualidades pues a través de la historia las afectaciones son mayores.

2. Los operarios de este sistema, no tienen que estar preocupados por el desplazamiento al sitio donde están ubicadas las escalas hidrométricas, situación que en algún momento producía algo de miedo por lo peligroso que se tornaba la tarea. Los operarios solo deben estar pendientes de la pantalla del computador para en caso de que se accione la alarma ellos estar dispuestos

también a colaborar con los procesos de evacuación.

1. El poder establecer los paneles solares como generación de voltaje para la alimentación de los circuitos electrónicos del prototipo genera seguridad en el funcionamiento del sistema pues en la región la energía eléctrica es deficiente y se prevé que las estaciones estén en operación las 24 horas del día para que el monitoreo del nivel del río sea constante.

3. La comunicación inalámbrica de los datos toma importancia en el proyecto para garantizar el cumplimiento del objetivo propuesto. La utilización de un módulo de radiofrecuencia de corto alcance y de “mala calidad” solo con fines de aplicación pues en el momento de posicionar a gran escala el prototipo, es relevante buscar y ahondar en un sistema robusto para este tipo y medio de transmisión.

4. El sistema cumple con los requerimientos propuestos de lectura, adquisición, transrepción y monitoreo de datos de información, los cuales, son la esencia para establecer una acción de prevención y evacuación en la ciudad ante una eventual creciente y posterior inundación.

RECOMENDACIONES

1. Un sistema de monitoreo como este, debe garantizar robustez en su funcionamiento, por lo tanto, es importante que todos los componentes electrónicos que lo conforman establezcan dicha robustez.

2. Cabe aconsejar, investigar sobre otro tipo de transmisión inalámbrica teniendo en cuenta las interfaces de comunicación que poseen estos microcontroladores utilizados, bluetooth, 1 – wire, ethernet son algunas de ellas.

3. La utilización de la interfaz serial de los microcontroladores para el envío y recepción de los datos no resulta nada complicado pues con ayuda del asesor, compañeros de universidad y algunos manuales encontrados en internet de fácil manejo en cuanto a transrecepción utilizando módulos de radiofrecuencia se llegó al propósito sin ningún inconveniente.

4. Son muy recomendables los módulos X-bee, a la hora de implementar un prototipo como este, pues estos garantizan distancias de alcance mayores, aproximadamente de 100 mts.

5. El aislamiento de la etapa de potencia y la etapa de control toma importancia pues en ocasiones los relés al cambiar de estado generan ruidos que se devuelven al controlador y son perjudiciales para una buena lectura y puesta en marcha del prototipo implementado. Se recomienda entonces la utilización de optoacopladores para mitigar esas corrientes parásitas que puedan ocasionar fallas.

BIBLIOGRAFIA

Aviles Espinoza, Josey. Medición de nivel y caudal por ultrasonido. Pag. 3. Disponible en: <http://profesores.elo.utfsm.cl/~jgb/AVILES.pdf>

Mandado Pérez, Enrique; Murillo Roldan, Antonio. Sensores de ultrasonidos. Pag. 10-14, 24-27. Disponible en: <http://www.marcombo.com/Descargas/9788426715753/SENSORES/TEMAS/SA%20TEMA%2010-ULTRASONIDOS.pdf>

Mateos Suarez, Juan Gilberto. (1996). Medición de nivel. Disponible en: <http://proton.ucting.udg.mx/dpto/maestros/mateos/clase/teoria/nivel/ultra.htm>

Oyola J.S, Arredondo C.A, Gordillo G. (2008). Desarrollo de prototipo de sistema de monitores en tiempo real del nivel de agua en ríos usando instrumentación virtual. Revista colombiana de física, vol 40, N 2. 2008. Pag. 1-4.

Pellizza Armando Sergio. Transmisión de datos. Departamento apoyatura académica ISES. Bibliotecas virtuales. Pag 8.

Porta Gándara, M.A; Gutiérrez J. Medidor ultrasónico de nivel de agua para estanques. 2005. Pag. 1-13. <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=40470404>

Rentería Palacios, Idalia y Palacios Orejuela, Luis Fernando. (2004). Plan de gestión integral de residuos sólidos del municipio de Istmina – Chocó. Universidad tecnológica del Chocó. Facultad de ingeniería. Ingeniería ambiental. Quibdó. Pag. 12, 44

Unidad de desarrollo sostenible y medio ambiente de la OEA. (2001). Manual para el diseño e implementación de un sistema de alerta temprana de inundaciones en

cuencas menores. Washington D.C.

Disponible en:

<http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea91s/MANUAL.pdf>

Villareal Romero, Manuel de Jesús;
Arzola Macías, Erick Rogelio. Sistema de
telemetría para medición de nivel de ríos
en la ciudad de León Guanajuato.
México. Pags. 1-12.