

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

“MONITOREO DEL NIVEL DE AGUA EN LOS TANQUES DE LA SUBESTACIÓN
AZAYA DE LA EMPRESA EMAPA-I A TRAVÉS DE UNA RED INALÁMBRICA
BASADA EN IEEE802.11A”

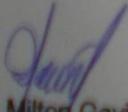
AUTORA: CINTYA VALERIA PASPUEZÁN GRANJA

DIRECTOR: ING. MILTON GAVILÁNEZ

IBARRA – ECUADOR 2013

CERTIFICACIÓN

Certifico, que el presente trabajo de titulación "MONITOREO DEL NIVEL DE AGUA EN LOS TANQUES DE LA SUBESTACIÓN AZAYA DE LA EMPRESA EMAPA-I A TRAVÉS DE UNA RED INALÁMBRICA BASADA EN IEEE802.11a" fue desarrollado en su totalidad por la Srta. Cintya Valeria Paspuezán Granja, bajo mi supervisión.

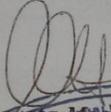

Ing. Milton Gavilánez
DIRECTOR DE PROYECTO

CERTIFICADO

A QUIEN PUEDA INTERESAR:

A petición del interesado señorita **CINTYA VALERIA PASPUEZÁN GRANJA**, portador de la Cédula de ciudadanía número **100296293-2**, me permito certificar que la mencionada señorita realizó la tesis de grado con el tema: "Monitoreo de Nivel de agua en los tanques de la Subestación Azaya de la empresa EMAPA-I, a través de la red inalámbrica basada en IEEE802.11a ", que se encuentra funcionando en el área de la Dirección de Ingeniería

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado dar el uso que estime necesario, excepto en el aspecto judicial.


Ing. Carmen Augusta Moreno Moncayo.
DIRECTORA ADMINISTRATIVA DE EMAPA-I


DIRECCIÓN ADMINISTRATIVA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

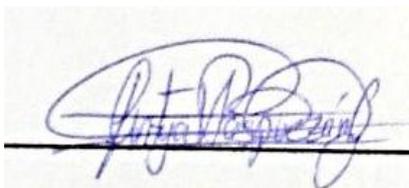
Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de Identidad	1002962932
Apellidos y Nombres	Paspuezán Granja Cintya Valeria
Dirección	Panamericana Norte Km 111, diagonal a la Gasolinera Yahuarcocha
Email	c.paspuezan@gmail.com
Teléfono Fijo	062580118
Teléfono Móvil	0994687862

DATOS DE LA OBRA	
Título	MONITOREO DEL NIVEL DE AGUA EN LOS TANQUES DE LA SUBESTACIÓN AZAYA DE LA EMPRESA EMAPA-I A TRAVÉS DE UNA RED INALÁMBRICA BASADA EN IEEE802.11a
Autor	Paspuezán Granja Cintya Valeria
Fecha	20
Programa	Pregrado
Título por el que se aspira	Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación
Director	Ing. Milton Gavilánez

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Cintya Valeria Paspuezán Granja, con cédula de identidad Nro. 100296293-2, en calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.



Firma

Nombre: Cintya Valeria Paspuezán Granja

Cédula: 1002962932

Ibarra a los 5 días del mes de Abril del 2013



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **Cintya Valeria Paspuezán Granja**, con cédula de identidad Nro. 100296293-3, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autora de la obra o trabajo de grado denominado: **"MONITOREO DEL NIVEL DE AGUA EN LOS TANQUES DE LA SUBESTACIÓN AZAYA DE LA EMPRESA EMAPA-I A TRAVÉS DE UNA RED INALÁMBRICA BASADA EN IEEE802.11a"**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma

Nombre: Cintya Valeria Paspuezán Granja

Cédula: 1002962932

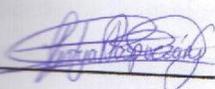
Ibarra a los 5 días del mes de Abril de 2013

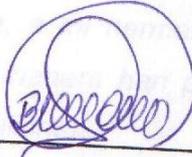
Nombre: ING. BETTY CHAVEZ
Cargo: JEFE DE BIBLIOTECA

CONSTANCIAS

Cintya Valeria Paspuezán Granja manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 5 días del mes de mayo del 2013


 Firma
 Nombre: Cintya Valeria Paspuezán G.
 Cédula: 1002962932


 Firma
 Nombre: ING BETTY CHÁVEZ
 Cargo: JEFE DE BIBLIOTECA

Cintya V. Paspuezán

AGRADECIMIENTOS

A Dios por otorgarme el preciado don de la vida y porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome sabiduría y fortaleza para continuar.

A mis padres por estar junto a mí en todo momento, brindándome su apoyo incondicional y siendo mi pilar fundamental para llegar a completar cada una de mis metas.

Al Ing. Milton Gaviláñez, director de Tesis, al Ing. Gerardo Collaguazo docente de la materia Trabajo de Grado e Ing. Jaime Michilena por sus aportes y asesoría invaluable para la elaboración de éste proyecto.

A cada uno de los docentes de la carrera que supieron guiarme en mi formación académica y personal.

Mi agradecimiento en especial a la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado EMAPA-I, pues su apoyo resultó fundamental en el desarrollo de éste proyecto por las facilidades prestadas durante la elaboración del mismo así como también en las pruebas realizadas.

A mis hermanas Mayra y Margarita, a mi hermano Sebitas, mi sobrina Samirita y amigos, quienes de una u otra manera han permanecido a mi lado durante este proceso dándome palabras de aliento.

Cintya V. Paspuezán

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres Luis y María, ya que con su incondicional amor y ejemplos dignos de superación y entrega, dentro de mi formación académica, así como integral, han logrado que este esfuerzo se culmine con éxito. Por su total apoyo en los momentos más difíciles de mi carrera, puesto que siempre me han ayudado a enfrentar con valentía cada obstáculo presentado.

Cintya V. Paspuezán

CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	XXI
EXECUTIVE SUMMARY	XXII
PRESENTACIÓN	XXIII
CAPÍTULO I:	1
RECOPIACIÓN Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	1
1.1 ESTÁNDAR IEEE802.11	1
1.1.1 CAPA FÍSICA	3
1.1.2 CAPA DE ENLACE DE DATOS	4
1.1.2.1 Subcapa de control de enlace lógico (LLC)	4
1.1.2.2 La subcapa de capa de control de acceso al medio (capa MAC)	4
1.1.3 ESTÁNDAR 802.11a	5
1.2 TECNOLOGÍA INALÁMBRICA AIRMAX	5
1.2.1 NANOSTATION 5 DE 5GHZ	6
1.2.2 ROCKET M5 de 5GHz	7
1.3 PROTOCOLO TCP/IP	8
1.3.1 VENTAJAS	9
1.3.2 DESVENTAJAS	9
1.4 RADIOENLACE	9
1.4.1 LADO DEL TRANSMISOR	10
1.4.1.1 Potencia de transmisión	10
1.4.1.2 Pérdida en el cable	10
1.4.1.3 Ganancia de las Antenas	11
1.4.1.4 Pérdida en los conectores	11
1.4.2 LADO DE PROPAGACIÓN	12
1.4.2.1 Pérdida en el espacio libre	12
1.4.2.2 Zona de Fresnel	13
1.4.2.3 Margen de despeje	13
1.4.3 LADO RECEPTOR	14
1.4.3.1 Sensibilidad del receptor	14
1.4.3.2 Potencia de recepción	14
1.4.3.3 Margen y Relación SNR	15
1.4.3.4 Margen umbral	15
1.4.3.5 Potencia irradiada	15
1.4.3.6 Margen de desvanecimiento	16

1.5	SEGURIDAD EN REDES INALÁMBRICAS	18
1.5.1	MECANISMOS DE SEGURIDAD EN REDES INALÁMBRICAS	18
1.5.1.1	WEP (Privacidad Equivalente a Cableado)	18
1.5.1.2	WPA (Acceso Protegido Wi-Fi)	19
1.6	MEDIDOR DE NIVEL POR ULTRASONIDOS	20
1.6.1	MEDIDOR DE NIVEL POR ULTRASONIDOS SONDAR 600B	20
1.7	CONVERSOR/RECEPTOR 4-20 RCV420JP	21
1.7.1	VENTAJAS	22
1.8	MICROCONTROLADORES	22
1.8.1	MICROCONTROLADOR PIC	23
1.8.1.1	PIC 16F887	23
	Características:	23
1.8.2	MICROCONTROLADOR ATMEL	24
1.8.2.1	Atmega 324P	24
1.8.3	COMPARACIÓN ENTRE PIC Y AVR	25
1.9	CONVERSOR SERIAL RS232 A ETHERNET	26
1.9.1	CONVERSOR Net2Serial DE RS232 / RS485 A ETHERNET	27
1.9.2	CONVERSOR SERIAL RS232 A ETHERNET WIZ110SR	28
1.9.3	CONVERTIDOR HXSP-2108E-A DE RS-232 A ETHERNET TCP/IP	28
1.9.4	COMPARACIÓN ENTRE CONVERSORES RS232-ETHERNET	29
1.10	PANTALLA LCD	30
1.10.1	LCD-240H128T	31
1.10.2	LCD-240H128A	31
1.10.3	COMPARACIÓN DE PANTALLAS LCD	32
1.11	INTERFAZ GRÁFICA	33
1.11.1	VISUAL BASIC	33
1.11.1.1	Ventajas	34
1.11.1.2	Desventajas	34
1.11.2	INTOUCH	35
1.11.2.1	Ventajas	35
1.11.2.2	Desventaja	36
1.11.3	LabVIEW	36
1.11.3.1	Ventajas	37
1.11.4	COMPARACIÓN DE LOS LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN PARA LA INTERFAZ	37
1.12	BASE DE DATOS	38
1.12.1	TIPOS DE BASE DE DATOS	39
1.12.1.1	Bases de datos estáticas	39
1.12.1.2	Bases de datos dinámicas	39
1.12.1.3	Base de datos bibliográfica	39
1.12.1.4	Bases de datos de texto completo	39
1.12.2	MICROSOFT ACCESS	40
1.12.2.1	Ventajas	40
1.12.2.2	Desventajas	40

CAPÍTULO II	42
REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	42
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	42
2.2 CONSIDERACIONES DE DISEÑO	45
2.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	47
2.4 REQUISITOS DEL SISTEMA	47
2.3.1. REQUISITOS EN BASE AL AMBIENTE DE TRABAJO	47
2.3.2. REQUISITOS EN BASE A ESPECIFICACIONES DE POTENCIA	48
2.3.3. REQUISITOS EN BASE AL DESEMPEÑO SOLICITADO	48
2.5 APROXIMACIÓN EN BLOQUES	49
2.4.1 SUBSISTEMA DE SENSADO	50
2.4.2 SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO Y VISUALIZACIÓN LOCAL	50
2.4.3 SUBSISTEMA DE TRANSMISIÓN DE DATOS	50
2.4.4 SUBSISTEMA DE MONITOREO Y ADMINISTRACIÓN DE HISTORIALES	51
 CAPÍTULO III	 52
 DESARROLLO DEL SISTEMA DE MONITOREO	 52
3.1 CARACTERIZACIÓN DEL HARDWARE	52
3.1.1 SUBSISTEMA DE SENSADO	52
3.1.1.1 Medidor de nivel	53
3.1.1.2 Conversores amperaje-voltaje	53
3.1.2 SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO Y VISUALIZACIÓN LOCAL	54
3.1.2.1 Conexión del microcontrolador de procesamiento	55
3.1.2.2 Visualización local	57
3.1.3 SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN	58
3.1.4 SUBSISTEMA DE TRANSMISIÓN DE DATOS	59
3.1.4.1 Transceptor UART / RS232	61
3.1.4.2 Transceptor RS232/ Ethernet	61
3.1.4.3 Punto de acceso base	63
3.1.4.4 Punto de acceso cliente	64
3.2 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GENERAL	65
3.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SOFTWARE	67
3.3.1 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	67
3.3.2 COMPILADOR CODEVISION AVR	68
3.3.3 FIRMWARE DEL MICROCONTROLADOR DE PROCESAMIENTO	68
3.3.3.1 Programa principal	68
3.3.3.2 Interrupciones	70
3.4 DISEÑO DE LAS PLACAS DE CIRCUITO IMPRESO	72

3.5	DESARROLLO DE LA INTERFAZ GRÁFICA	74
3.5.1	PANTALLA DE PRESENTACIÓN	74
3.5.2	PANTALLA DE HISTÓRICOS	77
CAPITULO IV:		79
RADIOENLACE ENTRE LA SUBESTACIÓN AZAYA Y LA OFICINA MATRIZ DE EMAPA-I		79
4.1	DESCRIPCIÓN DEL RADIOENLACE	80
4.1.1	CÁLCULO DEL RADIOENLACE	80
4.1.1.1	Cálculo de Zona de Fresnel	82
4.1.1.2	Cálculo del margen de despeje	82
4.1.1.3	Balance del Sistema	84
4.1.2	SEGURIDAD DEL RADIOENLACE	88
4.2	MARCO REGULATORIO	88
4.2.1	NORMA PARA LA IMPLEMENTACION Y OPERACION DE SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA	89
4.2.2	REQUISITOS PARA EL REGISTRO	89
4.2.2.1	Información Legal	90
4.2.2.2	Información Financiera	90
4.2.2.3	Información Técnica	90
4.2.2.4	Formularios	91
4.2.2.5	Tarifas por uso de frecuencia	92
CAPÍTULO V:		93
IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS		93
5.1	MONTAJE FÍSICO DEL SISTEMA	93
5.2	PRUEBAS	93
5.2.1	PRUEBAS DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN	93
5.2.1.1	Nivel de agua del tanque de 2400m ³	97
5.2.1.2	Nivel de agua del tanque de 1000m ³	98
5.2.1.3	Desempeño general del sistema	100
5.2.2	PRUEBAS DE CONECTIVIDAD DE LA RED	101
5.2.2.1	Nivel de la señal	101
5.2.2.2	Tiempo de ida y vuelta	102
5.2.2.3	Velocidad de transmisión	103
5.3	ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO	103
5.3.1	INVERSION INICIAL Y COSTO DE IMPLEMENTACIÓN	104
5.3.2	COSTOS DE INGENIERÍA E INSTALACIÓN	105
5.3.3	PROYECCIÓN DE INGRESOS	106
5.3.4	ANÁLISIS DE LOS COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN	107

5.3.5	FLUJO DE CAJA _____	108
5.3.6	ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO _____	109
5.3.6.1	Valor actual neto (VAN) _____	109
5.3.6.2	Tasa Interna de Retorno (TIR) _____	110
5.3.6.3	Relación Beneficio Costo (B/C) _____	110
	_____	111
5.3.6.4	Período de recuperación de la inversión (PRI) _____	111
5.3.6.5	Beneficios _____	112
 CAPÍTULO VI: _____		113
 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____		113
6.1	CONCLUSIONES _____	113
6.2	RECOMENDACIONES _____	114
 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____		115
 GLOSARIO DE TÉRMINOS _____		117
 _____		120
 ANEXOS _____		120
ANEXO A: CONVERTOR/RECEPTOR 4-20 RCV420JP _____		121
ANEXO B: MEDIDOR DE NIVEL POR ULTRASONIDOS SONDAR 600B _____		125
ANEXO C: PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR _____		127
ANEXO D: PROGRAMACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA _____		136
ANEXO E: NORMA PARA LA IMPLENETACIÓN Y OPERACIÓN DE SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA _____		137
ANEXO F: FORMULARIOS PARA LA CONCESIÓN DE FRECUENCIAS _____		142
ANEXO G: DATOS OPTENIDOS MANUALMENTE POR LOS OPERARIOS _____		150
ANEXO H: DATOS OPTENIDOS POR EL SISTEMA _____		153
ANEXO I: TARIFA MENSUAL DE PRESTACIÓN DE ENLACES DEDICADOS ÚLTIMA MILLA _____		154
ANEXO J: MANUAL DE USUARIO _____		156
1.	INTRODUCCIÓN _____	4

2. ACCESO	4
2.1 ACCESO A LA INTERFAZ GRÁFICA	4
3. INTERFAZ DE MONITOREO	5
3.1 HABILITACION DE LA CONEXIÓN	5
3.2 RECEPCIÓN DE LOS DATOS	6
3.3 TIEMPO DE MUESTREO	6
3.4 GRÁFICA DEL ESTADO DE LOS TANQUES CADA MEDIA HORA	6
3.5 GRÁFICA DEL ESTADO DE LOS TANQUES PERIÓDICAMENTE	7
4. ANTALLA DE HISTÓRICOS	8
4.1 INGRESAR FECHA DE REPORTE	9
4.2 GRAFICAR REPORTE	10

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1: Conversor/receptor 4-20 RCV420JP _____	21
--	----

CAPÍTULO II

Figura 2. Regleta ubicada en cada uno de los tanques para realizar la lectura del volumen _____	43
Figura 3. Display BTC800, ubicados en el tablero de la subestación Azaya. _____	44
Figura 4. Esquema del sistema de monitoreo actual _____	44
Figura 5. Esquema del sistema a implementarse _____	45
Figura 6. Conexión de los sensores hasta el HERMES TCR-200 ubicado en el tablero _____	46
Figura 7. Diagrama de aproximación en bloques del sistema _____	49

CAPÍTULO III

Figura 8. Circuito de alimentación del integrado RCV420 _____	53
Figura 9. Conexión de RCV420 para la salida a 0-5V _____	54
Figura 10. Conexión para configurar el firmware del microcontrolador desde la placa __	57
Figura 11. Diagrama de conexión entre el módulo LCD y el microcontrolador _____	58
Figura 12. Circuito de alimentación del módulo electrónico _____	59
Figura 13. Trama manejada para el envío de los datos entre el microcontrolador y LabVIEW _____	60
Figura 14. Trama que se utiliza de LabVIEW al microcontrolador _____	60
Figura 15. Conexión del RS232 _____	61
Figura 16. Configuración de la red en el conversor Serail/Ethernet _____	62
Figura 17. Configuración del puerto serial del conversor Serial/Ethernet _____	63
Figura 18: Configuración del Access Point RocketM5 _____	64
Figura 19. Configuración del Nanostation5 _____	65
Figura 20. Diagrama esquemático general _____	66
Figura 21. Diagrama de flujo del programa principal del microcontrolador _____	69
Figura 24. Interrupción por recepción de UART _____	70
Figura 23. Interrupción por desbordamiento del TIMER 0 _____	72
Figura 24. Diseño de la placa del dispositivo de adquisición _____	73
Figura 25. Elementos del dispositivo de adquisición _____	73
Figura 26. Pantalla de presentación de la interfaz LABVIEW _____	74
Figura 27. Pantalla principal de la interfaz _____	75
Figura 28. Datos que se visualizan en la interfaz _____	75
Figura 29. Nombre y ubicación del archivo de grabación _____	76
Figura 30. Datos registrados en la base de datos de Access _____	76
Figura 31. Botones para el incremento o disminución de la velocidad de muestreo ____	77
Figura 32. Botones de recepción y conexión _____	77
Figura 33. Configuración de alarma _____	77

Figura 34. Pantalla de históricos de los datos obtenidos de los tanques de la subestación Azaya	78
---	----

CAPÍTULO IV

Figura 35. Distancia entre puntos	81
Figura 36. Perfil Azaya – Arcángel	81
Figura 37. Datos para el cálculo del punto crítico	83

CAPÍTULO V

Figura 38. Inicialización del sistema	94
Figura 39. Visualización de las variables en la LCD	94
Figura 40: Ensayo del sistema completo en protoboard.	95
Figura 41. Implementación del dispositivo en el tablero de la subestación Azaya	95
Figura 42. Regleta ubicada en cada tanque para las lecturas respectivas	96
Figura 43. Diagrama de mediciones del volumen de agua del tanque de 2400 litros.	98
Figura 44. Diagrama de mediciones del nivel de agua del tanque de 1000 litros.	100
Figura 45. Intensidad de la señal en el radioenlace Azaya-Arcángel	101
Figura 46. Pruebas de ping para verificar conexión con los equipos de radio y módulo de adquisición	102
Figura 47. Intercambio de archivos desde el FTP de la empresa	103

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

Tabla 1. Estructura de los canales de la banda de frecuencia UNII _____	2
Tabla 2. Características del Radio Ubiquiti NanoStation M5 _____	6
Tabla 3. Radio Ubiquiti ROCKET M5 _____	7
Tabla 4. Valores típicos de pérdida en los cables de 2,4 GHz y 5,8 GHz _____	11
Tabla 5. Valores del factor de rugosidad _____	16
Tabla 6. Valores del factor climático _____	16
Tabla 7. Valores de confiabilidad de un enlace _____	17
Tabla 8. Características del sensor de nivel Sondar 600B _____	21
Tabla 9. Características del PIC 16F887 _____	23
Tabla 10. Características del microcontrolador ATmega164P/324P/644P _____	25
Tabla 11. Tabla comparativa entre los microcontroladores AVR/PIC _____	26
Tabla 12. Características del CONVERSOR Net2Serial DE RS232 / RS485 A ETHERNET _____	27
Tabla 13. Características del conversor WIZ110SR _____	28
Tabla 14. Características del convertidor de RS-232 a Ethernet TCP/IP HXSP-2108E-A _____	29
Tabla 15. Tabla comparativa entre convertidores RS232/Ethernet _____	30
Tabla 16. Características de la pantalla LCD-240H128T _____	31
Tabla 17. Características de la pantalla LCD-240H128A _____	32
Tabla 18. Tabla comparativa entre LCD _____	32
Tabla 19. Tabla comparativa de interfaz gráfica _____	38

CAPÍTULO III

Tabla 20. Configuración de puertos del microcontrolador de procesamiento ATMEGA324 _____	56
Tabla 21. Datos para configurar el módulo WIZ110SR _____	62
Tabla 22. Parámetros para la configuración del Rocket M5 _____	64
Tabla 23. Parámetros para la configuración del NanostationM5 _____	65
Tabla 24. Períodos de muestreo cada 25ms _____	71

CAPÍTULO IV

Tabla 25. Alturas y Coordenadas de los nodos a interconectar _____	80
Tabla 26. Radio de la primera zona de Fresnel _____	82
Tabla 27. Características técnicas principales de la antena _____	85
Tabla 28. Datos para el cálculo del enlace Azaya-Arcángel _____	85
Tabla 29. Valores del enlace _____	88
Tabla 30. Bandas de frecuencia de MDBA _____	89

CAPÍTULO V

Tabla 31. Mediciones del nivel de agua tanque de 2400 m ³ _____	97
--	----

Tabla 32. Mediciones del nivel de agua tanque de 1000 litros _____	99
Tabla 33. Error máximo de las variables en cada tanque_____	100
Tabla 34. Tiempo de ida y vuelta en el enlace _____	103
Tabla 36. Costos de componentes electrónicos del módulo de adquisición de variables_____	104
Tabla 37. Mano de obra indirecta _____	105
Tabla 38. Mano de obra directa _____	106
Tabla 39. Costo diario por cada Mb transmitido_____	106
Tabla 40. Análisis de los costos de implementación _____	107
Tabla 41. Depreciación de equipos _____	108
Tabla 42. Flujo de caja _____	108

ÍNDICE DE ECUACIONES

CAPÍTULO I

Ecuación 1. Pérdida en el espacio libre.	12
Ecuación 2. Primera Zona de Fresnel	13
Ecuación 3. Longitud de onda	13
Ecuación 4. Margen de despeje.	14
Ecuación 5. Potencia de recepción	15
Ecuación 6. Relación señal a ruido	15
Ecuación 7. Margen Umbral.	15
Ecuación 8. Potencia irradiada	16
Ecuación 9. Margen de desvanecimiento	17

CAPÍTULO III

Ecuación 10. Voltaje de salida obtenido en IC2 con la configuración de resistencias R1 y VR1	59
--	----

CAPÍTULO III

Ecuación 11. Cálculo del Valor Actual Neto	109
Ecuación 12. Cálculo de la Tasa Interna de Retorno TIR	110
Ecuación 13. Cálculo de la relación Beneficio/Costo	110

RESUMEN

El presente trabajo consiste en el desarrollo de un sistema de supervisión de nivel de agua, compuesto por una interfaz gráfica en computador, un dispositivo remoto de adquisición de datos, y un sistema de comunicación basado en el estándar IEEE802.11a; para tomar decisiones oportunas en el aumento y disminución del agua en los tanques, realizando por parte de los operarios el cierre o apertura de válvulas; brindando así una alternativa más económica y confiable con respecto al sistema implementado anteriormente por TECNOHIDRO.

Para el desarrollo del sistema se comienza con un análisis de las características de las redes basadas en IEEE802.11a de largo alcance; así como la aplicación del protocolo TCP / IP para la comunicación entre computadores y sistemas microprocesados de adquisición de datos; luego se realiza una descripción del prototipo acorde con las necesidades que pide la empresa, posteriormente se realiza un enfoque general mediante diagramas de bloque para así seleccionar los elementos electrónicos idóneos para la realización de los módulos de adquisición de datos, teniendo en cuenta su compatibilidad con sensores industriales ya instalados que pertenecen a la empresa; con esto se procede al diseño de los diagramas esquemáticos y del software a implementarse en el microcontrolador del sistema.

Luego se procede a desarrollar en el programa LabVIEW la interfaz gráfica para la PC, la misma que permite visualizar gráfica y numéricamente los valores de las variables adquiridas, así como también manejar archivos históricos para posteriores análisis.

Después de ser terminados tanto el sistema de adquisición como la interfaz se realiza la implementación y pruebas del sistema entre la “Subestación Azaya” y la central ubicada en las oficinas de la empresa EMAPA – I en la ciudad de Ibarra y se sugieren las posibles mejoras al sistema.

EXECUTIVE SUMMARY

The present work consists in the development of a monitoring system water level composed of a computer graphic interface, a remote device data acquisition and communication system based on the IEEE802.11a standard, to make timely decisions in the increase and decrease of the water in the tanks, making operators by closing or opening the valve, thus providing a cheaper alternative and reliable compared to previously implemented TECNOHIDRO system.

This system development begins with an analysis of network characteristics based on of long range IEEE802.11a , and the implementation of TCP / IP for communication between computer systems and data acquisition micro processed; then performs a description of the prototype that meets the needs company calls then a general approach is performed by block diagrams in order to select the appropriate electronic components to perform the data acquisition modules, taking into account their compatibility with industrial sensor and installed belonging to the company, with this design is applicable to the schematics and software to be implemented in the system microcontroller .

Then he proceeds to develop in LabVIEW graphical interface to the PC, the same that displays graphical and numerical values of the acquired variables, as well to handle archives for further analysis.

After he finished both the acquisition system as the interface, we implement and test the system between the "Substation Azaya" and office located in the offices of the company EMAP - I in the city of Ibarra and is suggested possible improvements to the system.

PRESENTACIÓN

El problema que permitió desarrollar el presente proyecto es que la empresa actualmente no cuenta con un sistema de monitoreo del nivel de agua en los tanques si bien es cierto que a principios del año 2009, la compañía ISHI S.A. instaló un sistema de telemetría en los tanques de reserva de la empresa de agua potable y alcantarillado de Ibarra EMAPA – I. Este proyecto consistió en la implementación de sistemas de monitoreo inalámbrico de nivel de agua en cada tanque, utilizando transmisión de datos vía GPRS, mediante contrato con una empresa de telefonía celular; el mismo, tuvo costos exorbitantes de implementación, mantenimiento y operación. Estas condiciones obligaron a que se suspenda su funcionamiento.

Actualmente el sistema de almacenamiento de agua en la ciudad de Ibarra se lo realiza en tanques alrededor de la ciudad las medidas de nivel son tomadas manualmente por varios operadores, estos datos son entregados en las oficinas centrales y transcritos a un computador; al momento de la transcripción de los datos al computador se comete varios errores y los datos se van acumulando por lo que no existe un control diario de demanda.

El problema existente y que se va a dar tratamiento es que la medida de nivel de los tanques se pueda centralizar utilizando 802.11a para la transmisión de datos de nivel, además de las conclusiones y recomendaciones respectivas.

CAPÍTULO I:

El objetivo de este capítulo es analizar las características de los equipos Nanostation 5 y Rocket M5 perteneciente a la marca UBIQUITI, ubicada dentro del estándar IEEE802.11 y la descripción de los módulos electrónicos necesarios para la implementación del sistema de monitoreo del nivel de agua, teniendo en cuenta el sistema de monitoreo existente; el mismo que requiere de mejoras para cumplir con los planteamientos establecidos, de tal manera que se logre realizar una selección adecuada de los dispositivos electrónicos para el diseño, investigando los que más se adapten en el proceso en base a sus características técnicas y de funcionamiento.

RECOPIACIÓN Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Hoy en día la tecnología nos ha permitido realizar la optimización de recursos, mediante el monitoreo de procesos; es así, que se toman decisiones acertadas en base a la información adquirida, obteniendo los resultados deseados.

El buen desempeño de un sistema se basa en la monitorización automática y el registro de las mediciones, así como el envío de alertas en tiempo real, con la finalidad de tener un funcionamiento seguro y óptimo. Es aquí donde las interfaces de comunicación han logrado un gran campo de aplicación, pues facilitan tener acceso remoto a la información requerida.

1.1 ESTÁNDAR IEEE802.11

El estándar 802.11 fue desarrollado en 1997 por la IEEE¹, el mismo que establece una comunicación sobre el medio entre el cliente y una estación base o a su vez entre dos clientes inalámbricos.

¹ IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

IEEE802.11 es un estándar internacional que define las características de una red de área local inalámbrica (WLAN).

Para la definición de las redes inalámbricas de área local la especificación del IEEE ha elegido la banda ISM, y la UNII

La banda de frecuencias no licenciada ISM es asignada para la investigación y desarrollo de redes inalámbricas en los campos de la industria, ciencia y medicina. Puede operar en el rango de frecuencias de 902 a 928 MHz, y de 2,4 a 2,485 GHz. Y es una banda disponible en todo el mundo

En cambio la banda de frecuencias también no licenciada UNII es asignada para el uso por parte de dispositivos de comunicación de datos de altas velocidades. Puede operar en tres bandas diferentes como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1

Estructura de los canales de la banda de frecuencia UNII

Nota: Adaptado de bandas de frecuencias para las wlan (2009). Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/630/1/T-ESPE-023965.pdf>

BANDA UNII	FRECUENCIA GHZ	USO
UNII – 1	5,15 a 5,25	Para interiores
UNII – 2	2,25 a 5,35	Para interiores y exteriores
UNII – 3	5,725 a 5,825	Para exteriores

El estándar 802.11 constituye los dos niveles más bajos del modelo OSI para las conexiones inalámbricas que utilizan ondas electromagnéticas.

- La capa física (capa "PHY") ofrece tres tipos de codificación de información: FHSS², DSSS³ e infrarrojo.
- La capa de enlace de datos compuesta por dos subcapas: control de enlace lógico (LLC) y control de acceso al medio (MAC).

² FHSS: Espectro Expandido por Salto de Frecuencia

³ DSSS: Espectro Expandido por secuencia directa

La capa física define la modulación de las ondas de radio y las características de señalización para la transmisión de datos, mientras que la capa de enlace de datos define la interfaz entre el bus del equipo y la capa física, y las reglas para la comunicación entre las estaciones de la red.

1.1.1 CAPA FÍSICA

La capa física del estándar 802.11 nos ofrece tres tipos de codificación de información que se describen a continuación.

El FHSS es una técnica de modulación en espectro ensanchado en el que la señal se emite sobre una serie de radiofrecuencias aparentemente aleatorias, saltando de frecuencia en frecuencia utilizando una secuencia pseudoaleatoria almacenada en unas tablas, y que tanto el emisor y el receptor deben conocer.

Este tipo de transmisión en espectro ensanchado ofrece 3 ventajas principales que se indican a continuación:

- Las señales son altamente resistentes al ruido y a la interferencia.
- Las señales son difíciles de interceptar.
- Las transmisiones pueden compartir una banda de frecuencia con muchos tipos de transmisiones

El DSSS es una técnica que consiste en la generación de un patrón de bits redundante, para cada uno de los bits que componen la señal de información y la posterior modulación de la señal resultante mediante una portadora de radiofrecuencia.

La codificación infrarroja es aplicada típicamente en entornos de interior para implementar enlaces punto a punto de corto alcance o redes locales en entornos muy localizados como puede ser una aula concreta o un laboratorio.

1.1.2 CAPA DE ENLACE DE DATOS

La capa de enlace de datos del estándar 802.11 está compuesta por dos subcapas: la capa de control de enlace lógico (LLC) y la capa de control de acceso al medio (MAC)

1.1.2.1 Subcapa de control de enlace lógico (LLC)

Establece y finaliza los enlaces, controla el tráfico de tramas, secuencia las tramas y confirma la recepción de las tramas.

La subcapa LLC gestiona la comunicación de enlace de datos y define el uso de los puntos de acceso AP. Otros equipos pueden hacer referencia y utilizar los AP para transferir información desde el subnivel LLC hacia los niveles superiores del modelo OSI. El nivel LLC, definido en el estándar 802.2, es el mismo para cualquier tipo de adaptador de red, y es independiente del dispositivo y del medio físico.

1.1.2.2 La subcapa de capa de control de acceso al medio (capa MAC)

Es la que se encarga de la topología lógica de la red y del método de acceso al medio físico de la red para el intercambio de datos.

En una red inalámbrica es difícil descubrir colisiones. Es por ello que se utiliza el CSMA/CA y no el CSMA/CD debido a que entre el final y el principio de una transmisión suelen provocarse colisiones en el medio. En CSMA/CA⁴, cuando una estación identifica el fin de una transmisión espera un tiempo aleatorio antes de transmitir su información, disminuyendo así la posibilidad de colisiones.

En redes inalámbricas que utilizan la misma frecuencia para transmitir y recibir, es imposible detectar la portadora ya que la tecnología utilizada es Spread-Spectrum, por lo que el mecanismo de compartición del medio se

⁴ CSMA/CA: Acceso Múltiple con Detección de Portadora y Prevención de Colisiones

modifica, ya sea por secuencia directa DSSS o por saltos de frecuencia en FHSS, tratando de limitar las colisiones y usando acuse de recibo (ACK) para indicar la recepción exitosa de una trama.

1.1.3 ESTÁNDAR 802.11a

El estándar 802.11a admite un ancho de banda superior, el rendimiento total máximo es de 54 Mbps cinco veces el del 802.11b aunque en la práctica es de 30Mbps. La velocidad de datos se reduce a 48, 36, 24, 18, 12, 9 o 6 Mbps según sea el caso.

IEEE 802.11a permite operar en 12 canales sin solapamiento, de los cuales 8 están dedicados para el uso en interiores y los 4 restantes son para enlaces exteriores, los mismos que operan en la banda de frecuencia de 5 GHz. Es por esto que los dispositivos 802.11a son incompatibles con los dispositivos 802.11b. Sin embargo, existen dispositivos que incorporan ambos chips, los 802.11a y los 802.11b, y se llaman dispositivos de "banda dual". El estándar 802.11a se basa en la tecnología llamada OFDM⁵ con 52 subportadoras.

Se utiliza IEEE 802.11a para el sistema del enlace inalámbrico ya que la empresa actualmente trabaja bajo este estándar para los enlaces existentes.

1.2 TECNOLOGÍA INALÁMBRICA AIRMAX

AirMax es una tecnología inalámbrica de banda ancha para exteriores de la marca Ubiquiti Networks, ubicada dentro del estándar 802.11a para radiocomunicaciones de largo alcance; permite trabajar en las bandas de frecuencia 2.4GHz o 5.8GHz, depende de varios factores, entre los cuales se encuentran: tipo de enlace inalámbrico (punto a punto o punto a multipunto), interferencia, distancia, línea de vista.

⁵ **OFDM:** Multiplexación por división de frecuencias ortogonales

EMAPA-I dispone de los radios, por esta razón se utiliza los radios existentes para el desarrollo del enlace, en el lado de la estación base se utiliza el radio ROCKET M5 con antena grilla de 5GHz y ganancia de 27dBi, y en el lado del cliente se utiliza el radio NanoStation 5 con antena incorporada de 16 dBi.

1.2.1 NANOSTATION 5 DE 5GHZ

El Access Point NanoStation 5 para 802.11a proporciona hasta 150 Mbps y distancias hasta 15 Km. Otras de las características se indican en la Tabla 2.

Tabla 2

Características del Radio Ubiquiti NanoStation M5

Nota: Adaptado de datasheet NS5 (2011). Recuperado de:
http://www.ubnt.com/downloads/ns5_datasheet.pdf

NANOSTATION M5 de 5GHZ

Características:

- Antena Integrada de 16 dBi.
- Modo de operación: Access Point, AP WDS, Cliente, Cliente WDS.
- Polaridad: Vertical/Horizontal.
- Ancho de canal: 5, 10, 20, 40 MHz (ajustable).
- QoS, VLAN, VPN.
- Encriptación: WEB 64 y 128 bits, WPA/WPA2, AES, TKIP.
- Alimentación: 12 Vcd, 1A. Incluye PoE.
- Temperatura: -20 a 70°C.
- Conector: SMA-Hembra inverso (Para conexión de antena externas).
- Peso: 0.4Kg, dimensiones: 80x264x30 mm.



Ubiquiti NanoStation M5 cuenta con un alcance en exteriores de más de 15 kilómetros (dependiendo de la antena de estación base), tiene una antena integrada de 16 dBi. Ubiquiti NanoStation 5 se puede montar en un poste, ventana o pared.

1.2.2 ROCKET M5 de 5GHz

UB-ROCKET M5 es un radio lineal para la tecnología MIMO 2 x 2 con rendimiento mejorado del receptor. Ofrece unas tasas de transferencia de hasta 150Mbps de tráfico TCP/IP. Este dispositivo se lo utiliza para aplicaciones de estación de base y puente al aire libre. Los 27 dBm del Rocket M5 permiten realizar conexiones superiores a los 50 Km de distancia. Otras características se indican en la Tabla 3.

Tabla 3

Radio Ubiquiti ROCKET M5

Nota: Adaptado de Datasheet ROCKET M5 (2011). Recuperado de:
http://www.ds3comunicaciones.com/ubiquiti/files/DS_UB-ROCKETM5.PDF

ROCKET M5 de 5GHz

Características:

- Procesador: Atheros MIPS 24KC, 400MHz
- Memoria: 64MB SDRAM, 8MB Flash
- Interfaz de red: 1 X 10/100 BASE-TX
- TX Power: 27dBm (Max)
- RX Sensitivity: -96dBm (Max)
- Tamaño: 16cm x 8cm x 3cm
- Peso: 0.5kg
- Máximo poder de consumo: 6.5 watts
- Operación a intemperie: -30C a 75C
- Operación sobre humedad: 5 a 95% de humedad
- Alimentación: 110-240VAC 24VDC 1A



Al ROCKET M5 se pueden integrar antenas de estación base ya que han sido diseñados perfectamente para trabajar juntos y puedan tener un mayor alcance. La instalación de ROCKET M5 no requiere herramientas especiales, se ajusta simplemente en el lugar con el montaje de las antenas.

1.3 PROTOCOLO TCP/IP

TCP/IP son las siglas de Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet. Donde el Protocolo de Control de Transmisión se encarga de dividir y unir los paquetes y el Protocolo de Internet tiene como misión hacer llegar los fragmentos de información a su destino correcto.

La designación TCP/IP generalmente se extiende al software basado en el protocolo TCP/IP. En realidad, TCP/IP es un modelo cuya aplicación de red utilizan los desarrolladores. Las aplicaciones son, por lo tanto, implementaciones del protocolo TCP/IP.

El protocolo TCP, funciona en el nivel de transporte del modelo de referencia OSI, proporcionando un transporte fiable de datos. El protocolo IP, funciona en el nivel de red del modelo OSI, que nos permite encaminar nuestros datos hacia otras máquinas.

A diferencia de OSI, formado de siete niveles, TCP/IP se descompone en cuatro niveles.

Funciones de TCP/IP de las diferentes capas son las siguientes:

- **Capa de acceso a la red.-** Especifica la forma en la que los datos deben enrutarse, sea cual sea el tipo de red utilizada.
- **Capa de Internet.-** Es la responsable de proporcionar el paquete de datos (datagrama).
- **Capa de transporte.-** Brinda los datos de enrutamiento, junto con los mecanismos que permiten conocer el estado de la transmisión.
- **Capa de aplicación.-** Incorpora aplicaciones de red estándar (Telnet, SMTP, FTP, etc.).

1.3.1 VENTAJAS

A continuación se indican las ventajas que tiene el protocolo TCP/IP

- Independencia del fabricante.
- Soporta múltiples tecnologías.
- Puede funcionar en máquinas de cualquier tamaño.
- La independencia de la tecnología usada en la conexión a bajo nivel y la arquitectura del ordenador.
- Conectividad Universal a través de la red.
- Reconocimientos de extremo a extremo.
- Protocolos estandarizados.
- Es compatible con las herramientas estándar para analizar el funcionamiento de la red.

1.3.2 DESVENTAJAS

A continuación se indican las desventajas que tiene el protocolo TCP/IP

- Es más difícil de configurar y de mantener.
- Es algo más lento en redes con un volumen de tráfico medio bajo. puede ser más rápido en redes con un volumen de tráfico grande donde haya que enrutar un gran número de tramas.
- Se utiliza tanto en redes empresariales como por ejemplo en campus universitarios o en complejos empresariales.

1.4 RADIOENLACE

El radioenlace es el que permite el intercambio de información entre dos puntos, mediante la transmisión y recepción de ondas electromagnéticas.

Para realizar un radioenlace se debe tener en cuenta cuáles son sus elementos desde el lado de Transmisión (potencia de transmisión, pérdidas en el

cable, ganancia de antena), en el de propagación (FSL, zona de Fresnel), hasta el lado de Recepción (ganancia de antena, pérdidas en el cable, sensibilidad del receptor).

1.4.1 LADO DEL TRANSMISOR

En la estación base es importante destacar los siguientes aspectos.

1.4.1.1 Potencia de transmisión

La potencia de transmisión es la potencia de salida del radio. La potencia transmisión a menudo depende de la tasa de transmisión.

La potencia de transmisión de un dispositivo dado debe ser especificada en los manuales provistos por el fabricante.

La potencia de transmisión típica en los equipos IEEE 802.11 varía entre 15 – 26dBm (30 – 400 mW).

1.4.1.2 Pérdida en el cable

Las pérdidas en la señal de radio se pueden producir en los cables que conectan el transmisor y el receptor a las antenas. Las pérdidas dependen del tipo de cable y la frecuencia de operación y normalmente se miden en dB/m.

Independientemente de lo bueno que sea el cable, siempre tendrá pérdidas. Por eso, se debe tener en cuenta que el cable de la antena debe ser lo más corto posible. La pérdida típica en los cables está entre 0,1 dB/m y 1 dB/m.

En general, mientras más grueso y más rígido sea el cable menor atenuación presentará. La Tabla 4 indica los valores típicos de pérdida en los cables.

Tabla 4

Valores típicos de pérdida en los cables de 2,4 GHz y 5,8 GHz

Nota: adaptado de radioenlace (2010). Recuperado de <http://sig.utpl.edu.ec/sigutpl/Staftpro/sig/radioenlace.PDF>

TIPO DE CABLE	ATENUACION dB/m	
	24GHz	5.8 GHz
RG174	1.20	1.85
RG316	1.10	1.70
RG58	0.83	1.40
RG58U	0.57	0.89
LMR195	0.56	0.88
LRM400	0.40	0.22

1.4.1.3 Ganancia de las Antenas

Las antenas son dispositivos pasivos que crean el efecto de amplificación debido a su forma física. Las antenas tienen las mismas características cuando reciben que cuando transmiten. Por lo tanto, una antena de 16 dBi simplemente es una antena de 16 dBi, sin especificar si esto es en el modo de transmisión o de recepción.

Según el manual de teoría de antenas; las antenas de acuerdo a su tipo tienen diferentes ganancias⁶:

“Las antenas parabólicas tienen una ganancia hasta 27dBi, las omnidireccionales en torno a los 15 dBi y las sectoriales de hasta 22dBi.”

1.4.1.4 Pérdida en los conectores

Se debe estimar por lo menos 0,25 dB de pérdida para cada conector en su cableado. Estos valores son para conectores bien hechos mientras que los conectores mal hechos pueden implicar pérdidas mayores. Se debe considerar

⁶ Manual de teoría de antenas. Recuperado de: <http://www.radiocomunicaciones.net/teoria-antenas.html>

un promedio de pérdidas de 0,3 a 0,6 dB, para ello se debe examinar las hojas de datos para conocer las pérdidas según la frecuencia y tipo de conector.

1.4.2 LADO DE PROPAGACIÓN

Las pérdidas de propagación están relacionadas con la atenuación que ocurre en la señal cuando esta sale de la antena de transmisión hasta que llega a la antena receptora.

1.4.2.1 Pérdida en el espacio libre

La mayoría de la potencia de una señal de radio se perderá en el aire, debido a que la mayoría de la energía se irradia en direcciones diferentes a las del eje del enlace.

FSL⁷ mide la pérdida de la potencia en espacio libre, es decir que el canal de RF esté libre de cualquier obstáculo que pueda afectar la propagación de las ondas. Se muestra en la Ecuación 1.

$$\text{FSL (dB)} = K + 20\log(d) + 20\log(f) \quad (1)$$

Dónde:

d = distancia (km)

f = frecuencia (GHz)

K = constante que depende de las unidades usadas para d y f;

$$k = 20\log\frac{4\pi}{c} = 20\log\frac{4*3,1416}{3*10^8} = (92,4)$$

⁷ **FSL:** Perdida en el espacio libre

⁽¹⁾ *Ecuación 1.* Cálculo de la pérdida en el espacio libre.

1.4.2.2 Zona de Fresnel

La primera zona de Fresnel es el espacio alrededor del eje que contribuye a la transferencia de potencia entre la antena transmisora y receptora.

Lo ideal es que la primera zona de Fresnel no esté obstruida, pero normalmente es suficiente despejar el 60% del radio de la primera zona de Fresnel para tener un enlace satisfactorio. Se muestra la Ecuación 2.

$$r = \sqrt{\frac{(\lambda * d_1 * d_2)}{d}} \quad (2)$$

Dónde:

d1 = distancia al obstáculo desde el transmisor [km]

d2 = distancia al obstáculo desde el receptor [km]

d = distancia entre transmisor y receptor [km]

λ = longitud de onda (mm)

r = radio [m]

La longitud de onda, es la relación entre la velocidad de la luz y la frecuencia de trabajo. Para el radioenlace, utilizamos la frecuencia de 802.11a, es decir 5.8GHz. Se muestra la Ecuación 3.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (3)$$

1.4.2.3 Margen de despeje

En el perfil del trayecto de propagación del radioenlace, un margen de despeje es la distancia entre la línea de vista y el perfil del terreno a lo largo de un tramo que permita la recepción de la primera Zona de Fresnel. Se muestra la Ecuación 4.

⁽²⁾ Ecuación 2. Cálculo de la primera Zona de Fresnel

⁽³⁾ Ecuación 3. Longitud de onda.

$$h_d = h_1 - \frac{d_1}{d}(h_1 - h_2) - \frac{d_1 * d_2}{2Ka} - H [m] \quad (4)$$

Dónde:

hd = Margen de despeje sobre el obstáculo (m).

H = Altura del obstáculo (m).

h1 = Altura del punto de transmisión (m)

h2 = Altura del punto de recepción (m)

d1 = Distancia entre el punto de Transmisión y el punto de cálculo (Km).

d2 = Distancia desde el punto de cálculo hasta el de recepción (km).

d = Distancia total del trayecto (Km).

K = Coeficiente del radio efectivo de la tierra, este valor es igual a 4/3

a = Radio de la Tierra = 6.37 (Km).

1.4.3 LADO RECEPTOR

En el lado del receptor es importante destacar los siguientes aspectos.

1.4.3.1 Sensibilidad del receptor

La sensibilidad de un receptor es un parámetro que merece especial atención ya que identifica el valor mínimo de potencia que necesita para poder decodificar/extraer “bits lógicos” y alcanzar una cierta tasa de bits.

Cuanto más baja sea la sensibilidad, mejor será la recepción del radio. Un valor típico es -82 dBm en un enlace de 11 Mbps y -94 dBm para uno de 1 Mbps.

1.4.3.2 Potencia de recepción

La potencia de recepción es un parámetro que ayuda a verificar si la potencia recibida en el lado receptor es suficiente para lograr enlazar las estaciones. Se muestra la Ecuación 5.

⁽⁴⁾ Ecuación 4. Margen de despeje.

$$Prx(\text{dBm}) = P_{tx} + G_{\text{Ant Tx}} - FSL + G_{\text{Ant Rx}} - \text{perdida cable Tx} - \text{perdida cable Rx} - \text{perdida conectores Tx} - \text{Perdida conectores Rx} \quad (5)$$

1.4.3.3 Margen y Relación SNR⁸

No es suficiente que la señal que llega al receptor sea mayor que la sensibilidad del mismo, sino que además se requiere que haya cierto margen para garantizar el funcionamiento adecuado.

La relación entre el ruido y la señal se mide por la tasa de señal a ruido. Un requerimiento típico de la SNR es 16 dB para una conexión de 11 Mbps y 4 dB para la velocidad más baja de 1 Mbps. Se muestra la Ecuación 6.

$$\text{Relación señal a ruido [dB]} = 10 * \text{Log} (\text{Potencia de la señal [W]} / \text{Potencia del ruido [W]}) \quad (6)$$

1.4.3.4 Margen umbral

Corresponde a la diferencia entre el valor de la señal recibida y la sensibilidad del receptor. Se muestra la Ecuación 7.

$$\begin{aligned} \mu (\text{dBm}) = & P_{tx} (\text{dBm}) - \text{Pérdidas en el cable tx (dB)} + G_{\text{Antena tx}} (\text{dBi}) - FSL (\text{dB}) + G_{\text{Antena rx}} (\text{dBi}) - \text{Pérdidas en el cable rx (dB)} + \\ & \text{sensibilidad rx (-dBm)} - \text{Perdidas conectores tx (dB)} - \text{Perdidas conectores rx (dB)} \end{aligned} \quad (7)$$

1.4.3.5 Potencia irradiada

PIRE⁹ es el resultado de restar pérdidas de potencia en el cable y conectores y sumar la ganancia relativa de antena a la potencia del transmisor,

⁽⁵⁾ Ecuación 5. Potencia de recepción.

⁸ SNR: Relación señal a ruido

⁽⁶⁾ Ecuación 6. Relación señal a ruido.

⁽⁷⁾ Ecuación 7. Margen Umbral

determinada por las características de la antena transmisora. Se muestra la Ecuación 8.

$$\text{PIRE (dBm)} = \text{Potencia del transmisor (dBm)} - \text{Pérdidas en el cable y conectores (dB)} + \text{ganancia de antena (dBi)} \quad (8)$$

1.4.3.6 Margen de desvanecimiento

El margen de desvanecimiento es un parámetro que depende de las condiciones a la que está sometida cada transmisión.

Tabla 5

Valores del factor de rugosidad

Nota: adaptado de radioenlace (2009). Recuperado de <http://sig.utpl.edu.ec/sigutpl/Staftpro/sig/radioenlace.PDF>

VALOR	DESCRIPCIÓN
4	Espejos de agua, ríos muy anchos, etc.
3	Sembrados densos, pastizales, arenales
2	Bosques (la propagación es por encima)
1	Terreno normal
0,25	Terreno rocoso disperejo

Tabla 6

Valores del factor climático

Nota: adaptado de radioenlace (2009). Recuperado de <http://sig.utpl.edu.ec/sigutpl/Staftpro/sig/radioenlace.PDF>

VALOR	DESCRIPCIÓN
1	Áreas marítimas
0,5	Áreas tropicales calientes y húmedas
0,25	Áreas mediterráneas de clima normal
0,125	Áreas montañosas de clima seco y fresco

⁹ PIRE: Potencia Irradiada Isotrópica Efectiva

⁽⁸⁾ Ecuación 8. Potencia irradiada.

Factores como el tipo de suelo, el tipo de clima, el entorno que lo rodea y el factor de confiabilidad tienen influencia directa en el cálculo del desvanecimiento, en la Tabla 5 se indica los valores para el factor de rugosidad y en la Tabla 6 se indican los valores para el factor climático.

A continuación se indica la Ecuación 9 que facilitará el cálculo del margen de desvanecimiento:

$$LD \text{ (dB)} = 30 \log D + 10 \log (6ABf) - 70 - 10 \log (1 - R) \quad (9)$$

Dónde:

D = Distancia (Km)

A = Factor de Rugosidad

B = Factor Climático

F = Frecuencia (GHz)

R = Confiabilidad esperada en decimal

El grado de confiabilidad se mide como el porcentaje que se encuentra disponible el enlace y se asocia también a la cantidad de tiempo que, en el término de 1 año se cae el enlace, en la Tabla 7 se observa los valores que se debe tener en cuenta al momento de diseñar un enlace según su tipo.

Tabla 7

Valores de confiabilidad de un enlace

Nota: Adaptado de MARGEN DE FADING O DESVANECIMIENTO (2012). Recuperado de:
<http://sendata.com.ar/curso/libro5.pdf>

VALORES	TIPO DE ENLACES	TIEMPO
99,900%	enlaces comerciales normales	+ 8 hs x año
99,990%	enlaces comerciales exigentes	- 1 hs x año
99,999%	enlaces críticos	5 min x año

⁽⁹⁾ Ecuación 9. Margen de desvanecimiento.

1.5 SEGURIDAD EN REDES INALÁMBRICAS

La seguridad de la red es extremadamente importante, especialmente para las aplicaciones o programas que almacenan información valiosa.

Según U.S. National Security Telecommunications and Information Systems Security Instruction (NSTISSI) la seguridad es definida como:

“Medidas y controles que se toman para negar el acceso no autorizado de personas a información derivada de las telecomunicaciones y augurar la autenticidad de tales telecomunicaciones”.

Existen nuevos riesgos de seguridad debido a la utilización del aire como medio de transmisión de datos. La propagación de las ondas de radio fuera del edificio donde está ubicada la red permite la exposición de los datos a posibles intrusos que podrían obtener información sensible a la empresa y a la seguridad informática de la misma.

1.5.1 MECANISMOS DE SEGURIDAD EN REDES INALÁMBRICAS

A continuación se describen los mecanismos de seguridad como WEP y WPA para redes inalámbricas.

1.5.1.1 WEP (Privacidad Equivalente a Cableado)

WEP fue el primer protocolo de encriptación introducido para redes Wi-Fi. Está basado en el algoritmo de encriptación RC4, con una clave secreta de 40 o 104 bits, combinada con un Vector de Inicialización (IV) de 24 bits para encriptar los datos antes de enviarlos al aire.

Si la clave es más larga, su cifrado será mejor. Los dispositivos que vayan a recibir la información deberán conocer dicha clave para descifrar los datos.

WEP proporciona un nivel de seguridad aceptable sólo para usuarios domésticos y aplicaciones no críticas.

Esta clave puede ser de tres tipos:

- **Clave WEP de 64 bits.**- De 5 Caracteres o 10 dígitos hexadecimales ("0 a 9" "A a F", precedidos por la cadena "0x").
- **Clave WEP de 128 bits.**- De 13 Caracteres o 26 dígitos hexadecimales ("0 a 9" "A a F", precedidos por la cadena "0x").
- **Clave WEP de 256 bits.**- De 29 Caracteres o 58 dígitos hexadecimales ("0 a 9" "A a F", precedidos por la cadena "0x").

1.5.1.2 WPA (Acceso Protegido Wi-Fi)

En WPA las claves son generadas dinámicamente y automáticamente distribuidas, lo que evita modificarlas manualmente como ocurría en WEP. Esta mejora en WPA se la realiza mediante un protocolo de integridad temporal de claves (TKIP), que cambia la clave a medida que se utiliza esa conexión

TKIP inicialmente se lo denominó WEP 2 porque corrige la reutilización de la clave WEP para cifrar los datos, La gran diferencia de TKIP con WEP, es que; TKIP cambia la clave temporalmente con cada paquete o cuando se presenta un proceso de autenticación o itinerancia.

Una encriptación WPA puede ser de dos tipos:

1. Basada en servidores normalmente en servidores Radius en la que es el servidor de autenticación el encargado de distribuir claves diferentes entre los usuarios.
2. Encriptación WPA-PSK, donde se utiliza el algoritmo RC4, pero con una clave de 128 bits y un vector de inicialización de 48 bits; esta clave sólo se

utiliza como punto de inicio para la autenticación, pero no para el cifrado de los datos.

1.6 MEDIDOR DE NIVEL POR ULTRASONIDOS

El medidor de nivel por ultrasonidos es un dispositivo usado para medir magnitudes físicas tales como temperatura, presión, velocidad, nivel de líquidos.

Los medidores de nivel por ultrasonidos sondar 600b proveen una salida analógica cuyo valor representa la variable física que es medida. Las señales analógicas provenientes de los medidores de nivel por ultrasonidos sondar 600b son susceptibles a ruidos, por lo que no pueden transmitir su señal a distancias remotas a un controlador o PLC.

El transductor que viene incorporado en estos medidores de nivel por ultrasonidos sondar 600b amplifica y acondiciona la salida del sensor a un nivel de corriente directa en un rango de 4-20 mA que circula en serie a través de un lazo cerrado.

La salida del medidor de nivel por ultrasonidos sondar 600b es de corriente y es proporcional a la variable física. Los 4 mA representa el nivel de salida cero del medidor de nivel por ultrasonidos o un extremo de la variable física y 20 mA representa la salida de plena escala del medidor de nivel por ultrasonidos o el extremo opuesto.

1.6.1 MEDIDOR DE NIVEL POR ULTRASONIDOS SONDAR 600B

Es un sensor ultrasónico que se lo puede utilizar para estaciones de bombeo, clarificadores, niveles de filtración, monitoreo de nivel del río, bastidor de basura, nivel de supervisión, residuos de sumidero y tanques de almacenamiento de agua. Algunas de las características de este sensor se indican en la Tabla 8.

Tabla 8

Características del medidor de nivel Sondar 600B

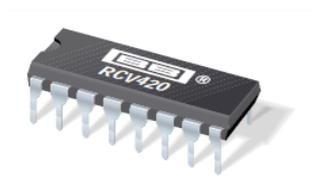
Nota: Adaptado de Ultrasonic Level Meter. SLM-600 Plus Series(2010). Recuperado de: <http://www.instrumart.com/assets/SLM600V2-manual.pdf>

SONDAR 600B**Características:**

- Alta precisión
- No tiene piezas móviles
- Diseño compacto y ligero
- Resistente a la corrosión
- Construido en compensación de temperatura
- Salida 4-20mA
- Selección de nivel de potencia del transductor
- Muestra el nivel o distancia
- Rango de temperatura de -4 a 140 °F
- Puede medir distancias desde 0,35 m a 6 m desde la superficie del transductor a la superficie que se controlan, depende del material que se está midiendo.

**1.7 CONVERSOR/RECEPTOR 4-20 RCV420JP**

El RCV420JP que se observa en la Figura 1, es un conversor/receptor de corriente-voltaje; que permite recibir una señal de 4-20 mA, convirtiéndola en una señal de 0-5V. Está diseñado para operar en un rango de temperaturas de 0°C a 70°C y presenta alta inmunidad al ruido (86dB).

*Figura 1: Conversor/receptor 4-20 RCV420JP*

Nota: Adaptado de datasheet Precision 4mA to 20mA Current Loop Receiver (2010). Recuperado de <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/rcv420.pdf>

El RCV420 es completamente autónomo y ofrece una muy versátil función. No es necesario realizar ajustes de ganancia offset o CMR. Otras características se pueden observar en el ANEXO A.

1.7.1 VENTAJAS

A continuación se presentan las ventajas de utilizar el circuito integrado en el diseño del dispositivo, en lugar de utilizar amplificadores operacionales.

1. Permite una mayor sencillez en el diseño.
2. Su ganancia y su respuesta en frecuencia, son controladas con precisión, ya que está diseñado con amplificadores operacionales y resistencias.
3. Permite evitar comportamientos no lineales (ruidos, distorsiones) ante variaciones considerables de temperatura, de frecuencia o incluso variaciones de otros amplificadores.
4. El tamaño del integrado permite tener más espacio en el diseño, para otros componentes del sistema.
5. Presentan alta fiabilidad, evitando así un tedioso proceso de pruebas iniciales y mediciones con el fin de determinar las características finales del circuito.

1.8 MICROCONTROLADORES

Un microcontrolador es un circuito integrado, con unas prestaciones limitadas que no pueden modificarse ; incorpora en su interior los bloques básicos para formar un sistema embebido o una PC en menor escala, es decir el microcontrolador es un chip en cuyo interior encontramos una CPU, Memoria, Reloj, Puertos de Comunicación y Módulos Periféricos de E/S. Cada uno de estos bloques internos, cumple una función específica y permite al diseñador un mejor control de los procesos del sistema.

1.8.1 MICROCONTROLADOR PIC

Los PIC fabricados por Microchip Technology Inc. Disponen de un set de 35 instrucciones, por eso se llaman de tipo RISC¹⁰.

Esta familia de microcontroladores se divide en tres rangos según la capacidad de los microcontroladores. El más bajo lo compone la familia 16C5X. El rango medio lo componen las familias 16C6X/ 7X/ 8X, algunos con convertidores A/D, comparadores, interrupciones, etc. La familia de rango superior lo componen los 17CXX.

1.8.1.1 PIC 16F887

El PIC16F887 es un producto conocido de la compañía Microchip. Tiene todos los componentes disponibles en la mayoría de los microcontroladores modernos, es decir: un rango amplio de aplicaciones, alta calidad y disponibilidad.

Tabla 9

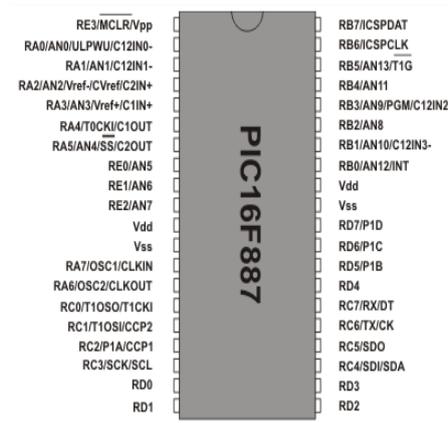
Características del PIC 16F887

Nota: adaptado de datasheet pic 16f887 (2010). Recuperado de <http://www.microchip.com/wwwproducts/devices.aspx?dDocName=en026561>

PIC 16F887

Características:

- Arquitectura RISC
- Frecuencia de operación 0-20 MHz
- Voltaje de alimentación de 2.0V a 5.5V
- Memoria ROM de 8K con tecnología FLASH
- Se puede re-programar hasta 100.000 veces
- Convertidor A/D
- Módulo PWM incorporado
- Módulo USART mejorado



Se lo utiliza para controlar diferentes procesos en la industria, en dispositivos de control de máquinas, para medir variables de procesos etc. Otras de sus características se enumeran en la Tabla 9.

¹⁰ **RISC:** Computador con Set de Instrucciones Reducido

1.8.2 MICROCONTROLADOR ATMEL

Los Microcontroladores Atmel tienen una alta eficiencia, y son ideales para aplicaciones avanzadas de la actualidad. Atmel ha demostrado arquitecturas que están optimizadas para bajo consumo de energía, conectividad de alta velocidad y ancho de banda óptimo.

Presentan variedad de opciones de configuración que permite diseñar soluciones completas para todo tipo de aplicaciones; es decir Atmel ofrece una solución completa que se adapta a las necesidades, presentes y futuras.

1.8.2.1 Atmega 324P

El Atmega 324P es un microcontrolador CMOS¹¹ de 8 bits de bajo consumo basado en la arquitectura RISC, que posee en su interior a un procesador, memoria de programa, memoria de datos y puertos para comunicarse con el exterior.

Sus instrucciones se ejecutan en un ciclo de máquina, el Atmega 324P consigue transferencia de información alrededor de 1 MIPS¹² por MHz admitido por el sistema, permitiendo así optimizar el consumo de energía versus la velocidad de procesamiento.

También posee otros bloques de apoyo que flexibilizan aún más su uso, tales como: módulos para el control de periféricos: temporizadores, puertos serie y paralelo, CAD: Conversores Analógico/Digital, CDA: Conversores Digital/Analógico, generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema y sistemas de protección de sobre-corriente o cortocircuito. Otras de las características se indican en la Tabla 10.

¹¹ **CMOS:** semiconductor complementario de óxido metálico

¹² **MIPS:** Millones de instrucciones por segundo

Tabla 10

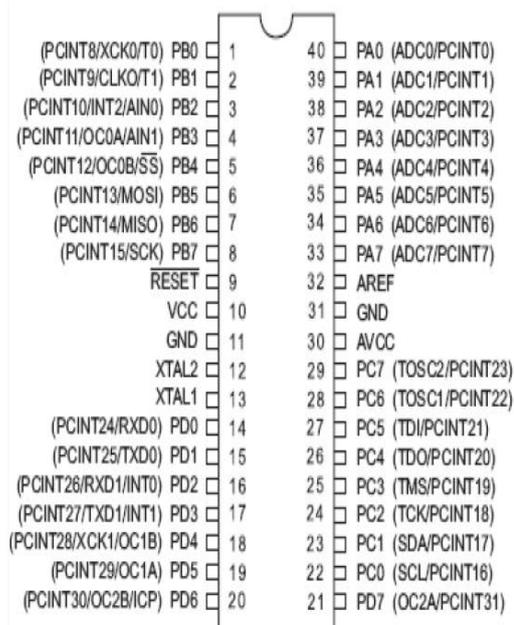
Características del microcontrolador ATmega164P/324P/644P

Nota: Adaptado de datasheet ATmega164P/324P/644P. Recuperado de:
http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc8011.pdf

ATMEGA 324P

Características:

- Microcontrolador AVR de 8 bits de alto rendimiento y bajo consumo.
- Capacidad de procesamiento de unos 20 MIPS a 20 MHz.
- Memorias de programa y de datos no volátiles de alta duración
- Dos puertos Seriales USART programables
- Encapsulados para Entradas/Salidas (E/S); 32 líneas de E/S programables.
- Voltajes de Operación 2.7 – 5.5V para el ATMEGA 164P/324P/644PV



1.8.3 COMPARACIÓN ENTRE PIC Y AVR

En este punto se realiza una comparación de las características los microcontroladores PIC y AVR con la finalidad de optar por uno de ellos para el desarrollo del sistema.

Después de analizar las características de los microcontroladores PIC y AVR se ha optado por el microcontrolador Atmega 324P para el desarrollo del módulo de adquisición debido a los beneficios que este presenta en relación al PIC como se indica en la Tabla 11.

Tabla 11

Tabla comparativa entre los microcontroladores AVR/PIC

Nota: Elaborado a partir de las características presentadas por los dos microcontroladores.

Microcontrolador	AVR	PIC
Características		
Arquitectura	RISC	RISC
Periféricos	Puertos Digitales, ADC, PWM	Puertos Digitales, ADC, PWM
Lenguaje de programación	C, C++, Basic	Ensamblador
IDE para la escritura de programas	AVRstudio (C, C++ y Ensamblador), BASCOM (compilador de Basic) y CODEVISION (C)	MPLAB, PICSIMULATOR, PICBASIC
Hardware externo para realizar la grabación	Dispone de un periférico específico para la programación de su memoria (puerto ISP)	Lo realiza por un puerto serial a alto voltaje, lo que es necesario utilizar otros circuitos para realizar la conversión de niveles
Sincronización	interna y externa	externa
Bajo consumo de energía	Si	No
Interferencia	No	Si
Costo por unidad en gama media	bajo	alto

1.9 CONVERTOR SERIAL RS232 A ETHERNET

Los conversores de comunicación serial RS232 a Ethernet, son dispositivos electrónicos que convierten los datos provenientes de cualquier equipo electrónico que posea puerto serie en paquetes de datos Ethernet TCP/IP; estos

convertidores serie, proporcionan puerto RS-232 y disponen de un software para PC para realizar el control y monitorización de los datos que envía el dispositivo.

Una ventaja de convertidores serie a TCP/IP es que la información no es alterada debido a que los datos que circulan desde un puerto serie hacia un punto Ethernet, se hace en forma transparente, lo que hace los convertidores es colocar un encapsulado TCP/IP que permite transportarlos por las redes Ethernet TCP/IP o Internet.

1.9.1 CONVERTOR Net2Serial DE RS232 / RS485 A ETHERNET

Net2Serial es un convertidor ideal para manejar dispositivos con comunicación serie RS-232 y RS-485 de forma remota utilizando redes Ethernet. El equipo convierte en forma transparente los datos que ingresan a su puerto serie en paquetes IP, y lo mismo de forma inversa, algunas de las características generales se indican en la Tabla 12.

Tabla 12

Características del CONVERTOR Net2Serial DE RS232 / RS485 A ETHERNET

Nota: Adaptado de Net2Serial-Convertidor Serie RS-232 / RS-485 a Ethernet (2010). Recuperado de: <http://www.etherpower.com.ar/index.php?view=article&catid=40:convertidores-serial-ethernet&id=64:net2serial>

CONVERTOR Net2Serial DE RS232 / RS485 A ETHERNET

Características:

- Modo de comunicación Ethernet punto a punto, multipunto, puerto COM (para RS485/RS232)
- Velocidad de transmisión Ethernet de 10 a 100 Mbps
- Puerto Ethernet: 10-BaseT
- Puerto serial: DB9 Macho
- Software adecuado para la supervisión y control
- Fácil de usar el software de configuración.
- Soporte de TCP, UDP



Es transparente al protocolo que utiliza el equipo serie, y puede trabajar como cliente o servidor. Es decir, puede permitir una conexión TCP/IP al recibir datos por su puerto serie, o bien quedar a la escucha en un puerto TCP/IP.

1.9.2 CONVERSION SERIAL RS232 A ETHERNET WIZ110SR

WIZ110SR es un módulo Gateway basado en el chip W5100 que convierte el protocolo RS-232 al protocolo TCP/IP, en otras palabras permite dar conectividad Ethernet a aquellos equipos que solo tienen conectividad RS232. Algunas de las características se indican en la Tabla 13.

Tabla 13

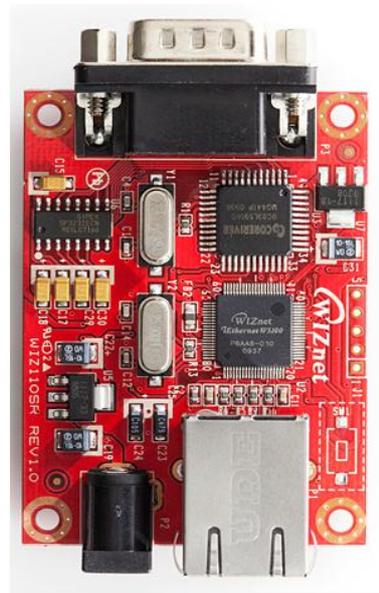
Características del conversor WIZ110SR

Nota. Adaptado de WIZ110SR User's Manual (2010). Recuperado de:
http://www.olimex.cl/pdf/WizNet/WIZ110SR_User_Manual_V2.0.pdf

CONVERSION SERIAL RS232 A ETHERNET WIZ110SR

Características:

- Conexión directa a los dispositivos seriales
- Provee de personalización de Firmware
 - Capacidad de memorias: 62K Flash, 16K SRAM, 2K EEPROM
- Sistema de estabilidad y confiabilidad mediante el uso del chip W5100 Herramienta de configuración del programa
- Interfaz Ethernet 10/100 y un máximo de 230 Kbps Interfaz de serie
- 5VDC de entrada de tensión
- Soporta TCP, UDP, IP, ARP, ICMP, MAC, DHCP, PPPoE, DNS



1.9.3 CONVERTIDOR HXSP-2108E-A DE RS-232 A ETHERNET TCP/IP

HXSP-2108E para TCP / IP presenta una conmutación bidireccional y transmisión de puerto serie a Ethernet TCP / IP, algunas de las características se indican en la Tabla 13.

El convertidor utiliza el protocolo de comunicación transparente, de modo que el usuario no necesita entender la complejidad Ethernet TCP / IP, no es necesario modificar el programa de serie, es de configuración fácil y flexible. En la Tabla 14 se puede observar sus características.

Tabla 14

Características del convertidor de RS-232 a Ethernet TCP/IP HXSP-2108E-A

Nota: Adaptado de HXSP-2108E Serial to TCP/IP Serial Device Server (2010). Recuperado de: http://www.hexin-technology.com/shared/manual/HXSP-2108E_Serial_Device_Server_UserManual.pdf

CONVERTIDOR DE RS-232 A ETHERNET TCP/IP HXSP-2108E-A

Características:

- Autodetección de la interfaz Ethernet 10/100Mbps
- Conector: RJ-45, RS-232
- Alcance de transmisión del puerto serial: RS-232 hasta 15M
- Soporta TCP, UDP, ARQ, ICMP
- Velocidad del puerto Ethernet: 10/100Mbps
- Método de trabajo del puerto Ethernet: Full-dúplex o Half - Dúplex
- Fuente de alimentación externa 9VDC, fuente de alimentación de apoyo 7 a 56 VDC
- Estándar del puerto serial: De acuerdo con EIA RS-232
- Estándar del puerto Ethernet: De acuerdo con el estándar 10Base-T/100



1.9.4 COMPARACIÓN ENTRE CONVERSORES RS232-ETHERNET

En la Tabla 15 se realiza una comparación entre los conversores de RS232 a Ethernet, con la finalidad de escoger el más idóneo para el diseño del dispositivo propuesto.

Para el desarrollo del proyecto se utiliza el conversor serial RS232 a Ethernet el WIZ110SR ya que este módulo tiene un alto rendimiento y también porque tiene incorporado el chip W5100 que convierte el protocolo RS-232 al protocolo TCP/IP, lo que hace que la comunicación Rs232 sea eficiente a través de redes Ethernet; y es fácil de configurarlo según las necesidades del sistema y su entrada de tensión es de 5VDC que es a la que va a trabajar todo nuestro sistema electrónico.

Tabla 15

Tabla comparativa entre conversores RS232/Ethernet

Nota: Realizada a partir de las características que presenta cada conversor en las Tablas 12, 13 y 14

	Net2Serial	WIZ110SR	HXSP-2108E-A
Método de trabajo del puerto	Half dúplex	Full duplex o half duplex	Full duplex
Velocidad de Tx	10/100Mbps	10/100Mbps	10/100Mbps
Modo de operación	Cliente o Servidor	Cliente, Servidor, Mixto	Servidor
Compatibilidad	IEEE 802.3	IEEE 802.11	IEEE 802.11
Protocolos soportados	TCP, UDP, ARQ, ICMP	TCP, UDP, IP, ARQ, ICMP, MAC, DHCP, PPPoE, DNS	TCP, UDP, ARQ, ICMP
Alimentación	7VDC	5VDC	9VDC
Configuración	Por telnet	Tiene propio programa de configuración y por telnet	Propio programa de configuración
Interfaces	RS232,RS485, 10BASET RJ45	RS232,RS485, RS42210BASET RJ45	RS232,RS485, RS422

1.10 PANTALLA LCD

La pantalla de cristal líquido LCD es una pantalla plana, basada en el uso de una sustancia líquida contenida entre 2 placas de vidrio, que al aplicar una

corriente eléctrica a una zona específica permite la visualización de imágenes o caracteres dependiendo de la aplicación para la cual ha sido adquirida.

Las pantallas LCD se las utiliza en muchas aplicaciones microcontroladas que requieren mostrar datos de diversas formas. Estos módulos son la solución ideal para sistemas de mediciones múltiples y simultáneas, ya que utilizan cantidades muy pequeñas de energía eléctrica.

1.10.1 LCD-240H128T

LCD-240H128T está basada en el controlador RA8806 que soporta tanto caracteres y modo de visualización gráfico. RA8806 incluye funciones como: el desplazamiento, el tipo de fuente inversa, tipo de letra negrita, la fuente y la función de borrado de la memoria, otras características se indican en la Tabla 16.

Tabla 16

Características de la pantalla LCD-240H128T

Nota: Adaptado de datasheet LCD-240H128T (2010). Recuperado de: <http://www.vishay.com/docs/37401/lcd240h128t.pdf>

LCD-240H128T

Características:

- Tipo: Gráfico
- Formato de pantalla: 240 x 128 puntos
- Capacidad de control: RA8806
- Ciclo de trabajo: 1 / 128
- Alimentación + 5 V
- Cumple con la Directiva RoHS



1.10.2 LCD-240H128A

El módulo LCD está construido en un controlador T6963C, que tiene un bus de 8 bits de datos en paralelo y líneas de control para escribir o leer a través de una interfaz del microcontrolador, otras características se indican en la Tabla 17.

Las pantallas LCD de Toshiba T6963C permiten realizar funciones básicas como: dibujar líneas, rectángulos, barras e iconos, programación no muy compleja, y también es compatible con los microcontroladores AVR de Atmel.

Tabla 17

Características de la pantalla LCD-240H128A

Nota: Adaptado de datasheet AN-029-Toshiba (2010). Recuperado de:
http://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/Monochrome/AN-029-Toshiba_T6963C.pdf

LCD-240H128A

Características:

- Matriz de 240 x 128
- Capacidad de control T6963C
- Interfaz de 8 bits
- Fuente de alimentación 5V
- Ciclo de trabajo 1/128.
- Variaciones del modo y del contraluz de exhibición.
- Cumple con la Directiva ROHS
- Temperatura de funcionamiento -20 ° C ~ 70 ° C



1.10.3 COMPARACIÓN DE PANTALLAS LCD

En la Tabla 18 se realiza una comparación entre las pantallas lcd con la finalidad de determinar la más apta para el diseño del dispositivo.

Tabla 18

Tabla comparativa entre LCD

Nota: Realizado en base a las características que presenta cada pantalla en las Tablas 16 y 17

LCD	LCD-240H128T	LCD-240H128A
Características		
Formato de pantalla	240x128 puntos	240x128 puntos
Alimentación	5V	5V
Controlador	RA8806	T6963C de Toshiba
Compatibilidad	PIC	AVR
Directiva ROHS	SI	SI

Al hacer la comparación entre las características las dos pantallas LCD de 240x128 se ha llegado a la conclusión que para el desarrollo del sistema de monitoreo se utilizará la pantalla LCD-240H128A, ya que está basada en el controlador T6963C de Toshiba que debido a su bajo consumo de energía y contorno pequeño es el más adecuado para utilizarlo en dispositivos de medición ya que se puede mostrar gráficos y también porque es el más accesible en el mercado.

1.11 INTERFAZ GRÁFICA

Una interfaz gráfica es la que permite monitorear y controlar las diferentes variables de un proceso el mismo que puede utilizar distintos periféricos, programas y sistemas de comunicación; los cuales permitan al operador tener el completo acceso al proceso mediante la visualización de la aplicación en una pantalla de computador.

Existen varios lenguajes de programación que mediante la comunicación con una red Ethernet, no solo permiten al operador visualizar en la interfaz gráfica datos en tiempo real, sino además facilita el acceso al historial de alarmas y variables, eventos o registros en una plantilla de Excel o documento Word, para un posterior análisis de los datos obtenidos y facilitar la toma de decisiones en el desempeño de un sistema.

1.11.1 VISUAL BASIC

Visual Basic desarrollado por Alan Cooper para Microsoft. Visual Basic es un lenguaje de programación de los llamados "visuales", puesto que parte de la programación que se realiza con él se basa en la utilización de elementos visuales. La palabra "Visual" hace referencia al método que se utiliza para crear la interfaz gráfica de usuario. En lugar de escribir numerosas líneas de código para describir la apariencia y la ubicación de los elementos de la interfaz, simplemente se puede agregar objetos prefabricados en su lugar dentro de la pantalla, que ahorran mucho tiempo de programación.

1.11.1.1 Ventajas

A continuación se presentan las ventajas que tiene el lenguaje de programación Visual Basic

- Visual Basic es un lenguaje simple y por tanto fácil de aprender.
- Su mayor facilidad radica en el dibujado de formularios, mediante el arrastre de controles.
- La sintaxis está cercana al lenguaje humano.
- Tiene una ligera implementación de Programación Orientada a Objetos.
- Permite generar librerías dinámicas (DLL).
- La facilidad del lenguaje permite crear aplicaciones para Windows en muy poco tiempo. En otras palabras, permite un desarrollo eficaz y menor inversión en tiempo que con otros lenguajes.

1.11.1.2 Desventajas

A continuación se presentan las desventajas o inconvenientes que tiene el lenguaje de programación Visual Basic

- Sólo existe un compilador & IDE, llamado igual que el lenguaje.
- Sólo genera ejecutables para Windows.
- La sintaxis es bastante inflexible.
- Los ejecutables generados son relativamente lentos.
- NO es adecuado para aplicaciones grandes, multimedia, de oficina, videojuegos y editores gráficos.
- NO permite características de programación avanzada.
- Algunas funcionalidades están indocumentadas.
- No avisa de ciertos errores o advertencias, como la conversión de tipos inadecuada.
- No existe forma alguna de exportar el código a otras plataformas fuera de Windows.

1.11.2 INTOUCH

InTouch es un paquete utilizado para crear aplicaciones de interface hombre-máquina bajo entorno de una PC, permite crear rápidamente aplicaciones estandarizadas, visualización reutilizables para luego desplegarlas en toda la empresa. InTouch utiliza como sistema operativo el entorno WINDOWS. InTouch permite visualizar (sin alterar) datos del área de producción en tiempo real desde una PC de escritorio ubicada en cualquier lugar de la red.

1.11.2.1 Ventajas

A continuación se indican las ventajas que presenta INTOUCH.

- Ofrece una interfaz gráfica y práctica, en especial para los ingenieros, dado que los conceptos que utiliza son los mismos aplicados en cualquier carrera de ingeniería, solo se necesita saber conocimientos básicos de programación, y el manejo del software es intuitivo.
- InTouch permite realizar presentaciones muy entendibles, y las interfaces finales son de muy fácil manejo no solo para el diseñador, sino para cualquier extraño que quiera manipular el sistema
- InTouch se puede acoplar a módulos SQL (que facilita mucho el paso de información a bases de datos), o instrucciones de fichero; para ayudar a los usuarios a satisfacer una variedad de requisitos de presentación de informes.
- Rapidez en el desarrollo de aplicaciones, tiene la posibilidad de sustituir variables animadas, textos.
- Facilidad para comunicar equipos en LAN.
- Migración de aplicaciones a las versiones más recientes para proteger su inversión en la ingeniería de aplicación HMI¹³.

¹³ HMI: Interfaz Hombre-Máquina

1.11.2.2 Desventaja

Intouch presenta la siguiente desventaja

- En el editor gráfico no tiene la posibilidad de colocar un objeto en una determinada coordenada de la pantalla.

1.11.3 LabVIEW

LabVIEW (Laboratorio virtual de instrumentos de ingeniería Workbench) es un extenso entorno de desarrollo gráfico para el diseño de sistemas de instrumentación, control, monitorización, análisis y presentación de datos a través de tarjetas de adquisición de datos, puertos serie y GPIBs (Buses de Intercambio de Propósito General); así permitiendo resolver problemas, acelerando la productividad de un proceso y dando seguridad para innovar continuamente los sistemas.

LabVIEW posee extensas librerías de funciones, subrutinas y librerías específicas para la adquisición de datos y comunicación serie, permite guardar los datos para un análisis y posterior muestreo.

Según el Tutorial de LabVIEW denomina a los programas desarrollados mediante LabVIEW como:

Instrumentos Virtuales (VIs), porque su apariencia y funcionamiento imitan los de un instrumento real. Sin embargo son análogos a las funciones creadas con los lenguajes de programación convencionales y se caracterizan por: tener una interfaz con el usuario, tener entradas con su color de identificación de dato, tener una o varias salidas y por ser reutilizables.

En los VI's de LabVIEW existen dos paneles, el panel frontal y el panel de programación o diagrama de bloques; en el panel frontal se diseña la interfaz con el usuario y se ubican los controles e indicadores y en el panel de programación

se relacionan los elementos utilizados en la interfaz mediante operaciones que determinan en sí cómo funciona el programa o el sistema, exactamente es la parte donde se realizan las especificaciones funcionales.

1.11.3.1 Ventajas

Las ventajas que proporciona el empleo de LabVIEW se resumen en las siguientes:

- Se reduce el tiempo de desarrollo de las aplicaciones al menos de 4 a 10 veces, ya que es muy intuitivo y fácil de aprender.
- Dota de gran flexibilidad al sistema, permitiendo cambios y actualizaciones tanto del hardware como del software.
- Da la posibilidad a los usuarios de crear soluciones completas y complejas.
- Con un único sistema de desarrollo se integran las funciones de adquisición, análisis y presentación de datos.
- El sistema está dotado de un compilador gráfico para lograr la máxima velocidad de ejecución posible.
- Tiene la posibilidad de incorporar aplicaciones escritas en otros lenguajes.
- Permite una fácil integración con hardware, específicamente con tarjetas de medición, adquisición y procesamiento de datos (incluyendo adquisición de imágenes).
- Opciones de comunicación múltiple (TCP/IP, UDP, SERIAL)

1.11.4 COMPARACIÓN DE LOS LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN PARA LA INTERFAZ

Al hacer una comparación de los tres lenguajes de programación para realizar la interfaz gráfica, como se indica en la Tabla 19, se ha determinado que

LabVIEW será utilizada para el desarrollo de la interfaz gráfica para el monitoreo del nivel del agua de los tanques de EMAPA-I, cabe indicar que esta también fue sugerida por parte de la entidad.

Tabla 19

Tabla comparativa de interfaz gráfica

Nota: Realizado en base a las características y ventajas que presenta cada interfaz

INTERFAZ	VISUAL BASIC	INTOUCH	LABVIEW
CARACTERÍSTICAS			
Lenguaje de programación	Por líneas de texto	Por líneas de texto	Gráficamente
Alta experiencia de programación	si	si	no
Permite aplicaciones de medición, control y automatización	no	si	si
Compilador grafico para la ejecución	no	si	si
Incorpora otra aplicaciones de otros lenguaje	no	no	si
Permite integración con hardware	no	si	si
Comunicación tcp/ip, udp, serial	no	Tcp/ip	si
Utilizado tanto en Windows y Linux	no	no	si
Tiene librerías para la adquisición de datos	no	no	si
Tiempo de desarrollo de una aplicación	alto	medio	bajo

1.12 BASE DE DATOS

La base de datos es un conjunto de información relacionada que está almacenada de forma organizada con la menor redundancia posible para su

posterior uso. Una base de datos puede ser local, es decir que puede utilizarla sólo un usuario en un equipo, o puede ser distribuida, es decir que la información se almacena en equipos remotos y se puede acceder a ella a través de una red.

1.12.1 TIPOS DE BASE DE DATOS

Las bases de datos pueden clasificarse de acuerdo al contexto que se esté tratando, la utilidad de las mismas o según las necesidades presentadas.

1.12.1.1 Bases de datos estáticas

Son bases de datos de sólo lectura, utilizadas para el almacenamiento de datos históricos que posteriormente se pueden utilizar para tomar decisiones y realizar análisis de datos para inteligencia empresarial.

1.12.1.2 Bases de datos dinámicas

Son donde la información que está almacenada se modifica con el tiempo, permitiendo operaciones como actualización, borrado y adición de datos, además operaciones fundamentales de consulta.

1.12.1.3 Base de datos bibliográfica

No son presentadas en su totalidad; estas contienen información acerca del autor de una producción bibliográfica, el título, fecha de publicación, edición y una sinopsis de la publicación.

1.12.1.4 Bases de datos de texto completo

Contienen su respectivo texto es decir la totalidad de información de una determinada fuente de carácter primario, incluyendo todas sus ediciones, además, incluir un resumen o descripción con el propósito de acelerar la búsqueda.

1.12.2 MICROSOFT ACCESS

Access es una aplicación de bases de datos relacional, que cuenta con una interfaz de usuario amigable que facilita su uso sin requerir un conocimiento especializado de programación. Una posibilidad adicional es la de crear ficheros con bases de datos que pueden ser consultados por otros programas.

1.12.2.1 Ventajas

Entre las ventajas que presenta son las que se indican a continuación.

- Permite a cualquier usuario realizar un seguimiento de la información y crear informes para tomar decisiones mejor fundadas.
- Tiene soluciones prediseñadas para formularios e informes para mayor comodidad, permitiendo personalizarlos para adaptarlos a cualquier necesidad.
- Crea tablas rápidamente sin preocuparse de la complejidad de las bases de datos. Gracias a la detección automática del tipo de datos.
- Admite el ingreso de información procedente de diversos orígenes, es decir puede vincular a una base de datos tablas de otras bases de datos de Access, hojas de cálculo de Excel, bases de datos de Microsoft SQL Server y otros orígenes de datos.

1.12.2.2 Desventajas

Las desventajas que presenta son las que se indican a continuación.

- Entre sus mayores inconvenientes figuran que no es multiplataforma, pues sólo está disponible para sistemas operativos de Microsoft.
- Su uso es inadecuado para grandes proyectos de software que requieren tiempos de respuesta críticos

Para el desarrollo de sistema de monitoreo se realiza una pequeña base de datos de tipo estática en Microsoft Access, la misma que permita el almacenamiento de históricos referentes al volumen de agua que tiene cada uno de los tanques; los datos almacenados podrán ser analizados según la conveniencia que tenga su estudios.

Se utiliza Access debido a que se necesita almacenar datos relacionados; es decir se necesita almacenar diferentes datos del nivel que corresponde a cada tanque y también porque tiene compatibilidad con base de datos externas de gran tamaño.

CAPÍTULO II

REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

En el presente capítulo se realiza la delineación general del sistema, análisis de sus requisitos y una aproximación en bloques para la concepción de sus subsistemas en base a las características de los medidores de nivel, período de muestreo de las variables, cantidad de nodos, distancia entre puntos de red y seguridad requeridas para el sistema.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El sistema instalado por la compañía de Ingeniería y Suministros Hidráulicos ISHI S.A en la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado en la ciudad de Ibarra provincia de Imbabura, consistía en un sistema de telemetría del volumen y caudal que presentan los tanques de almacenamiento de agua de EMAPA-I en tiempo real. Este proyecto consistió en la implementación de sistemas de monitoreo inalámbrico de nivel de agua en cada tanque, utilizando transmisión de datos vía GPRS con protocolo de comunicación IP, mediante contrato con la operadora de telefonía celular CLARO.

Si bien el mencionado sistema funcionó a la perfección, tuvo costos altos de implementación, mantenimiento y operación, ya que se pagaba una mensualidad por la transmisión de los datos. Estas condiciones obligaron a que la gerencia técnica y administrativa de EMAPA-I, suspendan su funcionamiento.

Actualmente el sistema de almacenamiento de agua en la ciudad de Ibarra se lo realiza en tanques ubicados alrededor de la ciudad como en: Pugacho y Florida, El Ejido de Caranqui 1, General Pintag, El Retorno Alto, El Retorno Bajo, Bellavista de Caranqui Alto y Bajo, San Juan, Santa Rosa 1 y 2, El Tejar, Rumipamba, La Remonta, la Esperanza 1, 2 y 3, La Pradera, San Cristóbal, Guayaquil Alto, El Chamanal, 19 de Enero, Aloburo, Yahuarcocha, La Portada y Lomas de Azaya.

Las medidas de volumen son tomadas manualmente cada hora por varios operarios los mismos que deben dirigirse a ver en la regleta ubicada en cada tanque qué medida está (ver Figura 2), y compararle con el valor indicado en los display BTC800 ubicados en el tablero (ver Figura 3), llevándose así un registro no digital, existiendo poco control y precisión en los mismos, estos datos son entregados en las oficinas centrales y transcritos a un computador cada fin de mes; al momento de la transcripción al computador se comenten errores en el ingreso de los datos, los cuales se van acumulando por lo que no existe un seguimiento ni análisis diario de la demanda y control.

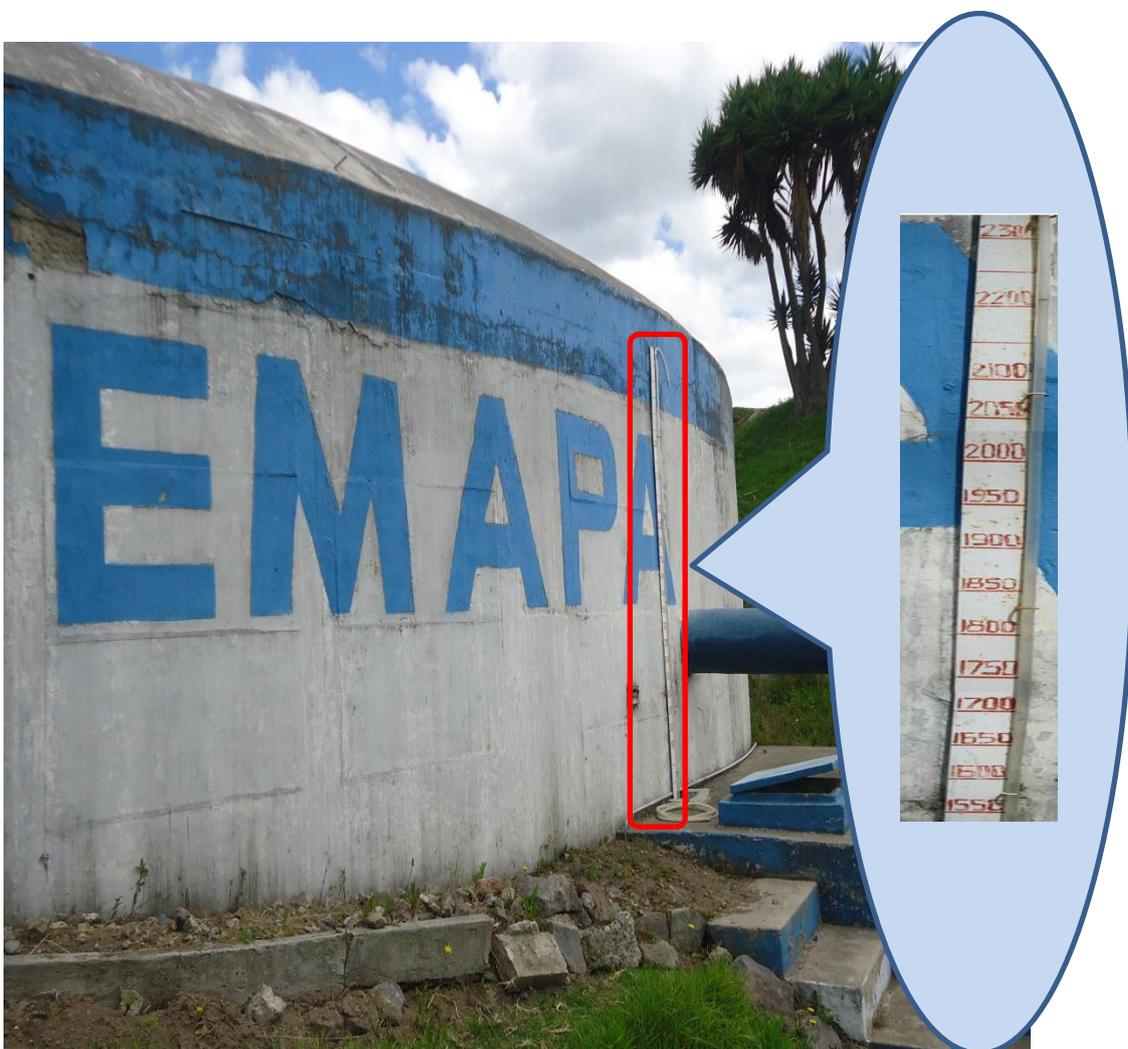


Figura 2. Regleta ubicada en cada uno de los tanques para realizar la lectura del volumen



Figura 3. Display BTC800, ubicados en el tablero de la subestación Azaya.

En la Figura 4 se observa el esquema de la conexión del sistema actual desde los medidores de nivel al registrador de datos y la visualización en los display en forma local, donde los datos solo pueden ser vistos por el operario que se encuentre en el lugar.

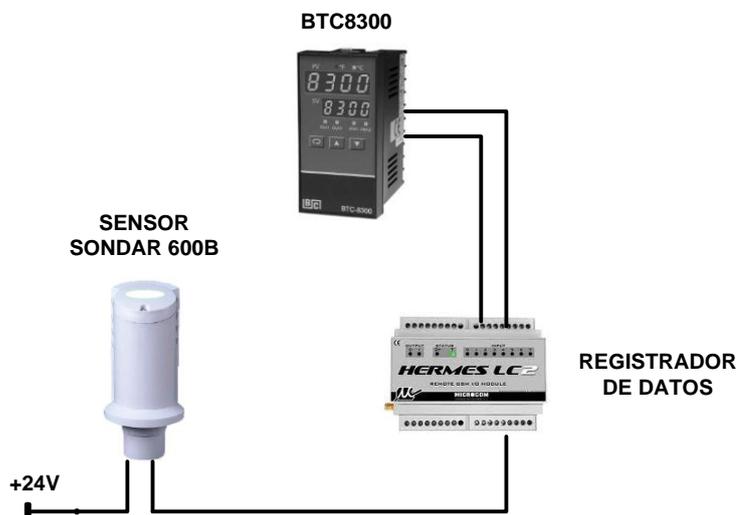


Figura 4. Esquema del sistema de monitoreo actual
Nota: Realizado en Microsoft Visio por el autor.

El problema existente y que se va a dar tratamiento es que la medida de nivel de los tanques se pueda centralizar y que los datos sean digitalizados,

utilizando 802.11a para la transmisión de datos de nivel desde cada subestación de almacenamiento por medio del sistema de adquisición de datos hasta la oficina matriz de EMAPA-I ubicada en las calles Sucre y Pedro Moncayo de la ciudad de Ibarra, donde se pueda visualizar en una interfaz gráfica los valores que tiene cada uno de los tanques, como se indica en la Figura 5.

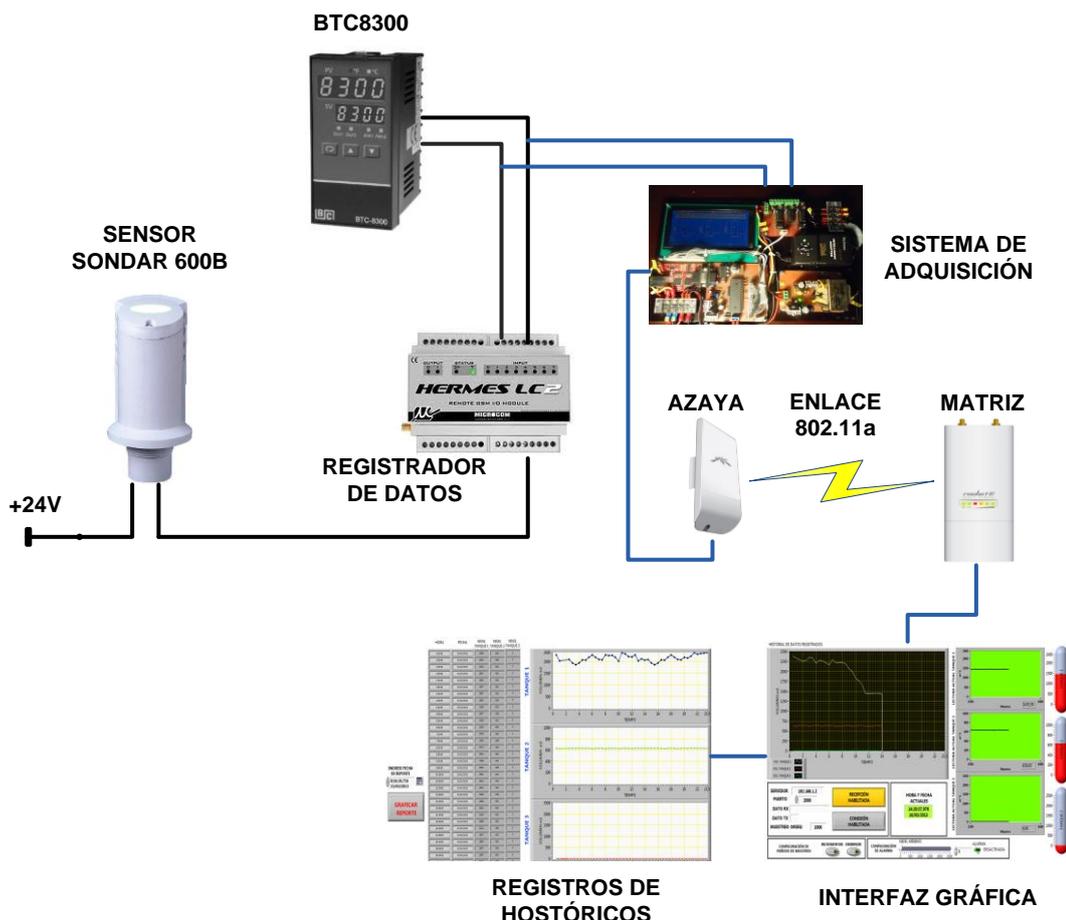


Figura 5. Esquema del sistema a implementarse
Nota: Realizado en Microsoft Visio por el autor.

2.2 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

La aplicación del presente proyecto se centra específicamente en la subestación Azaya conformada por tres tanques de almacenamiento de agua, la misma que está ubicada en las Lomas de Azaya a la altura de las calle El Oro y Santa Isabel a 300m del colegio Yahuarcocha donde se encuentra el tanque 1 de 26m diámetro por 5.47m alto dando una capacidad total de $2904,18\text{m}^3$. Los otros

dos tanques aproximadamente se encuentra a 400m de la subestación entre las cooperativas de vivienda Buenos Aires y Vista Lagos junto a las antenas de Claro; el tanque 2 es de 18,7m diámetro por 5.47m alto dando una capacidad total de $1483,09\text{m}^3$, el tanque 3 es de 29,3 m diámetro por 4,5m alto dando una capacidad total de $3034,16\text{m}^3$; pero se debe tener en cuenta que el medidor de nivel debe estar ubicado a 0,85m de la superficie superior; considerando estos parámetros la capacidad máxima a la que puede llegar el tanque 1 es de 2400m^3 , el tanque 2 de 1000m^3 y el tanque 3 de 2500m^3 , es necesario indicar que en el tanque 3 no está instalado ningún medidor de nivel ya que es nuevo.

El sistema de adquisición recepta la información del registrador de datos HERMES TCR-200 instalado por la compañía ISHI, (ver Figura 6), y los convertirá en información válida para la transmisión; a través de un enlace inalámbrico basado en IEEE 802.11a hasta las oficinas de EMAPA-I, donde se realizará el sistema de registro y monitoreo en un computador, el software que se utilizará para la interfaz de monitoreo es LabVIEW, en el cual se podrá observar los tres valores del volumen correspondiente a cada uno de los tanques, los datos se actualizarán cada 30 minutos, por lo que en la central se podrá monitorear que es lo que está sucediendo en cada uno de ellos.

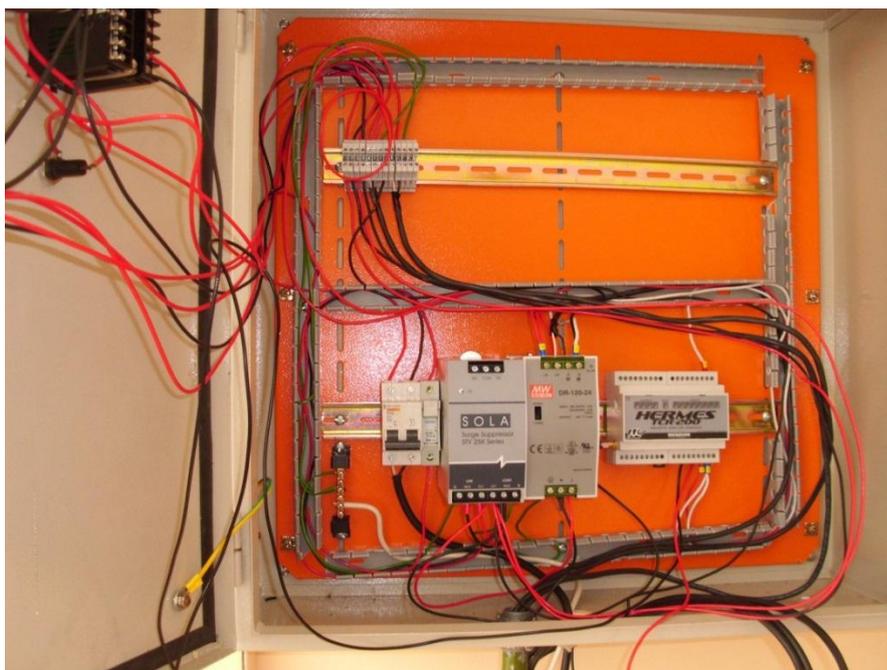


Figura 6. Conexión de los medidores de nivel hasta el HERMES TCR-200 ubicado en el tablero

2.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El dispositivo es un sistema electrónico de adquisición de datos sobre el nivel de agua de cada uno de los tanques. La función principal del dispositivo de adquisición es tomar los valores del nivel de agua de cada tanque de almacenamiento y enviar a través de un enlace inalámbrico basado en el estándar IEEE802.11a hasta un computador con interfaz gráfica realizada en LabVIEW para su monitoreo.

Los varios mecanismos efectuados en el sistema permiten:

- Sensar los parámetros implicados en la medición de los niveles de agua, como es los niveles de corriente entregados por el medidor de nivel que varían de 4 a 20mA.
- Suministrar la suficiente alimentación de corriente para el funcionamiento del sistema electrónico de adquisición de las tres variables que corresponden a cada uno de los tanques.
- Establecer comunicación inalámbrica basada en IEEE802.11a para la transmisión de los datos medidos hacia una base de monitoreo remoto con interfaz gráfica.
- Observar en forma local y en tiempo real el valor de los datos medidos.

2.4 REQUISITOS DEL SISTEMA

Los requisitos del sistema se definen teniendo en cuenta las condiciones del ambiente de trabajo, las especificaciones de potencia y las actividades que ejecuta.

2.3.1. REQUISITOS EN BASE AL AMBIENTE DE TRABAJO

A continuación se presentan las características que deberá tener el sistema:

- Inmunidad al ruido e interferencias eléctricas generadas por la conmutación de cargas u otras fuentes, tomando en cuenta que el sistema actual ya tiene puesta a tierra.
- Capacidad de funcionamiento con altas temperaturas de trabajo.
- Impacto moderado en los sistemas eléctricos del sistema.

2.3.2. REQUISITOS EN BASE A ESPECIFICACIONES DE POTENCIA

A continuación se presentan las características que deberá tener el sistema:

- Alimentación eléctrica con corriente alterna para asegurar fiabilidad en la administración de los sistemas eléctricos operados por el sistema.
- Protección contra conexión invertida y sobre-voltajes, para evitar daños prematuros y permanentes en el dispositivo.

2.3.3. REQUISITOS EN BASE AL DESEMPEÑO SOLICITADO

A continuación se presentan las características que deberá tener el sistema:

- Adquisición, procesamiento y transmisión de los datos del sistema de monitoreo para la medición de niveles en los tanques de almacenamiento de agua.
- Interfaz gráfica explícita y legible para la visualización de los niveles de agua en los Tanques de la subestación Azaya.
- Oportunidad de comunicación con otros dispositivos externos inalámbricos, con el objeto de expandir la aplicación.
- Facilidad de cambio de hardware y software con la finalidad de ampliar el sistema para la adquisición de otras variables.

- Mantenimiento mínimo y vida útil larga ya que si algún integrado del dispositivo se llegara a dañar este puede ser reemplazado ya que se los puede encontrar fácilmente en el mercado.

2.5 APROXIMACIÓN EN BLOQUES

La concepción básica del dispositivo se basa en bloques agrupados en subsistemas, de acuerdo a sus funciones generales (sensado, procesamiento y visualización local, transmisión de datos, monitoreo y administración de historiales), tal como se muestra en la Figura 7:

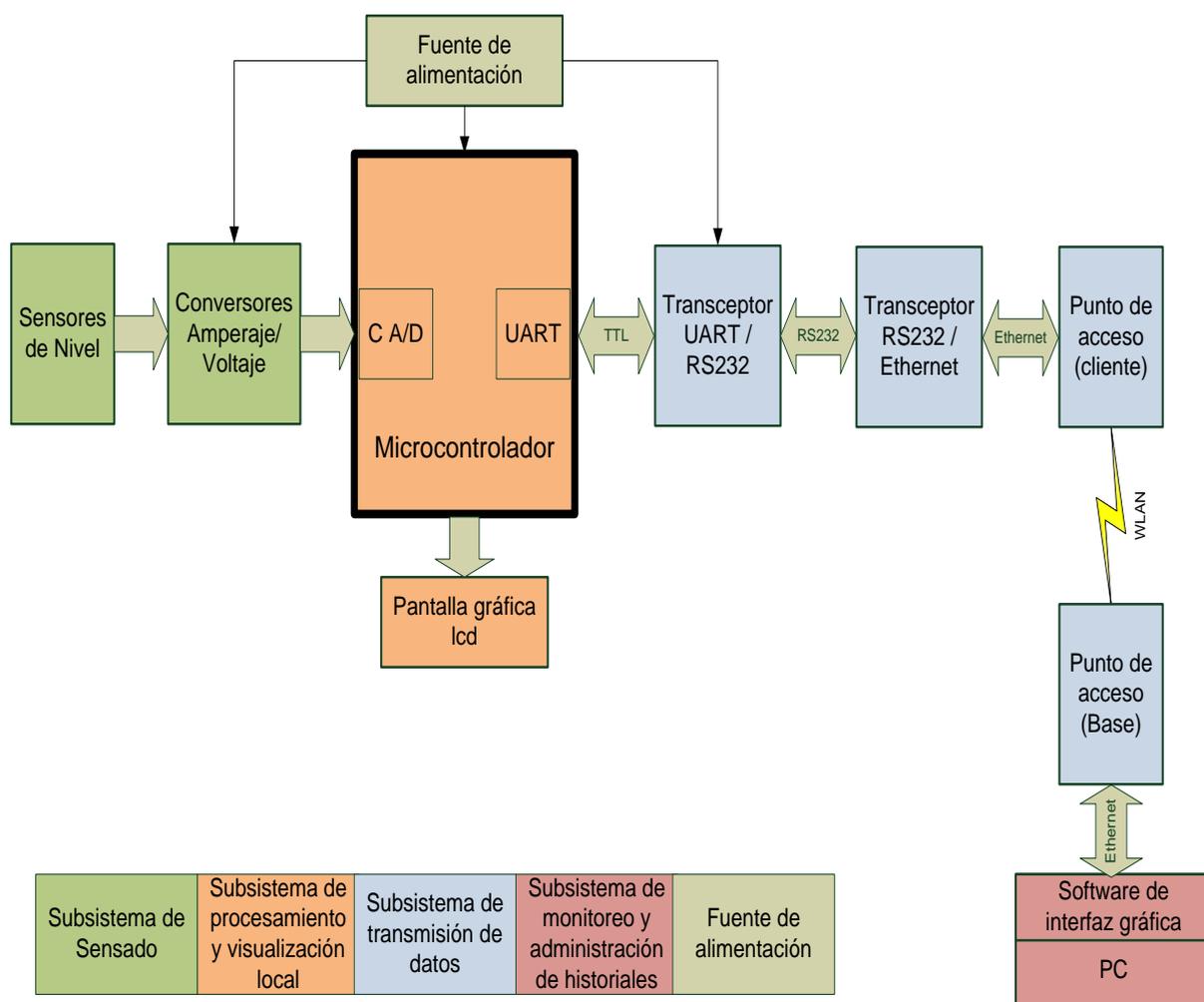


Figura 7. Diagrama de aproximación en bloques del sistema
 Nota: Realizado en Microsoft Visio por el autor.

2.4.1 SUBSISTEMA DE SENSADO

Este subsistema se encarga básicamente de la adquisición y acondicionamiento de las tres variables implicadas en la medición del nivel de agua.

Las señales análogas sensadas corresponden al nivel de agua en cada tanque a través del medidor de nivel de ultrasonido, los cuales medirán el nivel de agua y enviarán una señal análoga de 4 a 20mA hacia el sistema de adquisición de datos ubicado en un tablero de control en cada estación, cabe indicar que se necesita de energía eléctrica de 12 voltios DC en cada estación por lo que es necesaria la instalación de convertidores AC-DC.

2.4.2 SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO Y VISUALIZACIÓN LOCAL

Un microcontrolador, base fundamental del mecanismo, monitorea el estado de los sensores obteniendo los datos analógicos y transformándoles a digitales para procesarlos y convertirlos en señal UART¹⁴ con el fin de permitir la comunicación.

Además, un transceptor RS232 a Ethernet, se convierte en un puente de radiofrecuencia entre el módulo UART del microcontrolador y la estación cliente ubicada en cada subestación.

Los datos obtenidos y ya procesados del nivel de agua se visualizarán tanto en cada estación a través de una pantalla gráfica o LCD ubicada en el tablero de control como en la interfaz gráfica ubicada en la oficina matriz de EMAPA-I.

2.4.3 SUBSISTEMA DE TRANSMISIÓN DE DATOS

En este subsistema comprende la transmisión de los datos con un enlace inalámbrico según la norma IEEE802.11a, desde la estación cliente en este caso

¹⁴ **UART:** Transmisor-Receptor Asíncrono Universal

desde la subestación Azaya hacia la estación base ubicada en las oficinas de la matriz EMAPA-I.

Donde en el proceso de comunicación las antenas transforman la energía eléctrica en ondas electromagnéticas y viceversa para la transmisión de los datos.

Cabe indicar que entre Azaya y la oficina matriz de EMAPA-I no existe línea de vista, por lo que es necesario hacer un enlace punto a punto hasta el repetidor ubicado en San Miguel Arcángel, el mismo que se unirá al enlace Arcángel-EMAPA-I que tiene implementado la institución en banda de 5.8GHz.

2.4.4 SUBSISTEMA DE MONITOREO Y ADMINISTRACIÓN DE HISTORIALES

Comprende el software de LabVIEW instalado en una PC ubicada en la Matriz EMAPA-I, en el cual se realizará un diseño que permita visualizar gráfica y numéricamente los valores de las variables adquiridas sobre el nivel de agua en cada uno de los tanques de la subestación Azaya; por lo que en la central se podrá monitorear que es lo que está sucediendo en cada uno de ellos.

Todos estos datos se almacenaran en una base de datos que se realizará en Access pero se visualizará directamente en LabVIEW, en donde se indicarán: la hora, la fecha, cantidad de agua en m³ y el nombre de cada tanque; para que así el encargado del monitoreo pueda realizar un estudio del comportamiento de los valores del nivel de agua obtenidos a través del tiempo con la finalidad de saber qué es lo que está sucediendo en cada uno de ellos.

La interfaz gráfica en LabVIEW también presentará una alarma audible ante niveles críticos que presenten los datos obtenidos en cada tanque, ya que también se adapta la alarma actual al sistema de monitoreo con la finalidad de que trabajen conjuntamente.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL SISTEMA DE MONITOREO

Este capítulo está enfocado en la caracterización del hardware en función de los requisitos de sus subsistemas, concepción del diagrama esquemático general, descripción del firmware del sistema microcontrolado, delineación del software de la interfaz gráfica, y diseño de las placas del circuito impreso.

Para la programación del Microcontrolador ATMEL AVR se emplea el software CODEVISION AVR en lenguaje C, el simulador PROTEUS para la depuración de errores, y el editor gráfico EAGLE, para el diseño de diagramas esquemáticos y placas de circuito impreso.

3.1 CARACTERIZACIÓN DEL HARDWARE

Puesto que el desarrollo del dispositivo es una aplicación para monitoreo del nivel de agua, su aplicación se la puede realizar en la mayoría de los tanques de almacenamiento ubicados en distintos puntos de la ciudad; realizando ligeros cambios en firmware y hardware.

A continuación se realiza la determinación de los componentes y su configuración, de manera que puedan apegarse a los requisitos del sistema y a las funciones indicadas en el diagrama de bloques.

3.1.1 SUBSISTEMA DE SENSADO

Dentro del subsistema de sensado está el medidor de nivel Sondar 600B y el conversor amperaje-voltaje RCV420, los mismos que se detallan a continuación.

3.1.1.1 Medidor de nivel

Para la medición del nivel de agua se tiene a disposición el medidor ultrasónico de nivel SONDAR 600B, opera sobre el principio de cronometraje del eco recibido y presenta compensación en temperatura, su respuesta es en amperaje en el rango de 4 - 20 mA. Otras características se indican el ANEXO B.

3.1.1.2 Conversores amperaje-voltaje

Para convertir la salida del medidor de nivel en voltaje se utiliza el integrado RCV420 que es un bucle de corriente y está configurado para convertir una señal de 4-20mA en una de 0-5V.

Debido a que el integrado para funcionar necesita estar conectado a +12V y -12V, se diseñó una fuente de doble polaridad como se indica en la Figura 8, la misma que consta de un transformador de 110V a 12V, dos LED's que indican que los voltajes están funcionando.

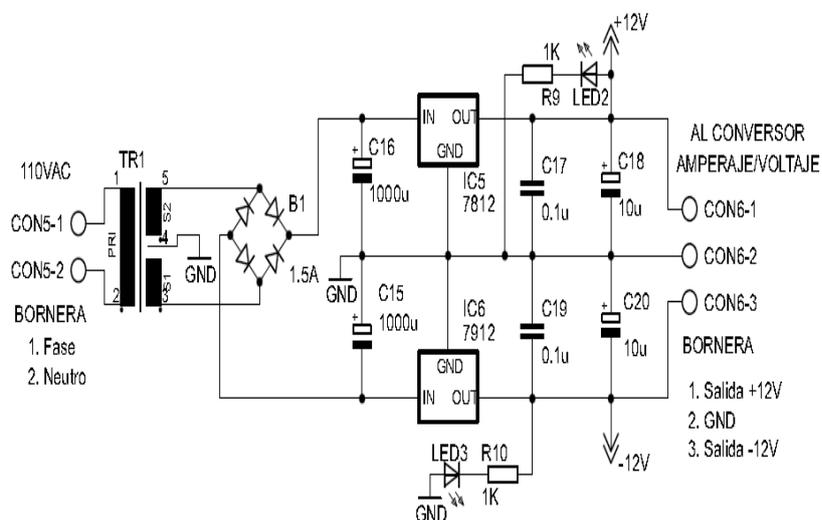


Figura 8. Circuito de alimentación del integrado RCV420

Nota: Elaborado en el simulador PROTEUS

En la Figura 9 se indica la conexión de los tres integrados RCV420 uno para cada medidor de nivel, cada integrado en el pin 14 está conectado a un amplificador operacional LM358, que ayuda para que el microcontrolador no se

queme con los voltajes negativos que da el integrado cuando no está en funcionamiento.

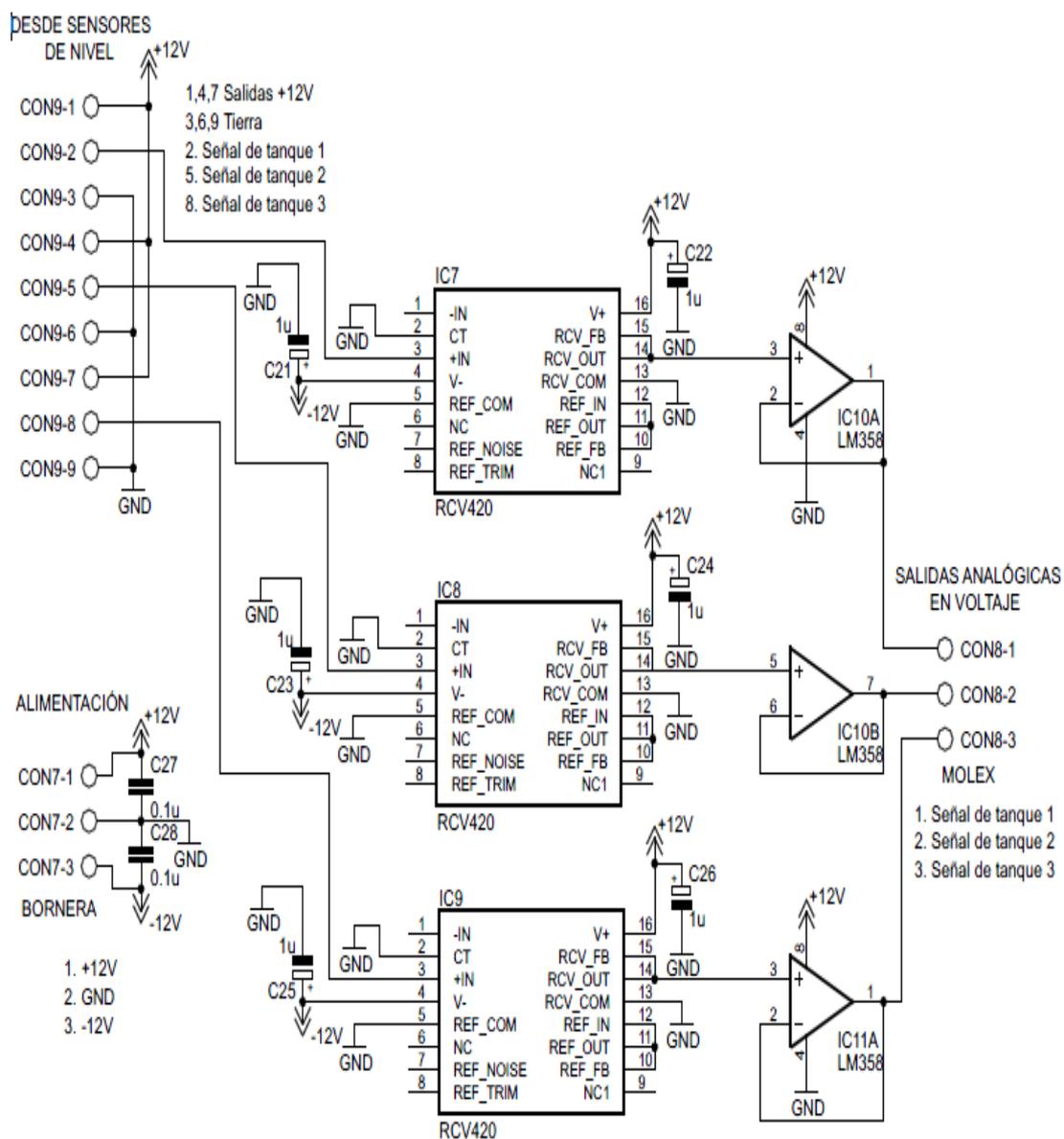


Figura 9. Conexión de RCV420 para la salida a 0-5V

Nota: Elaborado en el simulador PROTEUS

3.1.2 SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO Y VISUALIZACIÓN LOCAL

En la actualidad existen varias familias de microcontroladores los ATMEGA324P de ATMEL que son una solución para el desarrollo de este proyecto. Entre las razones para su selección están su alta inmunidad a la interferencia eléctrica y su gran memoria de programa (32Kbytes) que viene

implementada en FLASH. Estas características son importantes para su aplicación y su uso en el desarrollo del dispositivo.

Las siguientes características adicionales son convenientes en la concepción del sistema:

- Tiene un periférico específico para la programación de su memoria, el puerto ISP, el cual es un puerto serial formado por 3 pines del microcontrolador que permiten su grabación.
- Permite trabajar eficientemente en lenguaje C.
- Cuenta con una CPU RISC con instrucciones aritmético-lógicas eficaces.
- Tiene dos UART que para la transmisión y recepción cuenta con registros de trabajo independientes.
- Posee un Conversor análogo – digital de hasta 8 canales con resolución de 10bits y tiempo de adquisición programable.

El ATMEGA324P se encarga del procesamiento de la información, al adquirir todos los datos de las variables externas, manipularlos y entregarlos de forma adecuada para su visualización.

3.1.2.1 Conexión del microcontrolador de procesamiento

En Tabla 20 se indica la conexión de cada uno de los pines del microcontrolador y además se define si son entradas o salidas, y en el caso de ser entradas, si éstas son análogas o digitales.

Algunas características especiales de configuración del hardware del microcontrolador son:

- La referencia del conversor análogo-digital es el mismo voltaje de alimentación (5V).
- El oscilador del microcontrolador es interno de 8Mhz.

Tabla 20

Configuración de puertos del microcontrolador de procesamiento ATMEGA324

Nota: Adaptado a partir de la configuración que tiene cada pin del microcontrolador

	NOMBRE	PIN	E/S	A/D	FUNCIÓN / OBSERVACIÓN
PUERTO A	PA0/ADC0	40	E	A	CANALES ANALÓGICOS Tanque 1
	PA1/ADC1	39	E	A	CANALES ANALÓGICOS Tanque 2
	PA2/ADC2	38	E	A	CANALES ANALÓGICOS Tanque 3
	PA3/ADC3	37	-	-	-
	PA4/ADC4	36	-	-	-
	PA5/ADC5	35	-	-	-
	PA6/ADC6	34	-	-	-
	PA7/ADC7	33	-	-	-
PUERTO B	PB0/TO	1	E/S	D	DB0 GLCD
	PB1/T1	2	E/S	D	DB1 GLCD
	PB2/INT2	3	E/S	D	DB2 GLCD
	PB3/OCOA	4	E/S	D	DB3 GLCD
	PB4/OCOB	5	E/S	D	DB4 GLCD
	PB5/MOSI	6	E/S	D	DB5 GLCD
	PB6/MISO	7	E/S	D	DB6 GLCD
	PB7/SCK	8	E/S	D	DB7 GLCD
PUERTO C	PC0/SCL	22	S	D	WR GLCD
	PC1/SDA	23	S	D	RD GLCD
	PC2/TCK	24	S	D	CE GLCD
	PC3/TMS	25	S	D	C/D GLCD
	PC4/TDO	26	S	D	RST GLCD
	PC5/TDI	27	-	-	-
	PC6/TOSC1	28	S	D	LED GLCD
	PC7/TOSC2	29	-	-	-
PUERTO D	PD0/RXD0	14	E	D	R1OUT MAX232
	PD1/TXD0	15	S	D	T1IN MAX232
	PD2/RXD1	16	-	-	-
	PD3/TXD1	17	-	-	-
	PD4/OC1B	18	-	-	-
	PD5/OC1A	19	-	-	-
	PD6/OC2B	20	-	-	-
	PD7/OC2A	21	-	-	-

En la Figura 10 se puede observar que los pines MOSI, MISO, SCK, RESET, VCC y GND; son para configurar el firmware y depurar errores del microcontrolador sin necesidad de desmontar el microcontrolador de la placa.

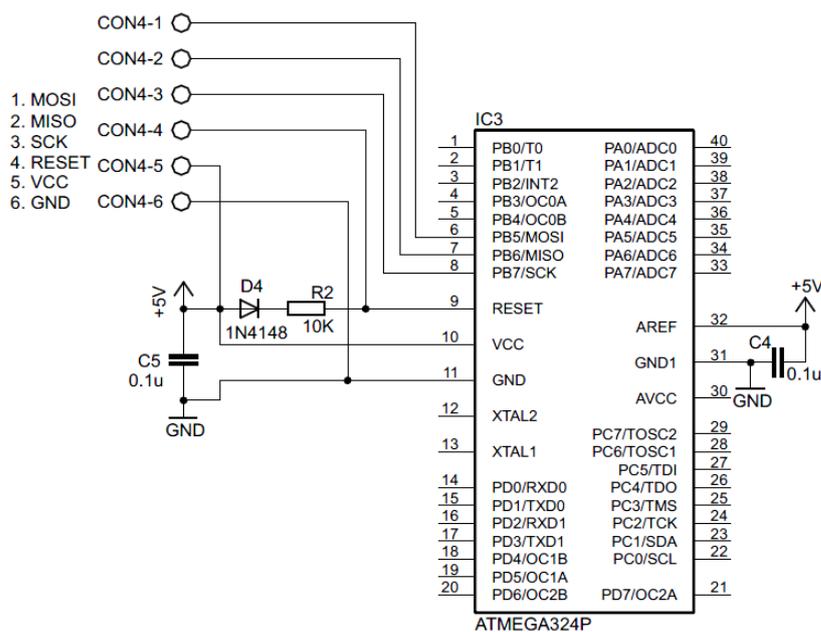


Figura 10. Conexión para configurar el firmware del microcontrolador desde la placa
Nota: Elaborado en el simulador PROTEUS

3.1.2.2 Visualización local

Para la visualización local de las variables medidas se utiliza un visualizador que es una GLCD que permite al usuario observar en tiempo real, gráfica y numéricamente el valor de la variable. La GLCD es de 240x128 píxeles y está conformada por el procesador TOSHIBA T6963C.

En la Figura 11, se observan los pines PC<0:4> del ATMEGA324P, configurados como salidas, manejan los pines de control y el bus de datos está implementado en las salidas PB<0:7>.

Los LEDs de retroiluminación de la pantalla GLCD, son alimentados desde la fuente de alimentación a través de la resistencia limitadora de corriente R8. Esto se hace debido a que el consumo relativamente alto de los LEDs, provocaría sobrecalentamiento en los reguladores lineales de voltaje.

Al regular el voltaje que polariza al pin VO se realiza el ajuste del contraste, mediante el potenciómetro VR2. Se debe tener en cuenta que el voltaje negativo

necesario para el contraste, es generado a través del pin VEE por el propio módulo LCD.

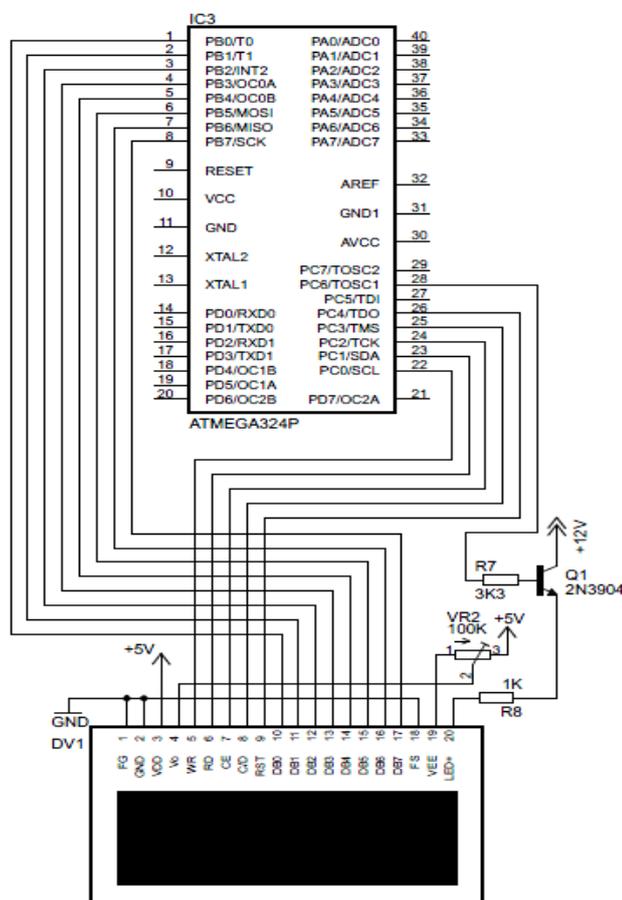


Figura 11. Diagrama de conexión entre el módulo LCD y el microcontrolador

Nota: Elaborado en el simulador PROTEUS

3.1.3 SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN

La tensión de alimentación se obtiene desde la fuente instalada en el tablero, se filtra y se aplica regulada al resto del circuito. La fuente convierte el voltaje de casi 12V de entrada en una tensión constante de 5.115V, este voltaje alimenta a todos los elementos del circuito.

En la Figura 12 la fuente de alimentación está compuesta por rectificadores que son D1 y D3, una protección por sobretensión D2, por tres filtros de desacople C1, C2 y C3, un regulador lineal fijo de 9V que en este caso es IC1 y un regulador variable ajustado a 5V que es IC2.

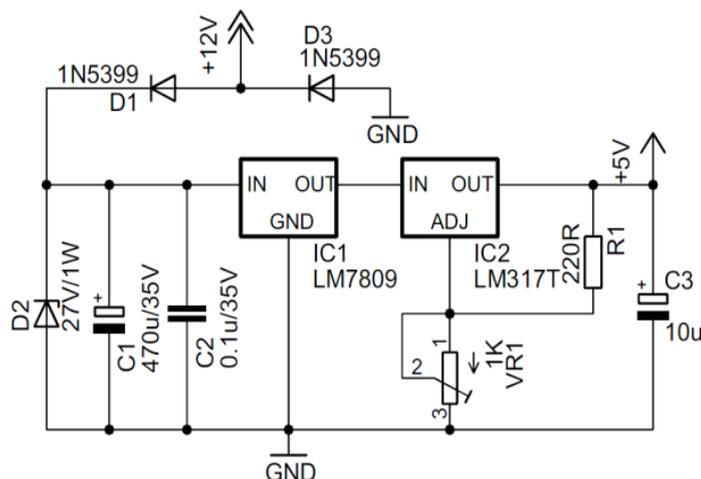


Figura 12. Circuito de alimentación del módulo electrónico
Nota: Elaborado en el simulador PROTEUS

El uso del rectificador se debe a que este recorta picos negativos de ruido y protege el circuito en caso de que se invierta la polaridad. El diodo zener D2, protege el circuito de la variación de voltajes instantáneos.

La regulación de voltaje se hace en etapas: primero se regula a 9V y luego a 5V. De esta manera, la caída de voltaje considerando un voltaje de entrada de 12V, se disipa en algunos integrados. Así, los reguladores de voltaje se calientan menos. Se muestra la ecuación 10.

$$V_{\text{regulación}} \cong \frac{R1 + VR_1}{R1} * (1.25V) \quad (10)$$

3.1.4 SUBSISTEMA DE TRANSMISIÓN DE DATOS

Este subsistema se compone de las configuraciones del transceptor UART/RS232, del transceptor RS232/ETHERNET y de la comunicación inalámbrica.

⁽¹⁰⁾ Ecuación 10. Voltaje de salida obtenido en IC2 con la configuración de resistencias R1 y VR1.

Los datos se transmiten en una trama que consta de información útil de 18 bytes, los mismos que son transmitidos a 9600bps. Antes de que la información se visualice en la interfaz, LabVIEW realiza una comparación entre dos tramas iguales enviadas por el microcontrolador, en la Figura 13 indica cómo está formada la trama que se utiliza para el envío de los datos desde el microcontrolador hasta LabVIEW.

CAMPOS							
A	Vol. tanque1	B	Vol. tanque2	C	Vol. tanque3	D	0X0d, 0X0a
Señalizador tanque 1	0-1023	Señalizador tanque2	0-1023	Señalizador tanque 3	0-1023	1byte	0-20

Figura 13. Trama manejada para el envío de los datos entre el microcontrolador y LabVIEW
Nota: Realizado en Microsoft Visio por el autor.

Los señalizadores A, B, C; son para que indiquen a LabVIEW que el dato que sigue debe ser transformado a valor numérico para que se lo pueda visualizar.

En la figura 14 se indica la trama que se envía desde LabVIEW hasta el microcontrolador, estos datos se envía una sola vez cuando el operador lo requiera, es decir cuando se requiera habilitar o deshabilitar la recepción de los datos o realizar el aumento o disminución del período de muestreo.0

CAMPOS			
A	B	C	D

Figura 14. Trama que se utiliza de LabVIEW al microcontrolador
Nota: Realizado en Microsoft Visio por el autor.

Dónde:

- A** = permite iniciar la transmisión de las lecturas.
- B** = permite finalizar la transmisión de los datos.
- C** = permite aumentar el período de muestreo en incrementos de 100 mseg.
- D** = permite disminuir el período de muestreo en incrementos de 100 mseg.

Para poder enviar la trama a LabVIEW el microcontrolador recibe valores de 0 - 1023 bits y los transforma a una cadena de caracteres en ASCII y envía los datos; ejemplo si llega un valor de 135 lo transforma a texto y lo envía, donde LabVIEW recibe este dato y lo transforma nuevamente en 135 para poder visualizarlo.

3.1.4.1 Transceptor UART / RS232

El MAX232 mantiene una conexión simple con el microcontrolador a través del puerto UART, como se observa en la Figura 15.

El puerto UART del microcontrolador permite convertir las señales que maneja el microcontrolador y transmitir las; para conectar el microcontrolador con un puerto RS-232 se utiliza el integrado MAX232.

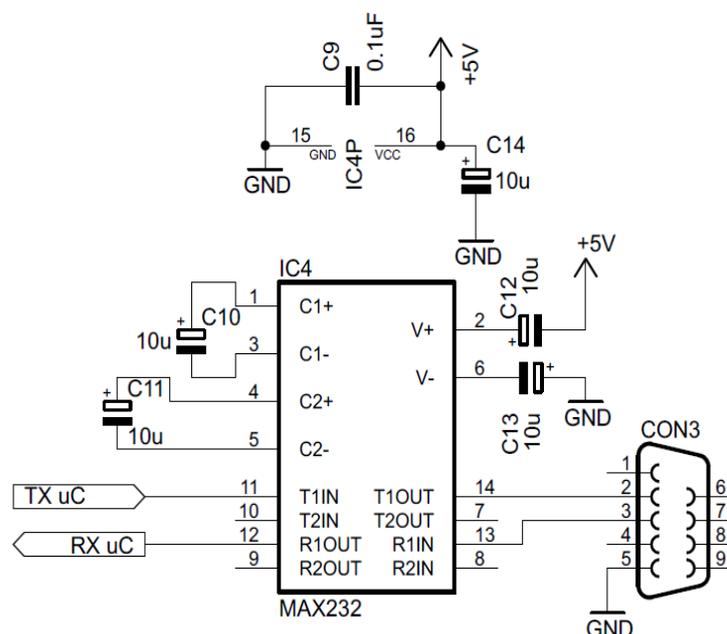


Figura 15. Conexión del RS232
Nota: Elaborado en el simulador PROTEUS

3.1.4.2 Transceptor RS232/ Ethernet

El módulo WIZ110SR permite convertir las señales recibidas desde el RS232 a señales TCP/IP con la finalidad de tener conectividad con la red

Ethernet de EMAPA-I, en la Tabla 21 se indica los valores que se utilizan para configurar en el módulo.

Tabla 21

Datos para configurar el módulo WIZ110SR

Nota: Elaborado en base a la red manejada por la empresa EMAPA-I

Datos	Valor
Dirección IP	192.168.1.2
Mascara	255.255.255.0
Puerta de enlace	192.168.1.1
Puerto	2000 ¹⁵
Dirección MAC	00:08:DC:17:00:FA
Server IP	192.168.1.159

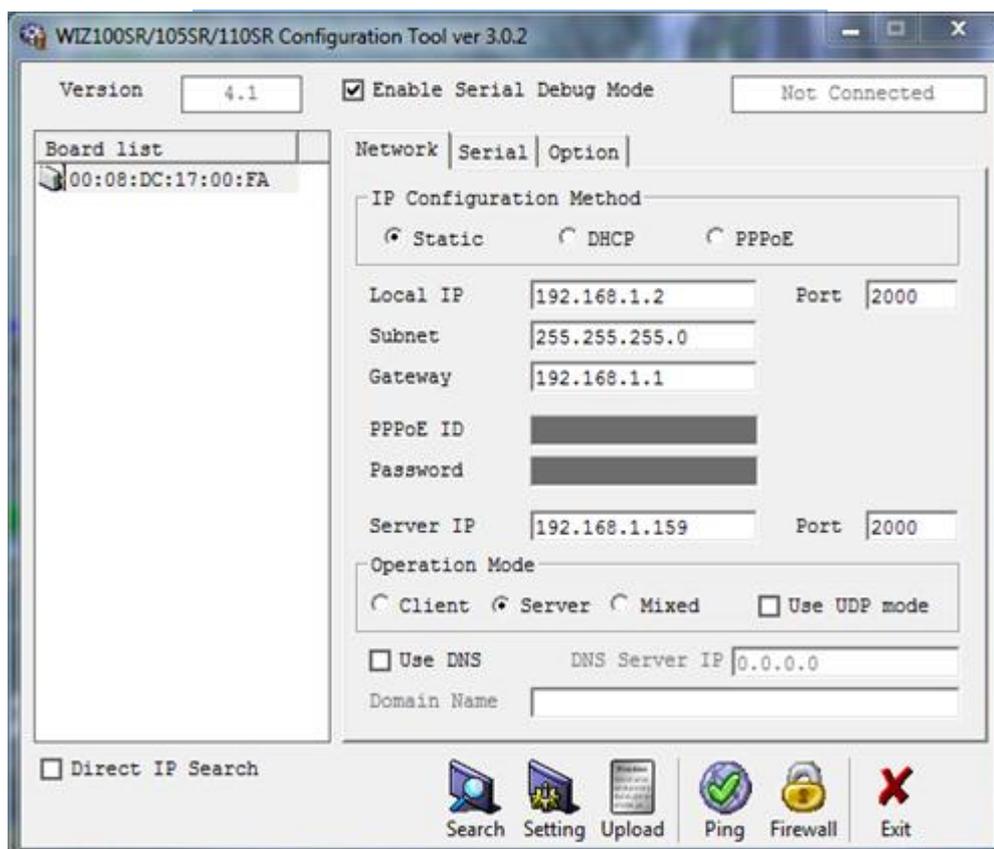


Figura 16. Configuración de la red en el conversor Serail/Ethernet

¹⁵ **Puerto registrado:** Son puertos listados en IANA(Autoridad de Asignación de Números de Internet), y son utilizados en programas ejecutados por los usuarios sin privilegios particulares.

En la Figura 16 se indica la configuración del módulo WIZ110SR. Para realizar dicha configuración se hace un *Search* para buscar la dirección MAC del equipo de la subred, seleccionamos la MAC y configuramos los diferentes parámetros solicitados.

En la opción *Server IP* se debe ingresar la dirección IP que tiene la máquina en donde está implementada la interfaz gráfica y en *Modo de Operación* debe estar en Servidor ya que este módulo se va a utilizar de puente para conectar la salida serial del dispositivo a la red.

En la pestaña *Serial* se configura la salida del puerto serial como se indica en la Figura 17. Una vez configurado los valores se va a la opción de *Setting* para guardar los cambios para que sean almacenados en el equipo, estos cambios se conservan incluso después de apagar el modulo.

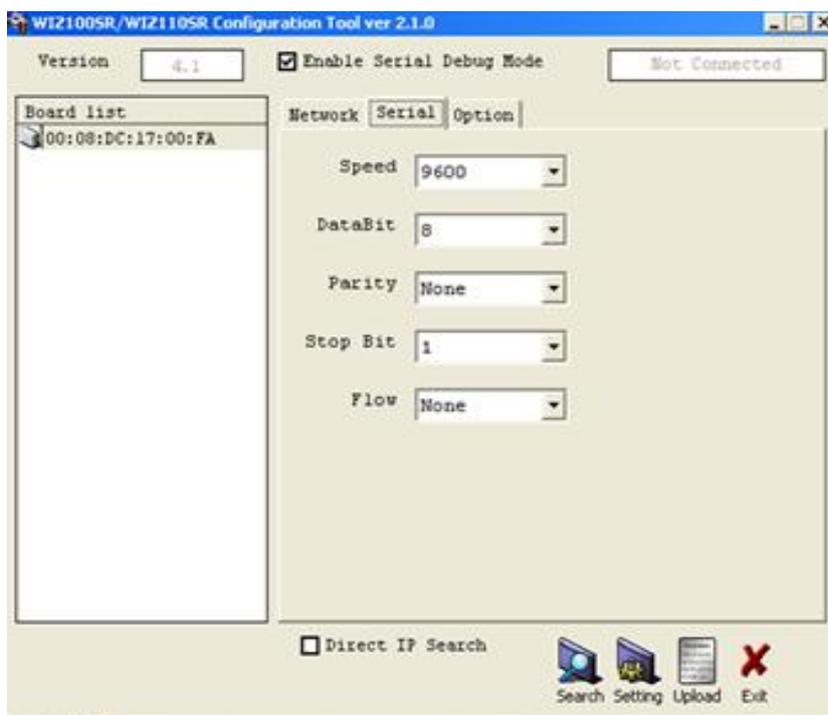


Figura 17. Configuración del puerto serial del conversor Serial/Ethernet

3.1.4.3 Punto de acceso base

Como anteriormente se explica los dispositivos a usar son el modelo Rocket M5 de Ubiquiti para el nodo ubicado en San Miguel Arcángel, el mismo que es la

estación base, en la Tabla 22 se indica los parámetros que se utiliza para la configuración, en la Figura 18 se indica su configuración.

Tabla 22

Parámetros para la configuración del Rocket M5

Nota: Elaborado en base a la red manejada por la empresa EMAPA-I

PARÁMETRO	
Modo inalámbrico	Bridge
Dirección IP	192.168.1.30
Máscara	255.255.255.0
Puerta de enlace	192.168.1.1
SSID	EMAPA
Ancho de canal	20MHz

The screenshot displays the 'Basic Wireless Settings' configuration page for the Rocket M5 device. The interface features a navigation menu at the top with tabs for MAIN, WIRELESS, NETWORK, ADVANCED, SERVICES, and SYSTEM. The WIRELESS tab is selected. The settings are organized into several sections:

- Wireless Mode:** Set to 'Access Point'.
- SSID:** Set to 'EMAPA'. There is a 'Hide SSID' checkbox which is unchecked.
- Country Code:** Set to 'Ecuador'.
- IEEE 802.11 Mode:** Set to 'A/N mixed'.
- Channel Width:** Set to '20 MHz'.
- Channel Shifting:** Set to 'Disabled'.
- Frequency, MHz:** Set to '5180'.
- Extension Channel:** Set to 'None'.
- Frequency List, MHz:** Set to 'Enabled' with a value of '5180' and an 'Edit...' button.
- Auto Adjust to EIRP Limit:** Set to 'Disabled'.
- Antenna Gain:** Set to '16 dBi'.
- Cable Loss:** Set to '0 dB'.
- Output Power:** Set to '27 dBm'.
- Max TX Rate, Mbps:** Set to 'MCS 15 - 130' with an 'Automatic' checkbox checked.

Below the 'Basic Wireless Settings' section, the 'Wireless Security' section is partially visible.

Figura 18: Configuración del Access Point RocketM5

3.1.4.4 Punto de acceso cliente

Una vez configurada la unidad base se configura la estación cliente con los parámetros que se indica en la Tabla 23 y la configuración se puede observar en la Figura 19.

Tabla 23

Parámetros para la configuración del NanostationM5

PARÁMETRO	
Modo inalámbrico	Bridge
Dirección IP	192.168.1.10
Máscara	255.255.255.0
Puerta de enlace	192.168.1.1
SSID	EMAPA
Ancho de canal	20MHz

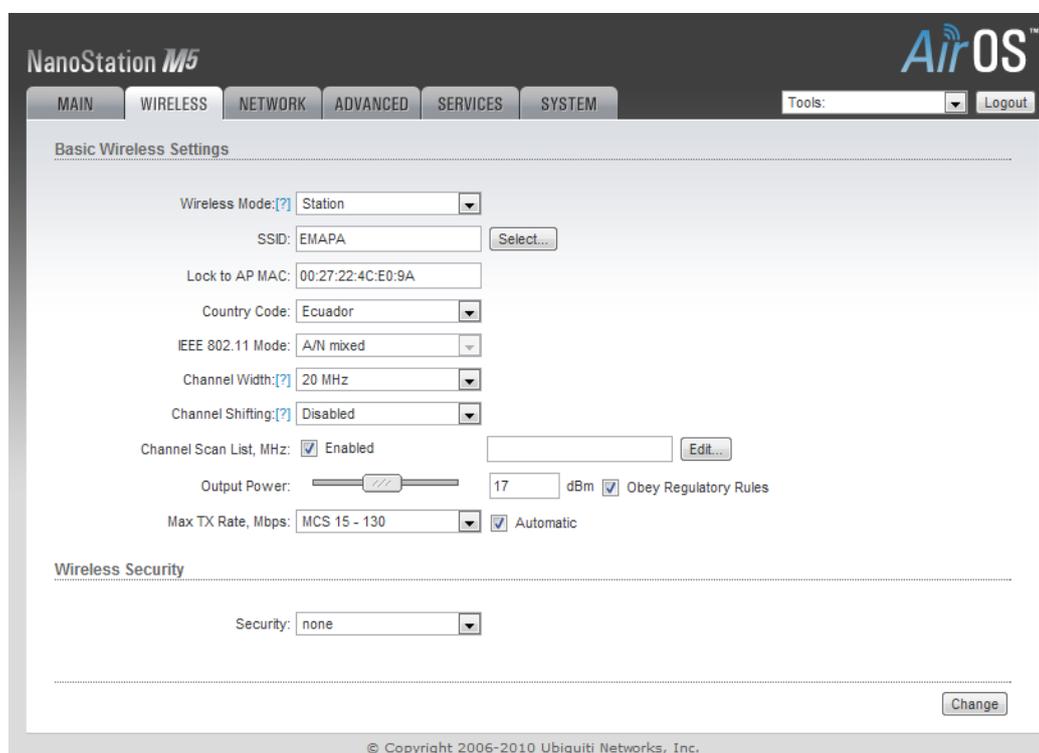


Figura 19. Configuración del Nanostation5

3.2 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GENERAL

El diagrama esquemático general que se observa en la Figura 20 agrupa todos los circuitos descritos anteriormente, más ciertos componentes de igual importancia como son los condensadores de desacople. Así se evita que corrientes parásitas afecten al microcontrolador, módulos de visualización y módulos de radiofrecuencia. Además se incluyen conectores necesarios que se utilizan para la implementación física.

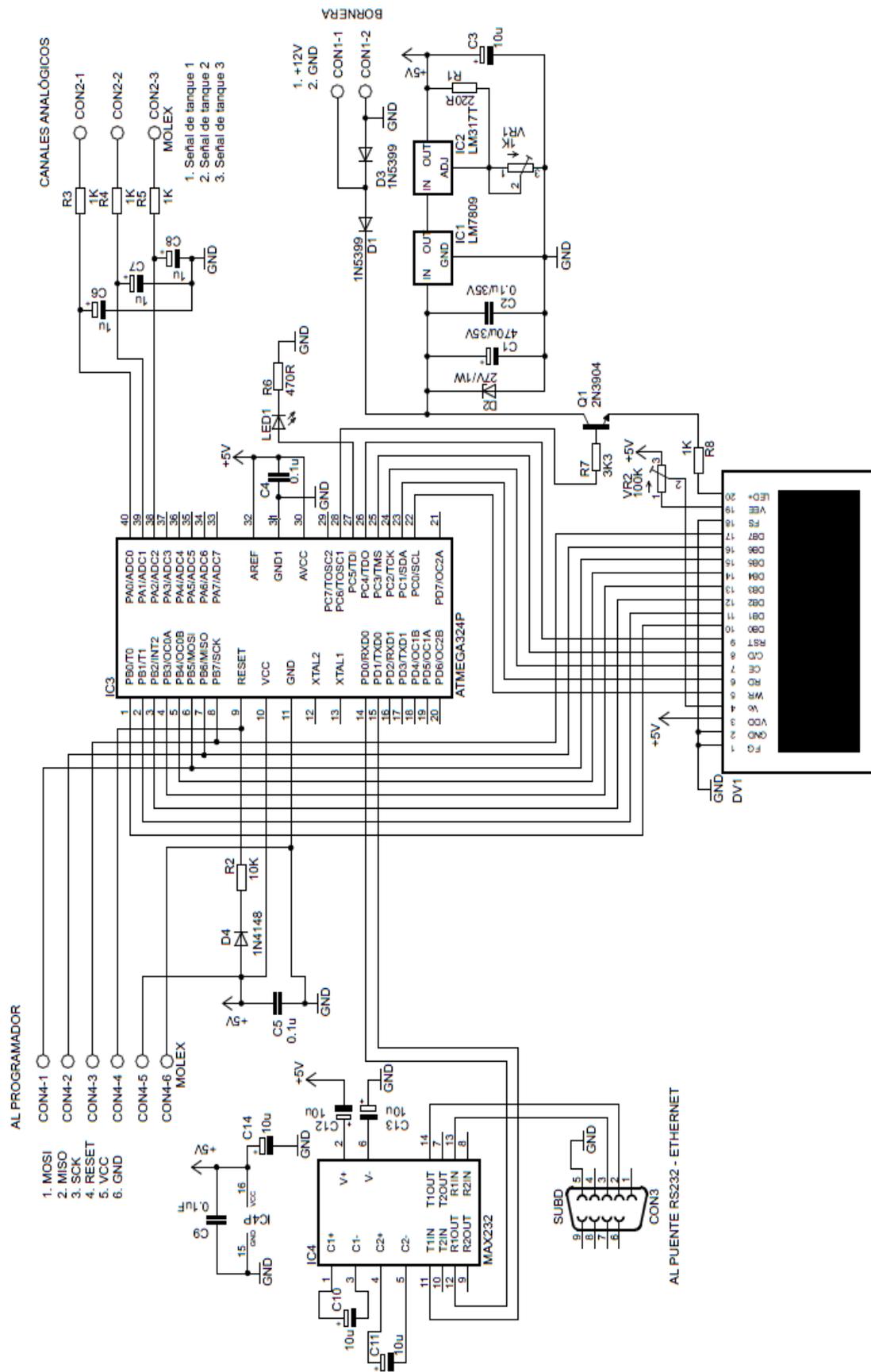


Figura 20. Diagrama esquemático general
 Nota: Elaborado en el simulador PROTEUS

3.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SOFTWARE

Dentro de la descripción del Software está el lenguaje de programación que se utiliza, el compilador y el firmware del microcontrolador.

3.3.1 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

En la actualidad la programación de microcontroladores de cualquier marca y tipo, se la realiza en lenguaje C para el desarrollo de aplicaciones.

C es un lenguaje de nivel medio que incorpora muchos elementos propios del ensamblador, permitiendo hacer a las operaciones mucho más legibles, ya que puede acceder a los registros del sistema y trabajar con direcciones de memoria.

Algunas de las características que definen al lenguaje de programación son:

- Tamaño pequeño.
- Tiene un conjunto completo de instrucciones de control.
- Permite la agrupación de instrucciones.
- Incluye el concepto de puntero (variable que contiene la dirección de otra variable).
- Los argumentos de las funciones se transfieren por su valor. Por ello, cualquier cambio en el valor de un parámetro dentro de una función no afecta al valor de la variable fuera de ella.
- La E/S no forma parte del lenguaje, sino que se proporciona a través de una biblioteca de funciones.
- Permite la separación de un programa en módulos que admiten compilación independiente.
- Programación de bajo nivel (nivel bit).
- Presenta la posibilidad de poder ser compilado en una variedad de microcontroladores, con pocos cambios (portabilidad).

Un punto en contra es que tiene una detección baja de errores, lo cual en ocasiones es problemático para los principiantes.

3.3.2 COMPILADOR CODEVISION AVR

“El compilador es un programa que se encarga de traducir los programas escritos por el programador en lenguaje entendible por el ser humano o lenguaje de alto nivel a un lenguaje de bajo nivel que es el comprensible por la máquina” (Lanzillotta, 2011).

El microcontrolador ejecuta el fichero binario que fue traducido por el compilador.

El compilador CODEVISION AVR puede generar el código necesario para el manejo de LCD's, para relojes de tiempo real, para la comunicación de dispositivos seriales, los mismos que son periféricos externos y utilizan librerías; así como también permite la generación de código para la inicialización de los periféricos internos del microcontrolador.

3.3.3 FIRMWARE DEL MICROCONTROLADOR DE PROCESAMIENTO

A continuación se indican los flujogramas tanto del programa principal como de las interrupciones que presentan en la ejecución del sistema.

3.3.3.1 Programa principal

En la Figura 21 se observa que el programa empieza con un delay para la estabilización del voltaje de la fuente, configuración de módulos internos y activación de interrupciones. Luego se visualiza la inicialización del sistema en la GLCD, para posteriormente permanecer en un bucle infinito; que mediante un registro bandera actualizado por interrupción del TIMER0 indique que es hora de transmitir las variables muestreadas. En el ANEXO C se encuentra la programación del microcontrolador.

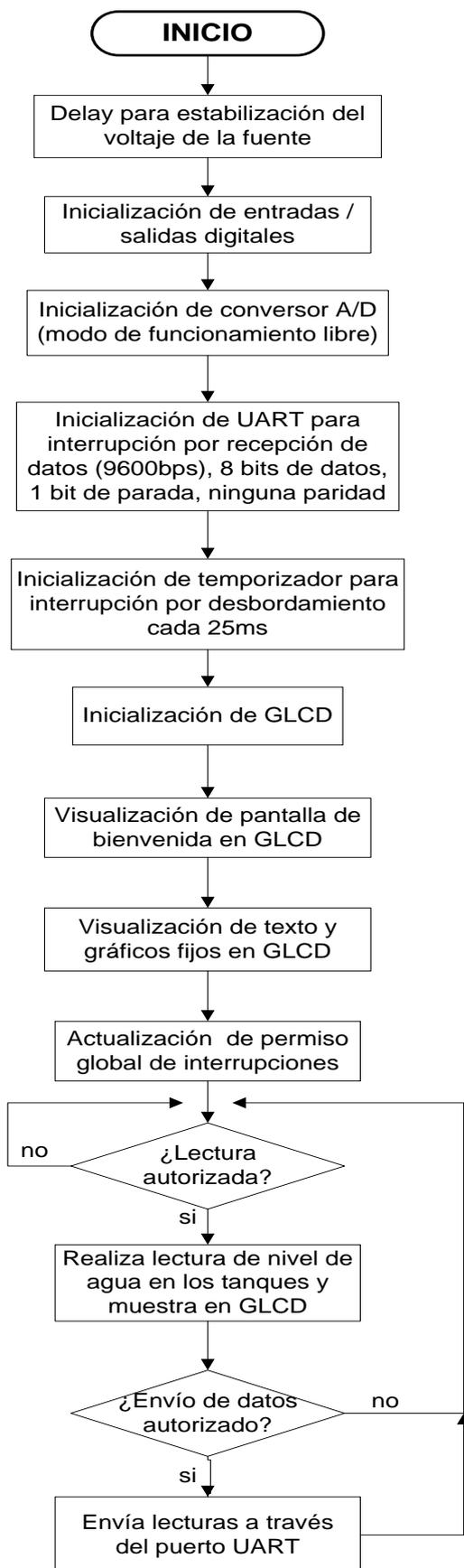


Figura 21. Diagrama de flujo del programa principal del microcontrolador
 Nota: Realizado en Microsoft Visio por el autor

3.3.3.2 Interrupciones

Las interrupciones del programa, en orden de prioridad son:

- Recepción del dato por el módulo UART.
- Desbordamiento del TIMER0.

3.3.3.2.1 Recepción del dato por el módulo UART

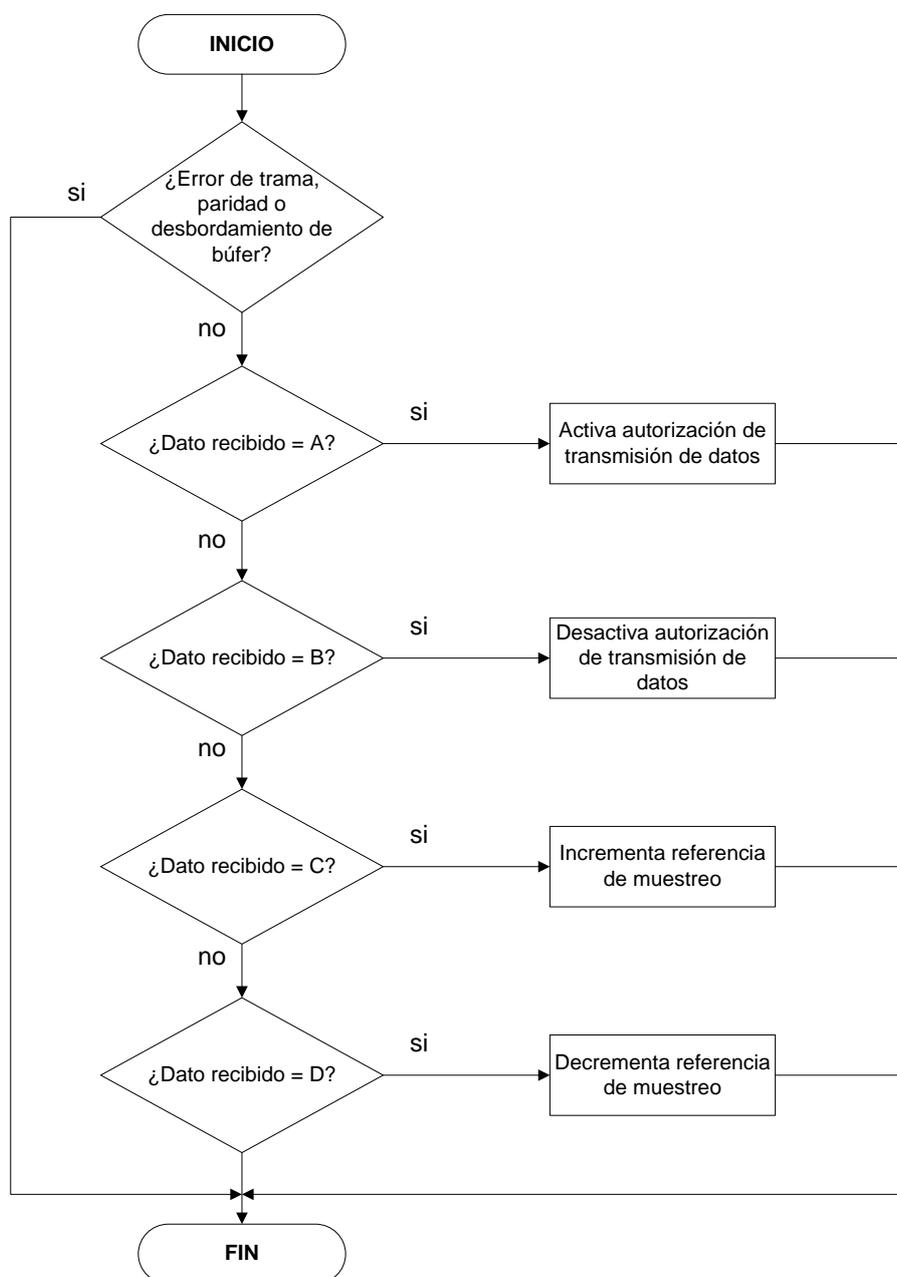


Figura 22. Interrupción por recepción de UART

Nota: Realizado en Microsoft Visio por el autor

3.3.3.2.2 Desbordamiento del TIMERO

EL TIMERO está configurado para provocar una interrupción en su desbordamiento cada 25ms. Este valor de tiempo sirve como base para el conteo de los distintos períodos de muestreo y envío de datos, ya que los plc instalados están programados para muestrear cada 25ms. Los períodos de muestreo son como se indica en la Tabla 24; con la finalidad de que no se pierda la información cuando tenga que ser almacenada.

Tabla 24

Períodos de muestreo cada 25ms

Nota: elaborado a partir de los períodos de muestreo que tiene el sistema tomando en cuenta que la interrupción se realiza cada 25 ms.

# intervalo TIMERO	PERÍODO DE MUESTREO
4	100
8	200
12	300
16	400
20	500
24	600
28	700
32	800
36	900
40	1000
44	1100
48	1200
52	1300
56	1400
60	1500
64	1600
68	1700
72	1800
76	1900
80	2000

En la Figura 23 se indica el flujo-grama de la interrupción por desbordamiento del TIMER0.

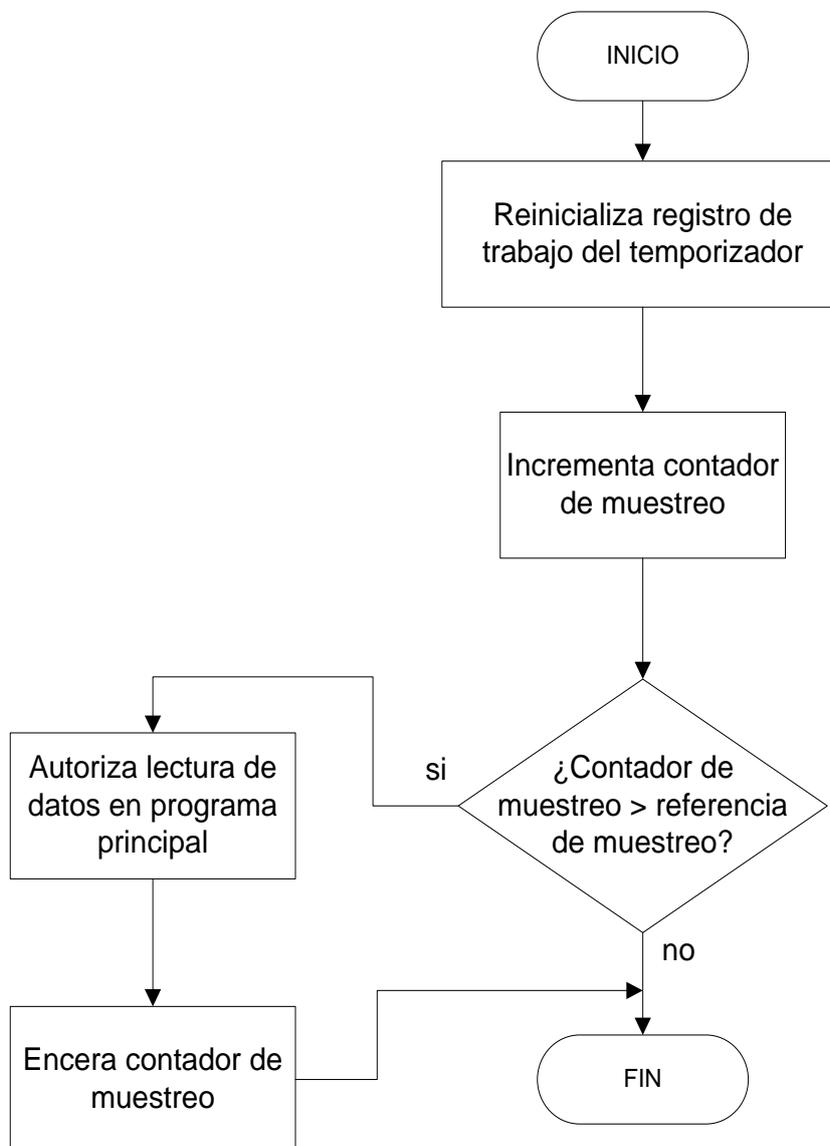


Figura 23. Interrupción por desbordamiento del TIMER 0
Nota: Realizado en Microsoft Visio por el autor

3.4 DISEÑO DE LAS PLACAS DE CIRCUITO IMPRESO

En la Figura 24 se observa el diseño de la placa del dispositivo para la adquisición de los datos.

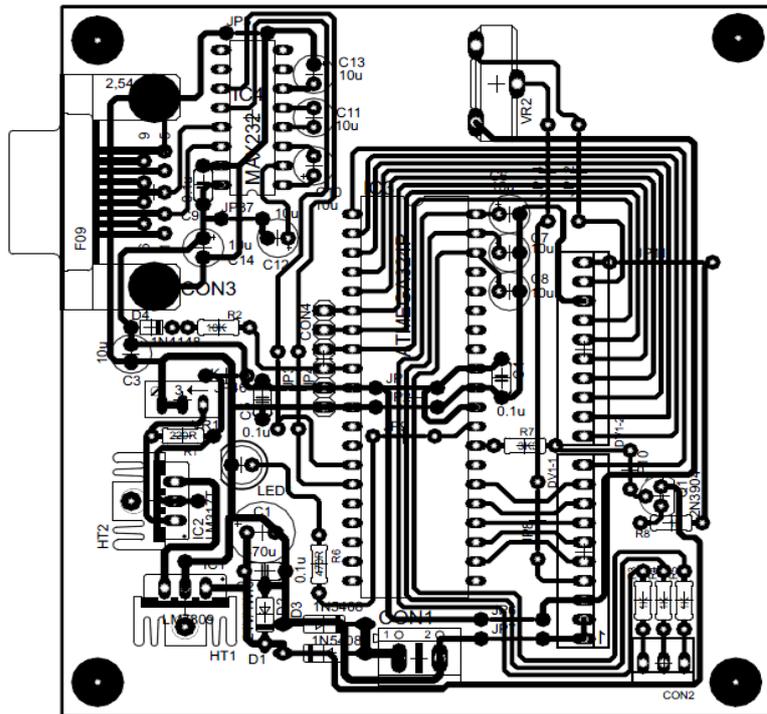


Figura 24. Diseño de la placa del dispositivo de adquisición
 Nota: Elaborado en editor gráfico EAGLE

Los elementos utilizados para el diseño de la placa se indican en la Figura 25.

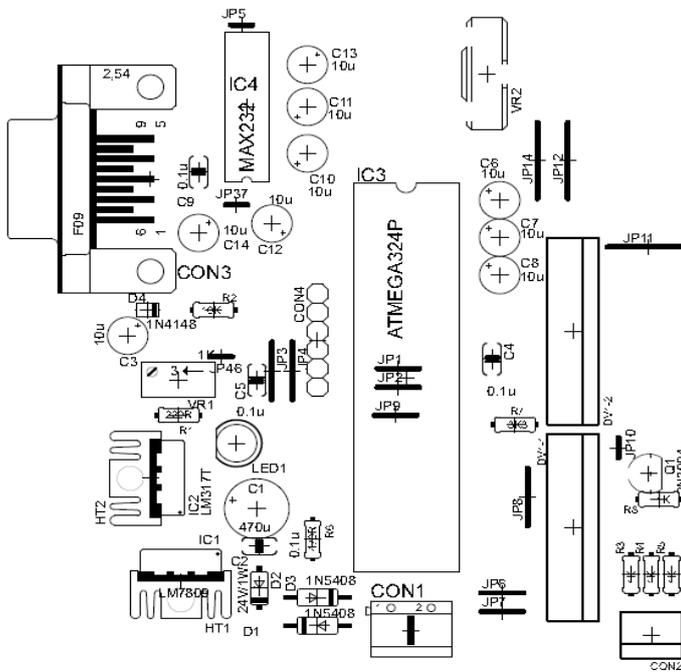


Figura 25. Elementos del dispositivo de adquisición
 Nota: Elaborado en editor gráfico EAGLE

3.5 DESARROLLO DE LA INTERFAZ GRÁFICA

Para el desarrollo de la interfaz gráfica se utilizó LabVIEW, realizando un diseño que permita comprender el estado de cada tanque de forma individual, en donde los datos de pueden observar en forma numérica y gráfica, los mismos que se van actualizando en la gráfica cada 30 minutos y se guardan en la base de datos, la interfaz también permite graficar los datos referentes a un día que el usuario lo requiera. En el ANEXO D se encuentra la programación de la interfaz.

3.5.1 PANTALLA DE PRESENTACIÓN

La pantalla de presentación que muestra la Figura 26, es la primera que se observa cuando se inicia la aplicación, en donde se muestra el título y el desarrollador, esta pantalla también tiene dos botones que permiten acceder a la pantalla principal o a la pantalla de históricos.



Figura 26. Pantalla de presentación de la interfaz LABVIEW

En la Figura 27 se indica la pantalla principal donde se representan los datos gráficamente. La ventana gráfica permite visualizar el estado de cada tanque.

Todos los datos son automáticamente almacenados en el disco duro del PC, para posterior análisis y consulta.

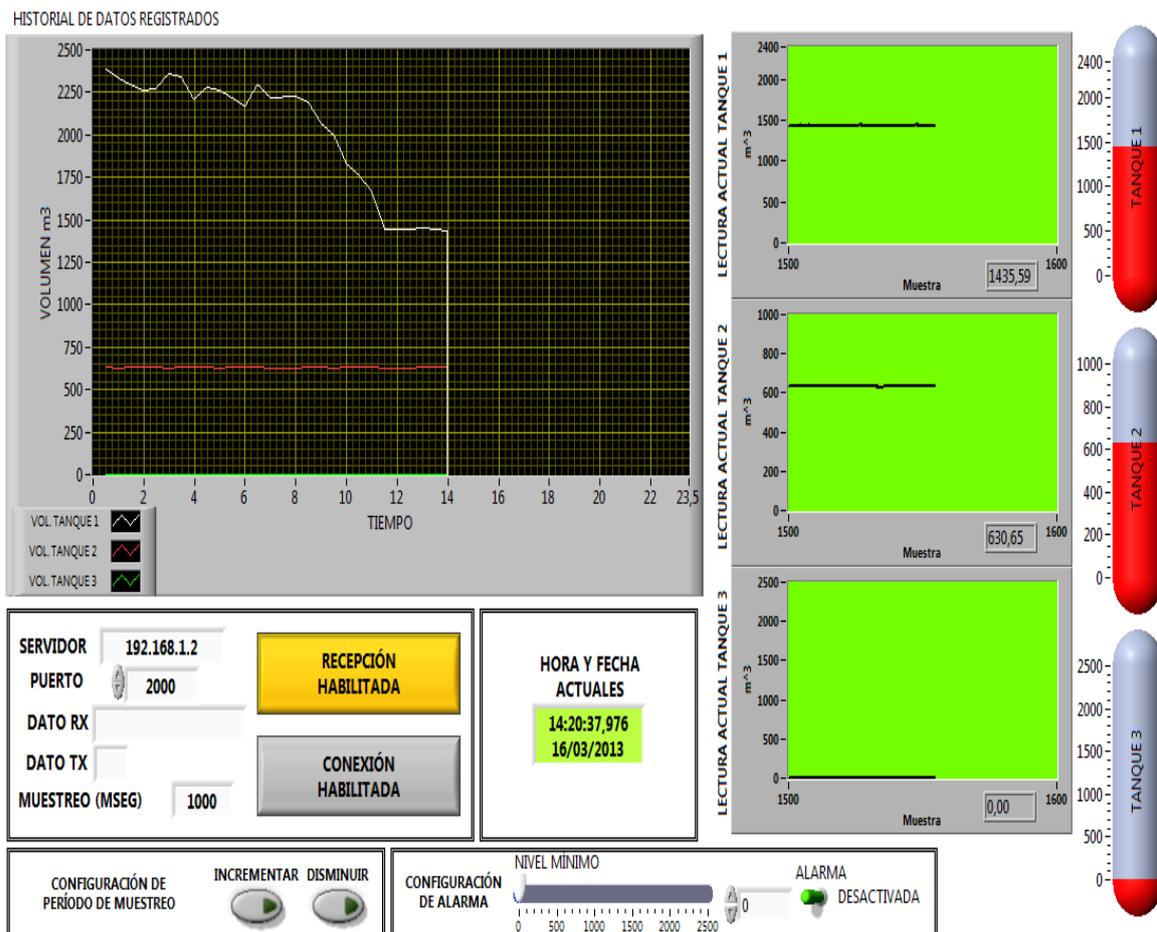


Figura 27. Pantalla principal de la interfaz

La interfaz permite ver el cliente que está enviando los datos, el puerto por el cual se está realizando la transmisión, el dato recibido desde el dispositivo de adquisición y el tiempo de muestreo en ms, como se indica en la Figura 28.

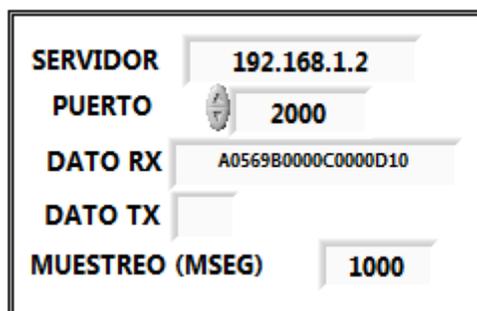


Figura 28. Datos que se visualizan en la interfaz

La Figura 29 indica la fecha y la última hora que se grabó el archivo, en la carpeta creada específicamente para ello, llamada **database emapa** ubicada en el disco C de la PC.



Figura 29. Nombre y ubicación del archivo de grabación

En la Figura 30 se observa cómo se van guardando los datos obtenidos en la base de datos.

Tablas					
HISTORICO_NIVEL_AGUA					
HORA	FECHA	NIVEL_TANQUE_1	NIVEL_TANQUE_2	NIVEL_TANQUE_3	
0:29:59	05/02/2013	2368	631	0	
0:59:59	05/02/2013	2154	634	0	
1:29:59	05/02/2013	2236	631	0	
1:59:59	05/02/2013	2378	629	0	
2:29:59	05/02/2013	2325	631	0	
2:59:59	05/02/2013	2356	634	0	
3:29:59	05/02/2013	2369	631	0	
3:59:59	05/02/2013	2391	629	0	
4:29:59	05/02/2013	2372	631	0	
4:59:59	05/02/2013	2389	634	0	
5:29:59	05/02/2013	2335	631	0	
5:59:59	05/02/2013	2296	629	0	
6:29:59	05/02/2013	2258	631	0	
6:59:59	05/02/2013	2220	634	0	
7:29:59	05/02/2013	2189	631	0	
7:59:59	05/02/2013	2168	629	0	
8:29:59	05/02/2013	2028	631	0	
8:59:59	05/02/2013	1978	634	0	
9:29:59	05/02/2013	1920	631	0	
9:59:59	05/02/2013	1867	631	0	
10:29:59	05/02/2013	1759	634	0	
10:59:59	05/02/2013	1757	631	0	

Registro: 1 de 1703 Sin filtro Buscar

Figura 30. Datos registrados en la base de datos de Access

También la interfaz permite incrementar o disminuir la velocidad de muestreo desde 100ms hasta 2000ms utilizando los botones que se indican en la Figura 31.

El aumento y disminución del período de muestreo se lo realiza con la finalidad de observar el comportamiento del sistema.

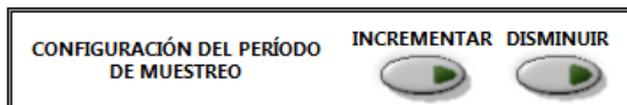


Figura 31. Botones para el incremento o disminución de la velocidad de muestreo

Los botones que se indican en la Figura 32 permiten habilitar la recepción de los datos cuando el operador lo desee y habilitar la conexión con el dispositivo respectivamente, estos mismos botones permiten deshabilitar la recepción y la conexión. La finalidad de este botón es debido a que permite establecer la conexión entre el microcontrolador y LabVIEW, para que se empiece a transmitir o no la información según el usuario lo requiera.



Figura 32. Botones de recepción y conexión

Al presentarse niveles críticos en los niveles de agua adquiridos en la recepción se activa una alarma como se indica en la Figura 33, para que se pueda tomar decisiones oportunas y evitar problemas en la distribución del líquido vital, la alarma está programada para valores altos y bajos según la capacidad que tenga cada tanque, en la interfaz la alarma es visual y en la subestación es audible.

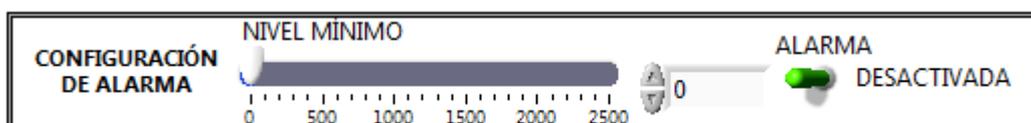


Figura 33. Configuración de alarma

3.5.2 PANTALLA DE HISTÓRICOS

La pantalla de históricos que se muestra en la Figura 34 lleva un registro de cada tanque, en la que se puede visualizar la hora, la fecha y el volumen de agua que tiene cada tanque. Estos datos históricos son almacenados en una carpeta

del disco de datos del computador, creada específicamente para ello, en esta pantalla se puede escoger la fecha que se quiere ver el reporte diario

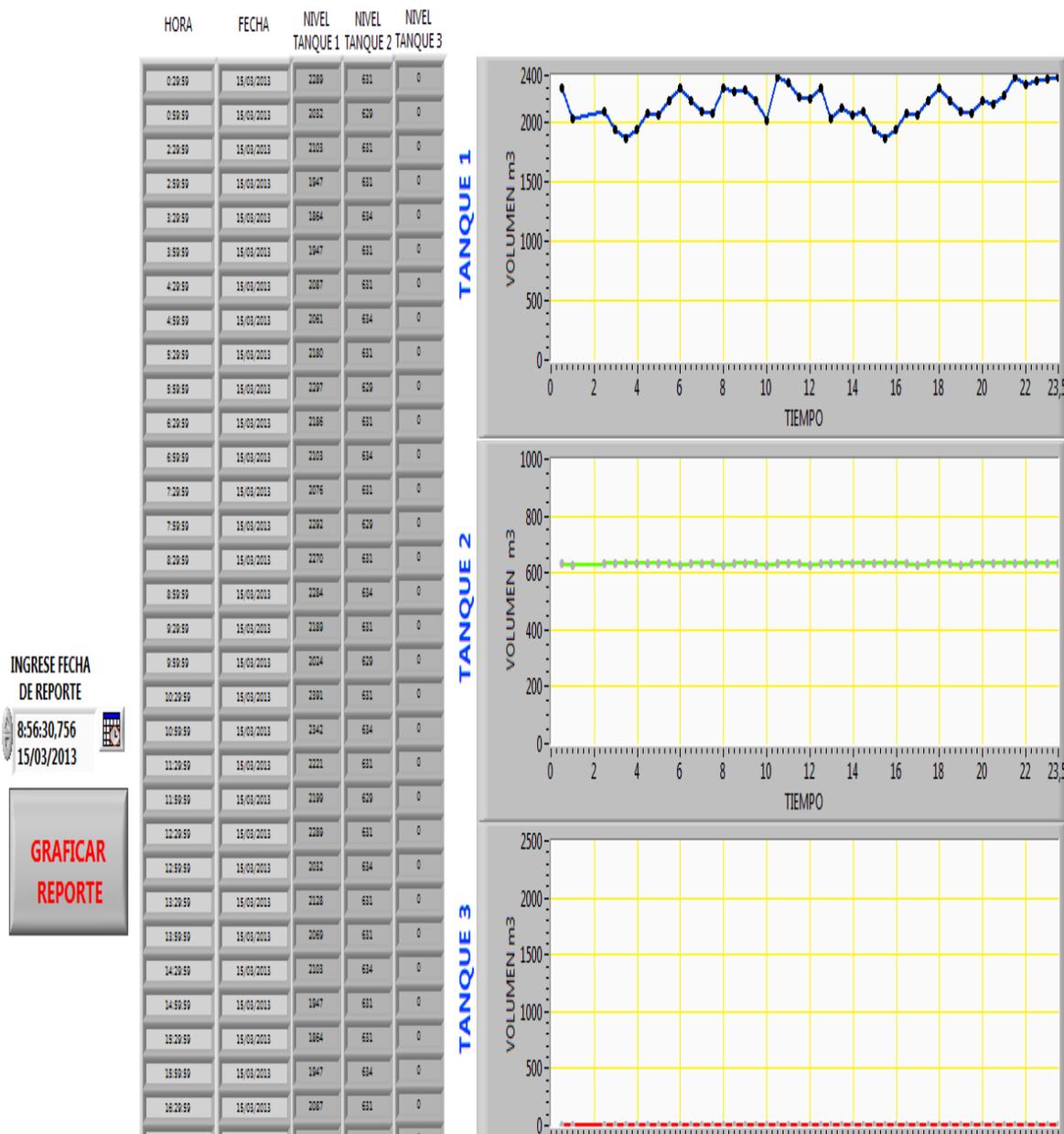


Figura 34. Pantalla de históricos de los datos obtenidos de los tanques de la subestación Azaya

En la pantalla de históricos permite ingresar la fecha de la que se quiere generar el reporte.

CAPITULO IV:

En el presente capítulo se realiza el diseño del enlace entre la subestación Azaya y la oficina Matriz de EMAPA-I, tomando en cuenta los factores que intervienen en el enlace, tanto en el lado de transmisión como en el de recepción, así como las pérdidas en la propagación.

Además, se realiza el estudio de los requisitos técnicos, legales y presupuestarios, necesarios que debe tener un enlace para la aprobación por la SENATEL.

RADIOENLACE ENTRE LA SUBESTACIÓN AZAYA Y LA OFICINA MATRIZ DE EMAPA-I

Al momento del diseño del enlace entre la subestación Azaya y la oficina Matriz de EMAPA-I, se debe tomar en cuenta que el factor limitante de la propagación de la señal en un enlace es la distancia que se debe cubrir entre el transmisor y el receptor, además esta distancia debe estar libre de obstáculos. Otros aspectos que se debe señalar son: la potencia de transmisión, pérdidas en el cable, ganancia de antena, FSL, zona de Fresnel y sensibilidad del receptor, los mismos que intervienen en el enlace, y que permiten obtener una eficiente comunicación y cobertura de cada punto para la transmisión de los datos obtenidos.

La red inalámbrica existente que tiene la institución permite la transmisión de datos tanto a las sucursales, Bodega y Laboratorio de EMAPA-I donde se encuentran los tanques de almacenamiento de agua para la ciudad de Ibarra.

El radioenlace a implementarse es desde la subestación Azaya a la Matriz ya que no se cuenta con un enlace de transmisión de datos entre estos dos puntos, el mismo que trabaja bajo IEEE 802.11a, ya que la institución tiene implementado sus otros enlaces bajo este estándar.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL RADIOENLACE

El diseño del enlace depende de la distancia, aspecto geográfico, naturaleza del terreno y condiciones de los sitios en los que se va a implementar.

El radioenlace tiene como función transportar los datos del nivel de agua desde los tanques de almacenamiento de la subestación AZAYA hacia las oficinas de la EMAPA-I, para ello se ha implementado un enlace punto a punto desde Azaya hasta el repetidor ubicado en el Olivo Alto por el sector del Mirador San Miguel Arcángel en donde se encuentra instalada una torre con equipos de transmisión de datos perteneciente a EMAPA-I. En esta torre se integra el enlace punto a punto a la red de EMAPA-I, la que se conecta desde San Miguel Arcángel hacia la oficina matriz mediante otro enlace punto a punto en un canal que opera a una frecuencia de 5,8GHz.

4.1.1 CÁLCULO DEL RADIOENLACE

Para el cálculo del radioenlace se realizó una inspección previa en los puntos que se van a comunicar tomando la altura y coordenadas como se indica en la Tabla 25; para ello se utilizó el GPSMap 62, y con la ayuda de la herramienta de radio mobile se calculó la distancia que existe entre los puntos que es de 3,84Km en línea recta como se indica en la Figura 35.

Tabla 25

Alturas y Coordenadas de los nodos a interconectar

Nota: Elaborado en base a los datos obtenidos con el equipo GPSMap 62 en cada punto del enlace

NODOS	LUGAR	ALTURAS (M)	COORDENADAS
1	Planta de tratamiento Azaya	2289	Latitud 0°22'24,24" N Longitud 78°07'38,85" O
2	Mirador Arcángel	2402	Latitud 0°20'59,98" N Longitud 78°06'07,43" O

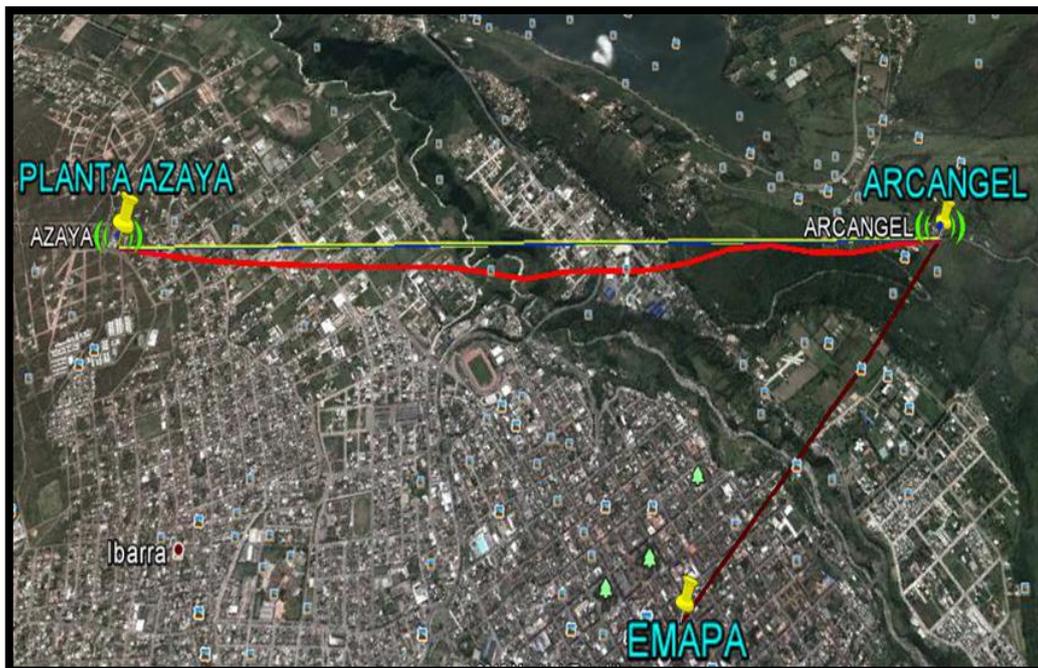


Figura 35. Distancia entre puntos
Nota: Realizado en Google Earth

Las antenas ubicadas tanto en la subestación Azaya, como en San Miguel Arcángel, se encuentran a las siguientes alturas en las torres:

Azaya: 3 m

Arcángel: 5 m

De acuerdo a la altura de las antenas y topografía del terreno, se obtiene el siguiente perfil, como se indica en la Figura 36.

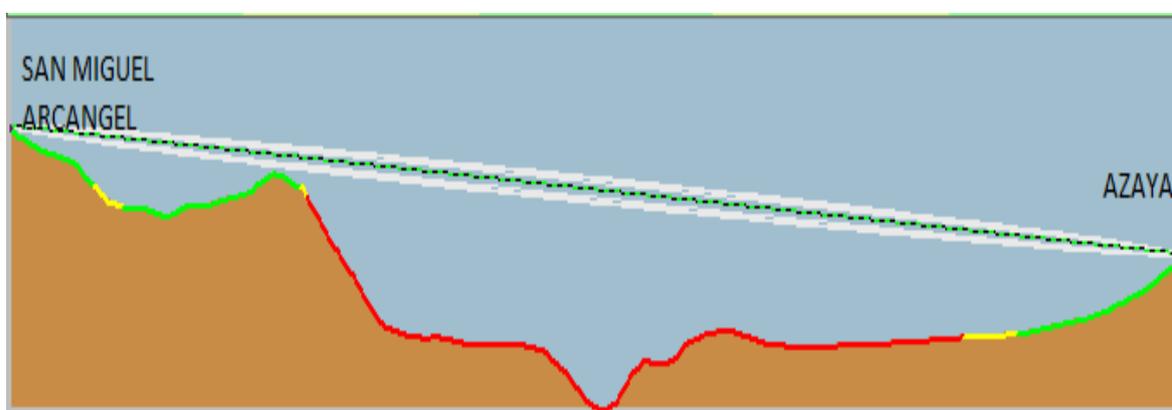


Figura 36. Perfil Azaya – Arcángel
Nota: Realizado en el software Radio-Mobile

4.1.1.1 Cálculo de Zona de Fresnel

A continuación, se verifica si existen obstrucciones a lo largo del enlace. Para esto, es necesario calcular la primera zona de Fresnel y observar si en esta área no existen obstrucciones, como se indica en la Tabla 26; para ello se hace uso de las Ecuaciones (2) y (3) indicadas en el Capítulo 1.

Tabla 26

Radio de la primera zona de Fresnel

Nota: realizado utilizando las ecuaciones 1 y 2 con intervalos de 0,5 km de distancia tomando en cuenta también el punto más alto que hay en el enlace

D1 (KM)	D2 (KM)	RADIO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL	RADIO 60% PRIMERA ZONA DE FRESNEL
0	3,8	0	0
0,86	3,5	6,367176572	3,820305943
0,5	3	4,494788649	2,696873189
1	2,5	5,802747194	3,481648317
1,5	2	6,356591068	3,813954641
2	1,5	6,356591068	3,813954641
2,5	1	5,802747194	3,481648317
3	0,5	4,494788649	2,696873189
3,5	0,86	6,367176572	3,820305943
3,8	0	0	0

4.1.1.2 Cálculo del margen de despeje

El cálculo del margen de despeje se realizó tomando el punto más crítico del enlace es decir un punto de mayor altitud que se encuentre en el trayecto, el cual se encuentra a 0,86 Km desde San Miguel Arcángel.

Para lograr confiabilidad del enlace es necesario que la altura del margen de despeje sea mayor al radio de la primera zona de Fresnel en el mismo punto. Este cálculo se lo realiza utilizando la Ecuación (4) que se indica en el Capítulo 1.

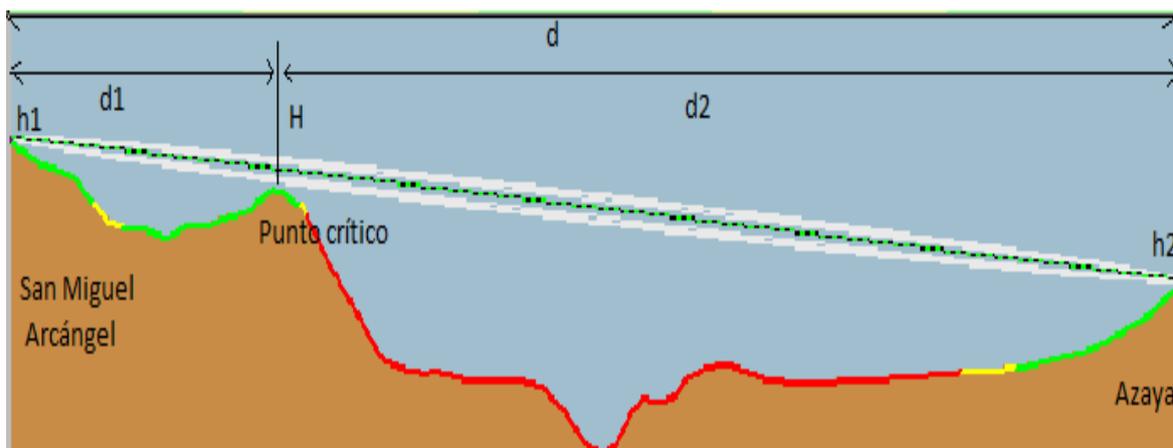


Figura 37. Datos para el cálculo del punto crítico
Nota: Realizado en Radio-Mobile

Los datos para el punto crítico según la Figura 37 son:

$$d1 = 0,86 \text{ Km.}$$

$$d2 = 2,98 \text{ km.}$$

$$d = 3,84 \text{ Km.}$$

$$h1 = 2402 \text{ m}$$

$$h2 = 2289 \text{ m}$$

$$H = 2365 \text{ m}$$

Entonces se calcula h_d

$$h_d = 2402 - \frac{0,86}{3,84}(2402 - 2289) - \frac{0,86 * 2,98}{2 \left(\frac{4}{3}\right) 6,37} - 2365 \text{ [m]}$$

$$h_d = 11,54 \text{ m}$$

Por lo tanto, al comparar con el radio de la primera zona de Fresnel en el punto crítico se tiene que:

$$h_d > r \text{ (} h_d = 11,54 \text{ m; } r = 6,36\text{m)}$$

$$11,54 > 6,36$$

Entonces, se puede concluir que en el enlace Azaya-Arcángel si existe línea de vista, la primera zona de Fresnel se encuentra totalmente despejada y no existe obstrucción.

4.1.1.3 Balance del Sistema

Para analizar un sistema de comunicación inalámbrico, es indispensable realizar los cálculos del balance del sistema. Para esto, se debe considerar los parámetros correspondientes a las ganancias y pérdidas de potencia en todo el trayecto entre el transmisor y el receptor.

4.1.1.3.1 Potencia de transmisión

La potencia de transmisión es la potencia de salida del radio del nodo 2 (San Miguel Arcángel) para trabajar con 802.11a y realizar el radioenlace es 27dBm, como indica los datos del fabricante; pero este es un valor ideal y para una confianza en la estabilidad del enlace hay que tener en cuenta el margen de tolerancia del dispositivo, que en éste caso es de 2dBm. Entonces la potencia de salida es de 25dBm.

4.1.1.3.2 Ganancia de antenas

La antena que está ubicada en cada nodo para formar el enlace inalámbrico, es una antena de doble polaridad incorporada en el Nanostation5 de 16dBi para Azaya y para San Miguel Arcángel una antena grilla de 27dBi.

4.1.1.3.3 Pérdidas en el cable y conectores

Las pérdidas típicas del cable, varían desde los 0.1dB/m hasta 1dB/m. Para obtener un valor de las pérdidas en el cable se tomó en cuenta las características de la antena que se muestra en la Tabla 27.

Tabla 27

Características técnicas principales de la antena

Nota: realizado en base a las características técnicas que tiene la antena ubicada en San Miguel Arcángel

CARACTERÍSTICA	VALOR
Frecuencia	5.8 GHz
Ganancia	27 dBi
Polarización	horizontal
Conector	N-Hembra
Longitud del cable y tipo	0,65m LRM-195

Observando las características de la antena y considerando el valor típico de pérdidas en el cable que se indica la Tabla 4 del Capítulo I, se ha estimado una pérdida en el cable de 0,5dB.

Mientras que, para el conector se debe considerar un promedio de pérdidas de 0,3 a 0,5 dB por conector como regla general, por lo tanto las pérdidas estarían en 0,75dB.

En la Tabla 28 se indica un resumen de los datos para el cálculo del enlace Azaya-Arcángel.

Tabla 28

Datos para el cálculo del enlace Azaya-Arcángel

Nota: Realizado en base a los parámetros que se utilizan en el cálculo del enlace con sus respectivos valores

ENLACE AZAYA-ARCÁNGEL		
PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Distancia	Km	3,84
Frecuencia	GHz	5,8
Potencia de Tx	dBm	25
Sensibilidad Rx	dBm	-81
Ganancia Antena Tx	dBi	27
Ganancia Antena Rx	dBi	16
Perdidas Cable Tx	dB	0,5
Perdidas Cable Rx	dB	0,5
Perdidas Conectores Tx	dB	0,75

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Perdidas Conectores Rx	dB	0,75
K (d. en Km y f. en GHz)		92,4
Factor Topográfico		1
Factor Climático		1/4
Valor estimado de confiabilidad		99,99%

4.1.1.3.4 Pérdidas en el espacio libre

Las pérdidas en el espacio libre se deben a pérdidas presentes a lo largo de toda la distancia del enlace. Dicho valor también depende de la frecuencia de trabajo. Para calcular estas pérdidas se utiliza la Ecuación (1) como se indica en el Capítulo 1.

$$\text{FSL (dB)} = 92,4 + 20\log(3,84) + 20\log(5,8)$$

$$\text{FSL (dB)} = 119,35$$

4.1.1.3.5 Potencia de umbral

El umbral de recepción, es un valor referencial de potencia que el equipo receptor dispone. Valores de señal por encima de este, logran establecer una comunicación inalámbrica confiable. Para el cálculo, se consideró un valor umbral de -81dBm.

4.1.1.3.6 Margen de umbral

El margen umbral se calcula utilizando la Ecuación (7) indicada en el Capítulo 1, con los valores de la Tabla 28.

$$\mathbf{Mu(dBm) = 25 - 0,5 + 27 - 119,35 + 16 - 0,5 + 81 - 0,75 - 0,75}$$

$$\mathbf{Mu (dBm) = 24,97}$$

4.1.1.3.7 Potencia de recepción

La potencia en recepción, es igual a la diferencia entre la potencia de transmisión y la suma de todas las pérdidas que se encuentran entre el transmisor y el receptor, esta potencia se calcula utilizando la Ecuación (5) que se indica en el Capítulo 1.

$$\mathbf{Prx(dBm) = 25 + 27 - 119,35 + 16 - 0,5 - 0,5 - 0,75 - 0,75}$$

$$\mathbf{Prx(dBm) = -53,85}$$

Este es uno de los valores más importantes ya que, cuanto menor sea mejor calidad tendrá el enlace, lo ideal es que se encuentre entre -40 y -80 dBm. Por lo que el enlace si se lo puede efectuar.

4.1.1.3.8 Margen de desvanecimiento

Se debe calcular, el margen de desvanecimiento estimado para determinar la confiabilidad del radioenlace. Por tal motivo, utilizaremos la Ecuación (9) que se indica en el Capítulo 1.

$$\mathbf{L_D (dB) = 30 \log 3,84 + 10 \log (6 \cdot 1 \cdot 0,25 \cdot 5,8) - 70 - 10 \log (1 - 0,9999)}$$

$$\mathbf{L_D (dB) = 2,85}$$

En la Tabla 29 se indica un resumen de los valores obtenidos en el cálculo del enlace Azaya-Arcángel.

Tabla 29

Valores del enlace

Nota: Realizado en base a los datos obtenido en el cálculo del enlace

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Potencia umbral	Pu(dBm)	-81
Margen Umbral	Mu(dBm)	24,97
Perdida de espacio libre	FSL(dB)	119,35
Potencia de recepción	Prx(dBm)	-53,85
Resultado parcial	Prx>Pu	enlace confiable
Margen de desvanecimiento	Ld(dB)	2,85
Resultado final	Mu>=Ld	enlace confiable

4.1.2 SEGURIDAD DEL RADIOENLACE

El sistema de seguridad que se ha utilizado para el radioenlace implementado es la encriptación WEP, ya que la información que se está enviando no es de mayor confidencialidad, pero se debe evitar que personas ajenas a la institución puedan enlazarse a la red perteneciente a EMAPA-I.

La configuración del mecanismo de encriptación WEP, se realizó en el radio ubicado en la subestación Azaya y también en el radio de San Miguel Arcángel.

4.2 MARCO REGULATORIO

En esta parte se realiza el estudio de los requisitos técnicos, legales y presupuestarios, necesarios que debe tener un enlace para la aprobación y registro por parte de la SENATEL.

Cabe indicar que la institución ya han realizado todos los trámites pertinentes para la aprobación de sus enlaces, por lo que este nuevo enlace es una ampliación de un nodo más.

4.2.1 NORMA PARA LA IMPLEMENTACION Y OPERACION DE SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA

El Consejo Nacional de Telecomunicaciones CONATEL mediante la resolución 417-15-CONATEL-2005 que se indica en el ANEXO E; la misma que tiene por objeto regular la instalación y operación de Sistemas de Radiocomunicaciones que utilizan técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha en los rangos de frecuencias que determine el Consejo Nacional de Telecomunicaciones; así como la norma técnica y homologación de equipos utilizados.

Tabla 30

Bandas de frecuencia de MDBA

Nota: Adaptado de la RESOLUCIÓN 417-15-CONATEL-2005. Recuperado de: http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?option=comcontent&view=category&layout=blog&id=49&Itemid=104&limitstart=5

Tipo de configuración del sistema	Banda de operación (MHz)	Potencia pico máxima del transmisor(mv)
punto-punto		
punto-multipunto	902 - 928	250
móviles		
punto-punto		
punto-multipunto	2400 - 2483,5	1000
móviles		
punto-punto		
punto-multipunto	5150 - 5250	50
móviles		
punto-punto		
punto-multipunto	5250 - 5350	250
móviles		
punto-punto		
punto-multipunto	5470 - 5725	250
móviles		
punto-punto		
punto-multipunto	5725 - 5850	1000
móviles		

4.2.2 REQUISITOS PARA EL REGISTRO

Para obtener la concesión de frecuencias para operar un sistema de radiocomunicación, sea este privado o de explotación en cualquier parte del

territorio nacional, el solicitante debe presentar en la SENATEL los siguientes requisitos:

4.2.2.1 Información Legal

1. Solicitud dirigida al señor Secretario Nacional de Telecomunicaciones, detallando el tipo de servicio al que aplica; e incluir el nombre y la dirección del representante legal.
2. Copia de la Cédula de Ciudadanía del Representante Legal.
3. Para ciudadanos ecuatorianos, copia del Certificado de votación del último proceso electoral del Representante Legal.
4. Registro Único de Contribuyentes (R.U.C.).
5. Nombramiento del Representante Legal, debidamente inscrito en el Registro Mercantil.
6. Copia certificada de la escritura constitutiva de la compañía y reformas en caso de haberlas.

4.2.2.2 Información Financiera

1. Certificado actualizado de no adeudar a la SENATEL.
2. Certificado de no adeudar a la SUPTEL.

4.2.2.3 Información Técnica

1. Estudio técnico del sistema elaborado en los formularios disponibles en la página Web del CONATEL, suscritos por un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones, con licencia profesional vigente en una de las filiales del Colegio de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos del Ecuador (CIEEE) y registrado para tal efecto en la SENATEL; debe adjuntar copia de la mencionada licencia.
2. En caso de necesitar la instalación de estaciones repetidoras, adjuntar copia del Contrato de Arrendamiento del Terreno o Copia de la Escritura del inmueble que acredite el derecho de propiedad del solicitante, e indicar las dimensiones.

4.2.2.4 Formularios

La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones ha establecido los formularios necesarios para el trámite correspondiente a la concesión, renovación o modificación de una concesión de frecuencias; dichos formularios contienen información tanto legal como técnica, a continuación se indican los formularios que deben ser entregados los mismos que se muestran en el ANEXO F.

- Formulario RC-1A (Información Legal).- Este formulario debe ser incluido en cualquier solicitud de concesión, autorización temporal de frecuencias, renovación o modificación, en el cual se debe registrar la información legal del solicitante y el responsable técnico.
- Formulario RC-1B (Información Legal Modulación Digital de Banda Ancha).- Este formulario debe ser incluido en cualquier solicitud de registro, modificación técnica o legal de un sistema de modulación digital de banda ancha.
- Formulario RC-2A (Información de la estructura del sistema de radiocomunicaciones).- en este formulario van los datos del tipo de estructura utilizada, su ubicación así como el tipo de alimentación y protecciones.
- Formulario RC-3A (Información de Antenas).- En este formulario se incluyen todas las especificaciones de la antena.
- Formulario RC-3B (Patrones de Radiación de Antenas).- En este formulario se debe graficar los patrones de radiación y también se debe especificar los valores de ganancia (dBd), tanto en el plano horizontal como en el vertical.
- Formulario RC-9A (Información de enlaces punto – punto).- En este formulario se incluyen todas las especificaciones correspondientes a las características de operación del sistema punto a punto.

- Formulario RC-14A (Esquema del Sistema de Radiocomunicaciones).- en este formulario va un esquema de la topología del sistema de radiocomunicaciones.

4.2.2.5 Tarifas por uso de frecuencia

El costo que las WLAN (IEEE 802.11) deben pagar al estado ecuatoriano para su utilización y operación es el costo del uso del espectro radioeléctrico, pues según se indica en el Art.39, del “Reglamento de Derechos de Concesión y Tarifas por el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico”, el uso del espectro radioeléctrico se cobra por “derecho de concesión de frecuencias y tarifas por su utilización en sistemas de radiocomunicaciones”.

Pero, considerando que las redes inalámbricas IEEE 802.11a/b/g, no exime del pago de la tarifa correspondiente, en razón de que éstas están destinadas para uso exclusivo del beneficiario de acuerdo a las condiciones establecidas en el título habilitante.

CAPÍTULO V:

El objetivo de este capítulo es realizar la descripción del montaje físico del sistema, puesta en funcionamiento del equipo configurando los parámetros eléctricos y de red necesarios, determinar la fiabilidad en la adquisición de datos y transmisión inalámbrica de los mismos para observar el desempeño general del sistema.

IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

La implementación del sistema de monitoreo entre la “Subestación Azaya” y la central ubicada en las oficinas de la empresa EMAPA – I en la ciudad de Ibarra, permitió probarlo para condiciones concretas de trabajo y verificar su correcto desempeño.

5.1 MONTAJE FÍSICO DEL SISTEMA

El dispositivo de adquisición de datos del nivel de agua se lo realizó en la Subestación Azaya en donde se visualiza los datos adquiridos en la GLCD y mediante el enlace inalámbrico llega a la PC de la oficina matriz, permitiendo visualizar los datos en la interfaz gráfica.

5.2 PRUEBAS

Las pruebas se realizaron tanto en el sistema de adquisición, como en el enlace inalámbrico implementado para la transmisión de los datos obtenidos por el sistema de adquisición.

5.2.1 PRUEBAS DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN

La naturaleza programable del proyecto obligó a que se realicen pruebas en software y hardware. Las verificaciones más importantes son las siguientes:

- Comunicación entre el microcontrolador y la pantalla GLCD. La Figura 38 indica la inicialización del sistema de monitoreo del nivel de agua, la misma que está ubicada en el tablero de control para su visualización local.



Figura 38. Inicialización del sistema

- Adecuada actualización de datos en la GLCD de acuerdo a las frecuencias de muestreo establecidas para la variable.
- Correspondencia entre los valores medidos de la variable y los valores calculados mediante las funciones de transferencia. La Figura 39 indica las variables muestreadas de los tres tanques de almacenamiento, en donde se indica el tiempo de muestreo, la cantidad que tiene cada tanque y su equivalente porcentaje.

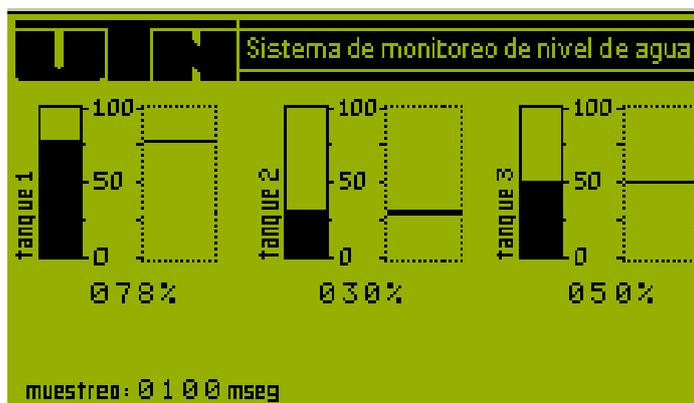


Figura 39. Visualización de las variables en la LCD

- Apropiada entrega de voltaje de 5V desde los reguladores lineales hacia el dispositivo electrónico.

En la Figura 40 se observa el desempeño correcto del dispositivo, el mismo que después de funcionar correctamente se lo plasmó a una mejor presentación.

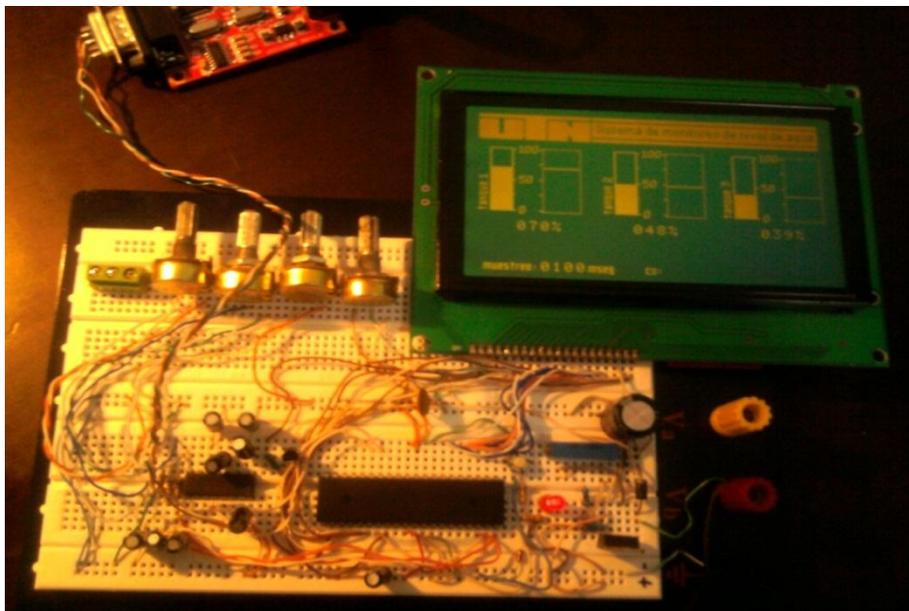


Figura 40: Ensayo del sistema completo en protoboard.

Luego de superar todas las verificaciones mencionadas y de haber sido ubicado en el tablero instalado en la planta de tratamiento de Azaya, como se indica en la Figura 41, se confirmó el funcionamiento de todo el sistema en conjunto.

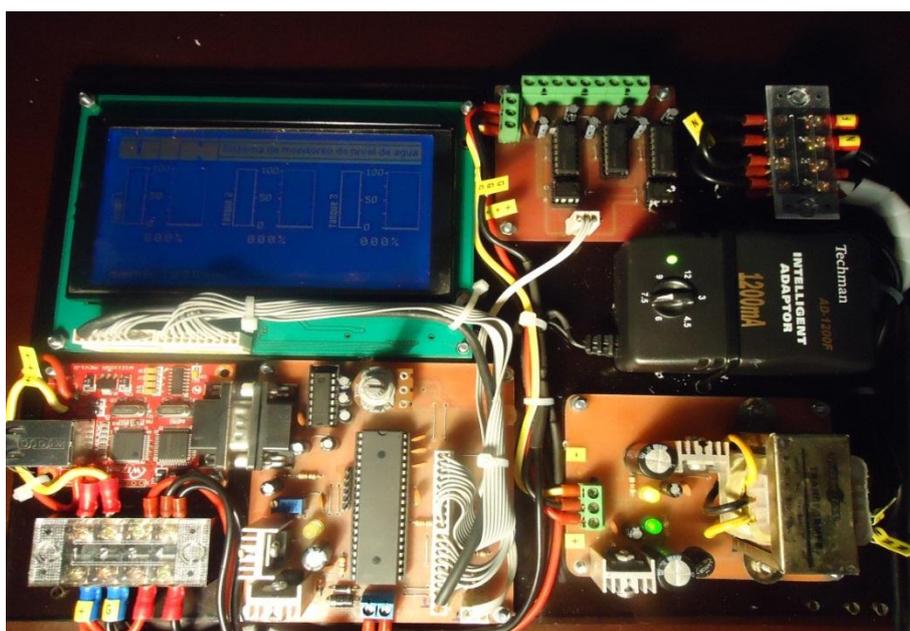


Figura 41. Implementación del dispositivo en el tablero de la subestación Azaya

Al ser un instrumento de monitoreo, las pruebas de campo realizadas consistieron en tomar datos ante distintas condiciones de consumo y compararlos con lecturas ya adquiridas.

La lectura es tomada de forma manual ya que cada operador tiene que dirigirse hasta cada tanque y observar en una manguera el volumen que tiene el tanque, la cual está ubicada junto a una regleta que está puesta la numeración respectiva en donde cada 10cm corresponden a 50m^3 , como se indica en la Figura 42.



Figura 42. Regleta ubicada en cada tanque para las lecturas respectivas

Esta prueba tomó varios días para su realización. Consistió en tomar las medidas del volumen de cada tanque durante el día a lo largo de dos semanas, esperando las variaciones del volumen que iba teniendo cada tanque.

La lectura manual tomada por los operarios se observa en el ANEXO G y la lectura del sistema se observa en el ANEXO H, estas referencias son de un día, pero hay que tener en cuenta que las pruebas se realizaron durante dos semanas, en donde se observó que estas lecturas tenía el mismo comportamiento.

5.2.1.1 Nivel de agua del tanque de 2400m³

En la Tabla 31 se puede observar el margen de error que hay entre la lectura manual y la lectura del sistema mediante varias muestras en un día con lo que respecta al tanque de 2400m³. El margen de error es tomado con relación al porcentaje de la diferencia que hay entre la lectura tomada manualmente y la lectura obtenida por el sistema de monitoreo.

Tabla 31

Mediciones del nivel de agua tanque de 2400 m³

Nota: Realizado en base a los valores que se observan en el tanque y los valores obtenidos por el dispositivo de adquisición de datos.

MUESTRA	HORA	LECTURA MANUAL m ³	LECTURA DEL SISTEMA m ³	% ERROR
1	7:00am	2375	2363	0,5
2	8:00am	2288	2278	0,4
3	9:00am	2182	2168	0,6
4	10:00am	2046	2034	0,6
5	11:00am	1922	1907	0,8
6	12:00 PM	1770	1760	0,6
7	13:00 pm	1681	1672	0,5
8	14:00 pm	1588	1575	0,8
9	15:00 pm	1487	1476	0,7
10	16:00 pm	1414	1404	0,7
11	17:00 pm	1367	1358	0,7

MUESTRA	HORA	LECTURA MANUAL m ³	LECTURA DEL SISTEMA m ³	% ERROR
12	18:00 pm	1333	1329	0,3
13	19:00 pm	1318	1306	0,9
14	20:00 pm	1304	1293	0,8
15	21:00 pm	1300	1290	0,8
16	22:00 pm	1327	1318	0,7
17	23:00am	1359	1347	0,9
18	24:00am	1389	1378	0,8
19	1:00am	1517	1514	0,2
20	2:00am	1782	1777	0,3
21	3:00am	1944	1929	0,8
22	4:00am	2138	2124	0,7
23	5:00am	2378	2360	0,8
24	6:00am	2358	2347	0,5

Como se puede observar el comportamiento del sensor del tanque de 2400m³ es muy lineal, como se indica claramente en la Figura 43.

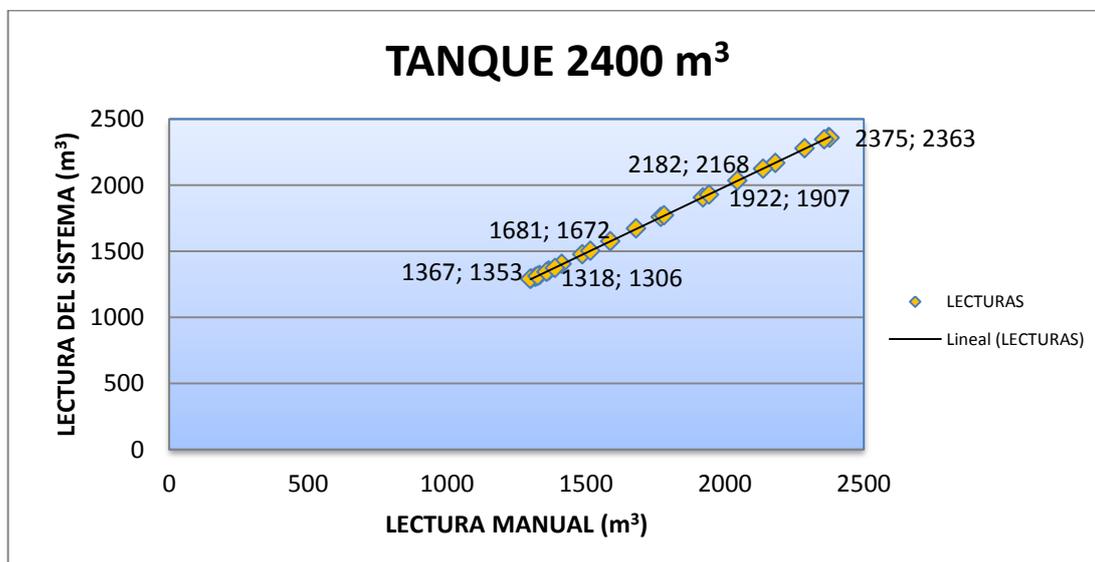


Figura 43. Diagrama de mediciones del volumen de agua del tanque de 2400 litros.
Nota: Realizado en base a los datos obtenidos en la Tabla 28.

5.2.1.2 Nivel de agua del tanque de 1000m³

En la Tabla 32 se puede observar el margen de error que hay entre la lectura manual y la lectura del sistema mediante varias muestras en un día con lo

que respecta al tanque de 1000m³. El margen de error es tomado con relación al porcentaje de la diferencia que hay entre la lectura tomada manualmente y la lectura obtenida por el sistema de monitoreo.

Tabla 32

Mediciones del nivel de agua tanque de 1000 litros

Nota: Realizado en base a los valores que se observan en el tanque y los valores obtenidos por el dispositivo de adquisición de datos.

MUESTRA	HORA	LECTURA MANUAL	LECTURA SISTEMA	% ERROR
1	7:00am	330	326	1,2
2	8:00am	291	299	-2,7
3	9:00am	235	231	1,7
4	10:00am	450	447	0,7
5	11:00am	668	659	1,3
6	12:00 PM	881	894	-1,5
7	13:00 pm	910	898	1,3
8	14:00 pm	855	845	1,2
9	15:00 pm	800	788	1,5
10	16:00 pm	755	766	-1,5
11	17:00 pm	704	694	1,4
12	18:00 pm	660	655	0,8
13	19:00 pm	632	621	1,7
14	20:00 pm	594	589	0,8
15	21:00 pm	540	543	-0,6
16	22:00 pm	652	643	1,4
17	23:00am	774	768	0,8
18	24:00am	613	607	1,0
19	1:00am	800	789	1,4
20	2:00am	904	894	1,1
21	3:00am	900	896	0,4
22	4:00am	920	909	1,2
23	5:00am	874	864	1,1
24	6:00am	810	799	1,4

Como se puede observar el comportamiento del sensor del tanque de 1000m³ es muy lineal, como se indica claramente en la Figura 44.

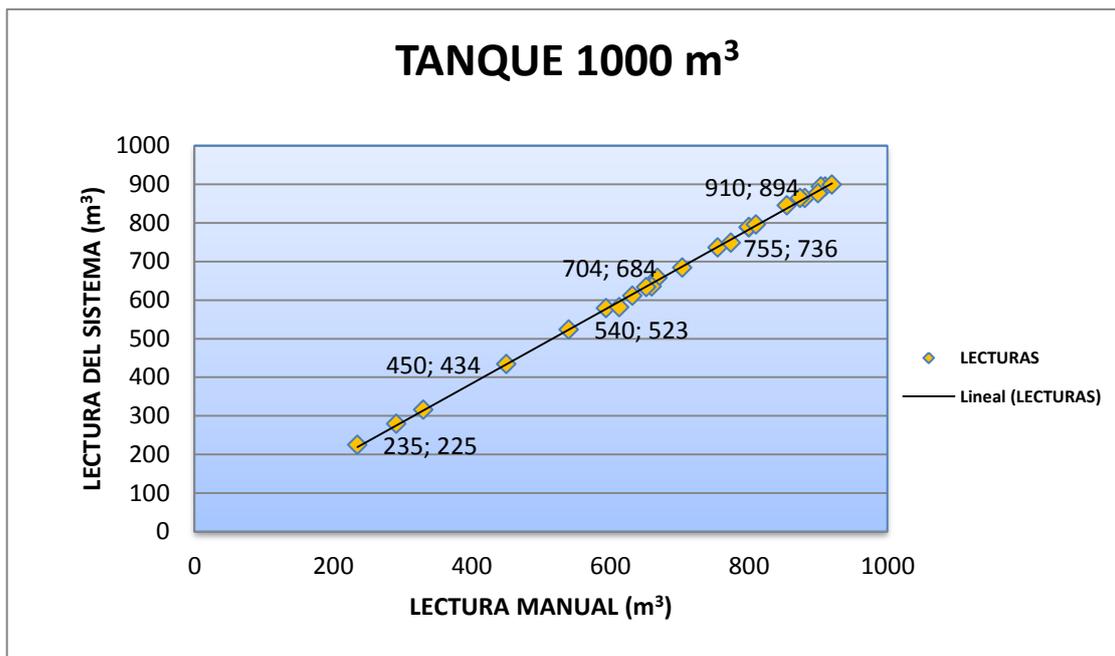


Figura 44. Diagrama de mediciones del nivel de agua del tanque de 1000 litros.
 Nota: Realizado en base a los datos obtenidos en la Tabla 29.

5.2.1.3 Desempeño general del sistema

De las pruebas indicadas anteriormente se puede determinar que de todas las mediciones realizadas por el sistema se obtuvieron valores próximos a las lecturas manuales tomadas. En la Tabla 33 se observa el error máximo obtenido con cada una de las variables medidas, en los dos tanques que tienen el sensor instalado.

Tabla 33

Error máximo de las variables en cada tanque

Nota: Realizado en base al error máximo que se obtuvo al realizar la comparación entre las lecturas tomadas cada hora

TANQUE	% ERROR MÁXIMO
tanque de 2400m ³	0,9
tanque de 1000m ³	1.5

Como resultado de la comparación entre el nivel de agua adquirido de forma manual y el valor tomado por el dispositivo en los dos tanques, se obtuvieron errores prácticamente imperceptibles. De manera general, las pruebas

de funcionamiento del sistema indican que el dispositivo es fiable. Por lo tanto, su implementación si es recomendable.

! Nota: Las pruebas fueron realizadas en condiciones de trabajo, es decir el sistema ya implementado tanto en la subestación Azaya; como la interfaz gráfica en la matriz EMAPA-I.

5.2.2 PRUEBAS DE CONECTIVIDAD DE LA RED

Para la verificación del enlace se realizaron pruebas como: intensidad de señal recibida, velocidad nominal de la asociación, tiempo de ida y vuelta (RTT) y velocidad real de transmisión de datos.

5.2.2.1 Nivel de la señal

En la Figura 44 se indica la intensidad de la señal, para el cual después de estar instalado enlace en la pantalla principal de configuración del equipo ubicado en Azaya se puede visualizar el nivel de señal detectado en el adaptador inalámbrico en todo instante que es de -74dBm.

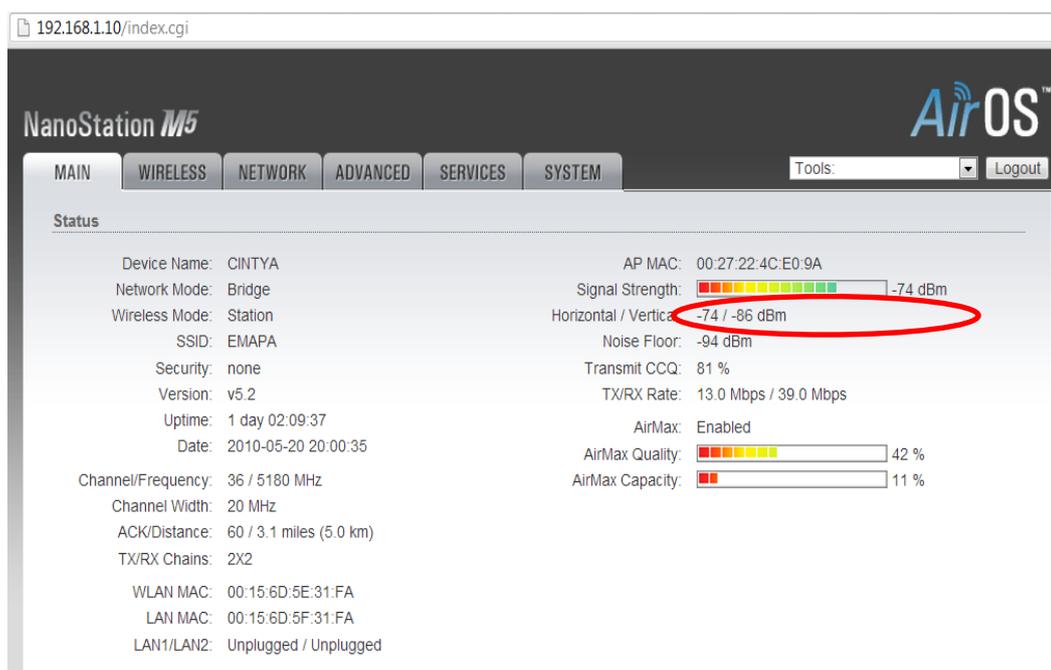


Figura 45. Intensidad de la señal en el radioenlace Azaya-Arcángel

5.2.2.2 Tiempo de ida y vuelta

Para esta prueba se hizo una petición icmp (Ver Figura 46) desde la oficina matriz hasta el módulo conversor rs232-ethernet que tiene la dirección IP 192.168.1.2 que está ubicado en el módulo de adquisición de la subestación Azaya, con el cual se pudo comprobar la conectividad del enlace.

```

C:\> ARCANGEL
Respuesta desde 192.168.1.30: bytes=1400 tiempo=6ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.30: bytes=1400 tiempo=6ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.30: bytes=1400 tiempo=14ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.30: bytes=1400 tiempo=17ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.30: bytes=1400 tiempo=11ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.30: bytes=1400 tiempo=7ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.30: bytes=1400 tiempo=14ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.30: bytes=1400 tiempo=5ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.30: bytes=1400 tiempo=7ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.30: bytes=1400 tiempo=11ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.30: bytes=1400 tiempo=4ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.30: bytes=1400 tiempo=22ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.30: bytes=1400 tiempo=6ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.30: bytes=1400 tiempo=16ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.30: bytes=1400 tiempo=8ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.30: bytes=1400 tiempo=12ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.1.30:
    Paquetes: enviados = 1765, recibidos = 1762, perdidos = 3
    (<0% perdidos>).
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 2ms, Máximo = 39ms, Media = 7ms
Control-C
^C
C:\Users\Sistemas1>

C:\> AZAYA
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=1400 tiempo=7ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=1400 tiempo=10ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=1400 tiempo=5ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=1400 tiempo=8ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=1400 tiempo=10ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=1400 tiempo=8ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=1400 tiempo=6ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=1400 tiempo=13ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=1400 tiempo=13ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=1400 tiempo=7ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=1400 tiempo=22ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=1400 tiempo=7ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=1400 tiempo=8ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=1400 tiempo=7ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=1400 tiempo=5ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.10: bytes=1400 tiempo=9ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.1.10:
    Paquetes: enviados = 1999, recibidos = 1997, perdidos = 2
    (<0% perdidos>).
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 4ms, Máximo = 48ms, Media = 10ms
Control-C
^C
C:\Users\Sistemas1>

C:\> MODULO
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=5ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=5ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=10ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=6ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=2ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=5ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=5ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.1.2: bytes=32 tiempo=4ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.1.2:
    Paquetes: enviados = 1950, recibidos = 1950, perdidos = 0
    (<0% perdidos>).
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 2ms, Máximo = 46ms, Media = 6ms
Control-C
^C
C:\Users\Sistemas1>

```

Figura 46. Pruebas de ping para verificar conexión con los equipos de radio y módulo de adquisición

Las posibles pérdidas de los datos durante la comunicación y la latencia o el tiempo que tarda en obtener la respuesta del otro extremo se indican en la Tabla 34.

Tabla 34

Tiempo de ida y vuelta en el enlace

Nota: Realizado en base a pruebas de ping que se realizaron a los puntos de transmisión

PAQUETES PERDIDOS	RTT		
	mínimo	máximo	medio
0 (0%)	4ms	48ms	10ms

5.2.2.3 Velocidad de transmisión

Para las pruebas de la medición de la velocidad de transmisión, se hizo el intercambio de archivos aproximadamente de 147MB, entre dos ordenadores uno ubicado en Azaya y otro en la oficina Matriz de EMAPA-I (Ver Figura 47).

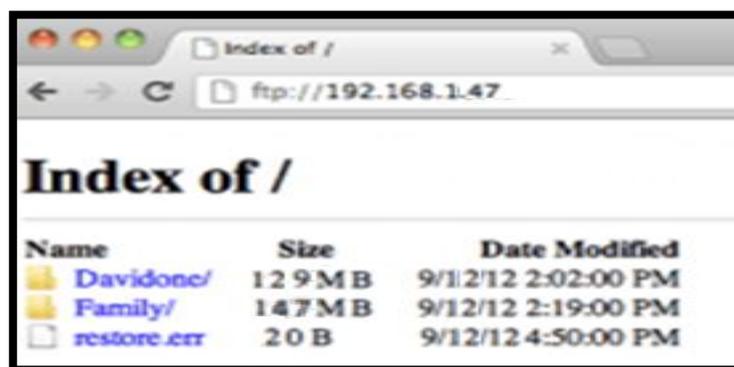


Figura 47. Intercambio de archivos desde el FTP de la empresa

5.3 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

Se analizó los costos de realización e implementación del sistema a través de:

- Un estudio de precios de mercado de los componentes principales.
- Un listado de cantidades y presupuesto referencial del sistema, que se valora con los precios indicados en el literal a).
- Una evaluación de los costos de operación y mantenimiento del sistema basada en un análisis organizacional de requerimientos del sistema.

Una vez definido la situación actual de la empresa y el diseño del sistema de monitoreo, es adecuado realizar un análisis costo-beneficio con el fin de determinar la viabilidad de implementación y operación del sistema a desarrollarse.

El análisis costo-beneficio, se utiliza con frecuencia para evaluar la utilidad que tiene un proyecto, ya que no solo se tiene en cuenta los costos y beneficios económicos, sino también los costos y beneficios sociales que posee el proyecto. En este punto se describe los costos de implementación del proyecto; se refiere al equipamiento de implementación escalable y flexible, es decir, se hace un presupuesto referencial del diseño.

5.3.1 INVERSION INICIAL Y COSTO DE IMPLEMENTACIÓN

Los costos de implementación del sistema de monitoreo propuesto incluye los costos estimados de equipamiento y el sistema de monitoreo que son necesarios para la implementación y funcionamiento del sistema del sistema de monitoreo, dando como resultado una cifra aproximada de la inversión del proyecto como se muestra en la Tabla 35.

Tabla 35

Costos de componentes electrónicos del módulo de adquisición de variables

Nota: Elaborado a partir de los costos de los materiales utilizados en el diseño del dispositivo

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Microcontrolador ATMEGA324P	1	14.00	14.00
CONVERSION SERIA RS232 A ETHERNET WIZ110SR	1	40.00	40.00
Regulador de voltaje variable LM317T	2	0.80	1.60
Regulador de voltaje a 9V LM7809	2	0.80	1.60
Conector DB9	1	0.70	0.70
Módulo GLCD 240x128	1	100.00	100.00
MAX232	1	0.60	0.60
Transformador	1	6.00	6.00

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Convertor amperaje-voltaje RCV240	3	35.00	75.00
Elementos de soldadura	-	5.00	5.00
Elementos varios (resistencias, capacitores y diodos)	-	10.00	10.00
TOTAL (USD)			254.50

5.3.2 COSTOS DE INGENIERÍA E INSTALACIÓN

- MANO DE OBRA INDIRECTA**

Estos costos corresponden a los honorarios que la empresa debe cancelar a las personas que realizan el diseño y la instalación de los equipos incluyendo la configuración de los mismos, como se detalla en la Tabla 36.

Los costos por el diseño del dispositivo son de 1000\$, ya que hay que tener en cuenta el tiempo que lleva tanto la programación del microcontrolador como la programación de la interfaz gráfica en LabVIEW; según los requerimientos que el beneficiario indica.

Tabla 36

Mano de obra indirecta

Nota: Elaborado a partir de los costos estimados para el diseño

	DESCRIPCIÓN	CANT	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO (USD)
INGENIERÍA	Diseño del dispositivo	1	1000	1000
	SUBTOTAL			1200
INSTALACIÓN	Sistema de procesamiento y visualización	1	254,5	254,5
	Subsistema de transmisión de datos (equipos de transmisión)	1	269,39	269,39
	Mantenimiento del sistema	4meses	100	400
	SUBTOTAL			923,89
TOTAL DEL DISEÑO (MANO DE OBRA INDIRECTA)				1923,9

- **MANO DE OBRA DIRECTA**

La mano indirecta incluye la operación anual del sistema y el mantenimiento que tendrá el mismo en caso de que algún integrado necesite ser cambiado o calibrado según las necesidades presentadas, como se detalla en la Tabla 37.

Tabla 37

Mano de obra directa

Nota: Elaborado a partir de las necesidades que se pueden presentar en su funcionamiento normal

DESCRIPCIÓN	CANT	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO (USD)
Operación del sistema anual	1	200	200
Mantenimiento del sistema anual	1	200	200
TOTAL DEL DISEÑO (MANO DE OBRA DIRECTA)			400

5.3.3 PROYECCIÓN DE INGRESOS

Los ingresos destinados al proyecto se han basado en el presupuesto asignado por la institución para los sistemas de ingeniería que es de 100000 dólares.

En el sistema anteriormente implementado con GPRS se tenía que pagar mensualmente una tarifa por la cantidad de Mb transmitidos, en la Tabla 38 se indica el precio por el total de Mb transmitido más una base de 140\$ por la prestación de enlaces dedicados de última milla (mensuales). Ver ANEXO I

Tabla 38

Costo diario por cada Mb transmitido

Nota: Elaborado según la información obtenida de CONECEL S.A - CLARO

Mb Desde	Mb Hasta	Tarifa por cada Mb
0	1024	\$ 1.20
1025	10240	\$ 1.10
10241	102400	\$ 1.00
1024001		\$ 0.90

5.3.4 ANÁLISIS DE LOS COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

Para el análisis de los costos de implementación se toma en cuenta la mano de obra directa, indirecta y los gastos de fabricación, como se indica en la Tabla 39.

Tabla 39

Análisis de los costos de implementación

Nota: Elaborado a partir de los costos de implementación y de ingeniería

ANÁLISIS DE COSTOS			
MANO DE OBRA INDIRECTA			
Ingeniería	1	1000	1000
Instalación	1	923,89	923,89
Total de mano de obra indirecta			1923,89
Total de costos de producción del servicio			1923,89
GASTOS DE FABRICACIÓN			
DEPRECIACIÓN DE EQUIPOS A 10 AÑOS			472,776
MANO DE OBRA DIRECTA			
Operación anual	1	200	200
Mantenimiento anual	1	200	200
Total mano de obra directa			400
TOTAL			2796,666

Según las tablas de depreciación del SRI se debe estimar el 3% de depreciación de los equipos tecnológicos con una proyección de 10 años.

La depreciación se realiza para todos los dispositivos utilizados en el desarrollo del sistema a implementar, como se indica en la Tabla 40.

Tabla 40

Depreciación de equipos

Nota: Elaborado a partir de los equipos utilizados el en diseño

DEPRECIACIÓN	EQUIPO	PRECIO	VALOR DEPRECIACIÓN
EQUIPOS ACTUALES	Sensor ultrasónico de nivel sondar 600B	67,83	20,349
	NanostationM5	119,5	35,85
	RocketM5	149,89	44,967
	Computador	800	240
	Equipo de telecontrol GSM	492.1	147.62
EQUIPOS A IMPLEMENTAR	Sistema de procesamiento y visualización	254,5	76,35

5.3.5 FLUJO DE CAJA

Son los ingresos y egresos que tiene una empresa al momento de instalar o poner en producción un servicio. En la Tabla 41 se indica el flujo de caja correspondiente al proyecto. Se debe tener en cuenta que la institución tiene asignado un presupuesto para el área de ingeniería de 100000\$ para la telemetría en los 29 puntos donde tiene tanques de almacenamiento de agua, por tal razón se ha tomado en cuenta el presupuesto que le corresponde a cada punto que es de 3448,27\$.

Tabla 41

Flujo de caja

Nota: Elaborado a partir del presupuesto correspondiente a cada subestación

	INICIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS						
Presupuesto		3448,27	3616,55	3793,03	3978,13	4172,27
TOTAL INGRESOS		3448,27	3616,55	3793,03	3978,13	4172,27
EGRESOS						
costo fijo	2396,67	2396,666	2513,62	2636,29	2764,94	2899,87
costo variable	400	400	419,52	439,99	461,46	483,98
TOTAL EGRESOS	2796,67	2796,67	2933,14	3076,28	3226,40	3383,85
FLUJO NETO (USD)	-2796,67	651,60	683,40	716,75	751,73	788,41

5.3.6 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO

Para conocer sobre la rentabilidad esperada del proyecto se analizan los siguientes indicadores para determinar su factibilidad:

- Valor Actual Neto (VAN)
- Tasa Interna de Retorno (TIR)
- Relación Beneficio Costo (B/C)
- Período de Recuperación de la Inversión (PRI)

5.3.6.1 Valor actual neto (VAN)

Es la diferencia entre el valor actual de los ingresos esperados de una inversión y el valor actual de los egresos.

Para el cálculo de la rentabilidad del proyecto se ha considerado un periodo de 5 años con una tasa de interés de 4,10% según los datos estadísticas del Banco Central del Ecuador, y se estima que los ingresos se generan a partir del segundo año luego de la implementación del sistema de adquisición.

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^m \frac{F_n}{(1+i)^n} \quad (11)$$

Dónde:

I_0 = inversión inicial

F_n = Flujos netos

m = número de periodos considerados

i = tasa de interés

$$VAN = -2766,67 + \frac{652,60}{(1+0.041)^1} + \frac{683,40}{(1+0.041)^2} + \frac{716,75}{(1+0.041)^3} + \frac{751,73}{(1+0.041)^4} + \frac{788,41}{(1+0.041)^5}$$

$$VAN = 98,01 \text{ USD}$$

(11) Ecuación 11. Se utiliza para el cálculo del Valor Actual Neto.

5.3.6.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Un proyecto es rentable cuando el TIR es mayor que la tasa de interés mínima vigente en el mercado.

$$-I_0 + \sum_{n=1}^m \frac{F_n}{(1+r)^n} = 0 \quad (12)$$

Dónde:

I_0 = inversión inicial

F_n = Flujos netos

m = número de periodos considerados

r = tasa interna de retorno

$$TIR = -2766,67 + \frac{652,60}{(1+r)^1} + \frac{683,40}{(1+r)^2} + \frac{716,75}{(1+r)^3} + \frac{751,73}{(1+r)^4} + \frac{788,41}{(1+r)^5}$$

TIR=9%

Como es mayor que la tasa de interés utilizada de 4,10%, entonces el proyecto es factible.

5.3.6.3 Relación Beneficio Costo (B/C)

Determina la rentabilidad del proyecto en términos generales; el resultado expresa el dinero ganado en cada dólar que se invierte en el proyecto.

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_1^n VAN_n}{I_0} \quad (13)$$

(12) Ecuación 12. Se utiliza para el cálculo de la Tasa Interna de Retorno TIR.

(13) Ecuación 13. Se utiliza para el cálculo de la relación Beneficio/Costo.

$$\frac{B}{C} = \frac{98,01}{2796,67} = 0,035 \text{ USD}$$

5.3.6.4 Período de recuperación de la inversión (PRI)

Este período indica el tiempo necesario para recuperar el capital invertido; entre más corto sea el periodo más viable es el proyecto. Para determinar el PRI con mayor exactitud se escoge el flujo neto del año 1 donde aún no se cubre la inversión y se lo resta de la inversión.

$$2796,67 - 652,60 = 2144,07$$

Se divide el valor no recuperado en el año 1 para el flujo neto del año 2 y se tiene:

$$\frac{2144,07}{683,40} = 3,13$$

Este valor se lo suma al número de años a partir de la inversión que sería de un año

$$\begin{aligned} \text{PRI} &= 1 \text{ año} + 3,13 \text{ años} \\ 3,13 * 12 \text{ meses} &= 15,13 \text{ meses} \\ 0,13 * 30 &= 4 \text{ días} \end{aligned}$$

Por lo tanto el PRI es de 4,13 años, es decir la inversión se recupera en 4 años, 15 meses y 4 días.

$$\text{PRI} = 4 \text{ año, } 15 \text{ mes y } 4 \text{ días}$$

5.3.6.5 Beneficios

La institución no tiene beneficios económicos pero si beneficios sociales los cuales permiten que los operarios tengan mayor productividad en tareas asignadas, ya que la implementación del sistema de monitoreo presenta las siguientes ventajas.

- Se pueden hacer informes con los datos en tiempo real o con datos ya almacenados.
- Los datos son reales ya que no se tienen que transcribir mensualmente, se obtienen cada media hora y son almacenados en la base de datos.
- Todos los datos están centralizados en una base de datos a la que pueden acceder cuando lo requieran.
- Control estadístico diario por parte de los encargados del control y demanda del líquido vital.
- Evita el gasto innecesario de las hojas de papel que los operarios utilizaban para llevar el registro diario del volumen de cada tanque.

CAPÍTULO VI:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Este sistema ha sido realizado con la mayoría de los componentes con los cuales se cuenta en el mercado considerándose un sistema de bajo costo.
- La utilización de dispositivos electrónicos en el proyecto ayudaron a que no exista fallas al momento de adquirir un dato y poder tomar decisiones de forma rápida y en tiempo real.
- El sistema implementado permite a la empresa tener un control centralizado sobre el nivel de agua en cada tanque; permitiendo así tomar decisiones oportunas en caso que se tenga valores críticos.
- El sistema tiene como particularidad que con algunos cambios de software y hardware puede adaptarse a la necesidad que tenga la institución sobre el sistema de monitoreo del nivel de agua.
- La realización de la interfaz hombre-máquina en LabVIEW, permiten mostrar en la pantalla los niveles correspondientes a cada tanque y además guarda la información en un archivo para tener un registro que permita realizar análisis posteriores.
- El uso de redes basada en tcp/ip permite aprovechar estas redes de acceso para implementar sistemas de monitoreo a distancia; haciendo que la empresa no tenga que pagar mensualidades para la transmisión de los datos.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se debe tener muy en cuenta el tipo de señal que el sensor proporciona; ya que el tratamiento por medio del microcontrolador es diferente en una señal en respuesta en amperaje o voltaje.
- La dirección IP que está asignada al computador donde va a estar implementada la interfaz gráfica, es la IP que debe estar configurada en el conversor serial a tcp/ip, ya que esta es la puerta de enlace para la transmisión de los datos.
- En caso de que se quiera medir también el caudal se puede realizar unos cambios en el firmware y hardware.
- La empresa debe realizar cambios de sensores ya que los sensores que están instalados presentan problemas de calibración y se desconfiguran con frecuencia.
- El computador donde debe estar instalado el sistema de monitoreo no debe tener actualizaciones activadas, ya que el computador se puede reiniciar y los datos no se almacenan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS, RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS EN LÍNEA Y TESIS

- Adr Formación. (2012), Introducción a Visual Basic. Recuperado de http://www.adrformacion.com/curso/visualbasic/leccion1/introduccion_visual_basico.htm
- Atmel C. (2008). In – System Programmable Flash. 8 – Bit AVR Microcontroller with 16 / 32 / 64Kbytes. San Jose CA 95131 – USA.
- Atmel C. (2008) Getting Started with the CodeVisionAVR. C Compiler. San Jose CA 95131 – USA.
- Atmel C. (2012). Microcontrolador Atmega 324P/V. Recuperado de http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc8011.pdf
- Burr B. (2012). RCV420. Current Loop Receiver. Recuperado de <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/rcv420.pdf>
- Build V. (2012), LCD-240H128T. 240 x 128 Graphic LCD. Recuperado de: <http://www.vishay.com/docs/37376/37376.pdf>
- Comer D. (2009) Redes Globales de Información con Internet y TCP / IP. *Principios Básicos, Protocolos y Arquitectura*. Prentice Hall
- EtherPower. (2011). Net2Serial. *Conversor Serie RS-232 / RS-485 a Ethernet*. Recuperado de: <http://www.etherpower.com.ar/index.php?view=article&catid=40:conversores-serial-ethernet&id=64:net2serial-l>
- Gadre D. (2010), Programming and Customizing the AVR Microcontroller.2010.
- Hitachi I. (2012), Interfacing and set-up of Toshiba T6963C. Recuperado de: http://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/Monochrome/AN-029-Toshiba_T6963C.pdf
- Johnson D. (2008). Análisis Básico de Circuitos Eléctricos. Prentice
- Kurose R. (2010) Redes de Computadores. *Un Enfoque Descendente Basado en Internet*. Pearson Addison – Wesley.
- National Instruments, ¿Qué es LabVIEW? Recuperado de <http://www.ni.com/labview/whatis/>
- Reid N. (2009). 802.11 (Wi-Fi): *Manual de Redes Inalámbricas*. México.

- Sebastian B. (2011). *Cálculo de radioenlace*. Recuperado de:
http://www.it46.se/courses/wireless/materials/es/06_Calculo-Radioenlace/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v01.pdf
- Soarland & Hexin. (2011). HXSP-2108E Serial to TCP/IP. Recuperado de
http://www.hexin-technology.com/shared/manual/HXSP-2108E_Serial_Device_Server_UserManual.pdf
- Senatel. (2012). Marco Regulatorio. *Sistemas de modulación digital de banda ancha MDBA*. Recuperado de:
http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&id=1639:sistemas-de-modulacion-digital-de-banda-ancha-mdba&catid=40:servicios&Itemid=166
- Sondar. (2009). Ultrasonic Level Meter. *SLM-600 Plus Series*. Recuperado de:
<http://www.instrumart.com/assets/SLM600V2-manual.pdf>
- Wiznet, (2011). Conversor WIZ110SR. Recuperado de
http://www.olimex.cl/pdf/WizNet/WIZ110SR_User_Manual_V2.0.pdf

GLOSARIO DE TÉRMINOS

CMOS: Son las siglas de Complementary Metal Oxide Semiconductor (Semiconductor complementario de óxido metálico). Es un tipo de semiconductor o firmware de memoria de baja potencia que almacena la información de configuración básica.

CSMA/CD: Estas siglas corresponden a Carrier Sense Multiple Access, Collision Detect (Acceso múltiple con escucha de portadora y detección de colisión). Es un protocolo de acceso compartido que mejora las prestaciones en las redes Ethernet.

DSSS: Es la abreviatura del término en inglés Direct Sequence Spread Spectrum (Espectro Expandido por Secuencia Directa). Esta técnica genera un patrón de bits redundante para cada uno de los bits que componen la señal. Cuanto mayor sea este patrón de bits, mayor será la resistencia de la señal a las interferencias.

FHSS: Son las siglas en inglés de Frequency Hopping Spread Spectrum (Espectro Expandido por Salto de Frecuencia). Es una técnica de modulación que consiste en transmitir una parte de la información en una serie de frecuencias aleatoriamente, saltando de frecuencia en frecuencia sincronamente con el transmisor.

FSL: Son las siglas de Perdida en el Espacio Libre. Mide la pérdida de potencia en el espacio libre sin considerar cualquier tipo de obstáculos que exista entre el transmisor y receptor.

HMI: Es el acrónimo de Human Machina Interface que en español es Interfaz Hombre-Máquina. Permite ver datos en tiempo real para que el operador interactúe con los medios.

IEEE: Corresponde a las siglas Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y electrónicos), quienes se dedican a la

estandarización de la teoría y aplicación en las áreas de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación, sin fines de lucro.

ISM: Son las siglas de Industrial, Científica y Médica, son bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial de radiofrecuencia electromagnética en áreas industrial, científica y médica; sin necesidad de licencias pero respetando los niveles de potencia transmitida.

IDE: Es el acrónimo de Ambiente Integrado de Desarrollo, es una aplicación de software que proporciona servicios integrales a los programadores de computadoras para el desarrollo de software.

LCD: Son las Pantallas de Cristal Líquido, que es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromos; son utilizadas en dispositivos electrónicos, ya que utiliza cantidades muy pequeñas de energía eléctrica.

MIPS: Es la abreviación de Millones de instrucciones por segundo, que es una forma de medir la potencia en los microprocesadores de arquitectura RISC.

OSI: Interconexión de Sistemas Abiertos, que fue creado por ISO como protocolos abiertos interconectables en cualquier sistema. Este modelo divide las tareas de la red en siete niveles.

PIRE: Es la Potencia Isotrópica Radiada Equivalente, es la potencia que resulta de la potencia del transmisor y de la ganancia de la antena y se mide en dBm.

RISC: Computador con Set de Instrucciones Reducido que se los utiliza en los microprocesadores o microcontroladores en conjuntos de instrucciones pequeñas y simples que toman menor tiempo para ejecutarse.

SNR: Es la Relación señal a ruido que hay entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia del ruido que la corrompe. Este margen es medido en decibelios.

TCP: Protocolo de Control de Transmisión, es un protocolo de la capa de transporte del modelo TCP/IP orientado a conexión, que garantiza que los datos sean entregados a su destino sin errores y en el mismo orden en que fueron transmitidos.

UART: Son las siglas de Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (Transmisor-Receptor Asíncrono Universal), que se encarga de manejar las instrucciones de dispositivos conectados en paralelo y transformarlas en formato serie o viceversa para que puedan ser transmitidos a través de los puertos.

UNII: Infraestructura de Información Nacional sin Licencia, las mismas que fueron definidas por la Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos – FCC en el espectro de frecuencias cercano a 5GHz para la implementación de redes inalámbricas de área local.

ANEXOS

ANEXO A: CONVERSOR/RECEPTOR 4-20 RCV420JP



RCV420

Precision 4mA to 20mA CURRENT LOOP RECEIVER

FEATURES

- COMPLETE 4-20mA TO 0-5V CONVERSION
- INTERNAL SENSE RESISTORS
- PRECISION 10V REFERENCE
- BUILT-IN LEVEL-SHIFTING
- $\pm 40V$ COMMON-MODE INPUT RANGE
- 0.1% OVERALL CONVERSION ACCURACY
- HIGH NOISE IMMUNITY: 86dB CMR

APPLICATIONS

- PROCESS CONTROL
- INDUSTRIAL CONTROL
- FACTORY AUTOMATION
- DATA ACQUISITION
- SCADA
- RTUs
- ESD
- MACHINE MONITORING

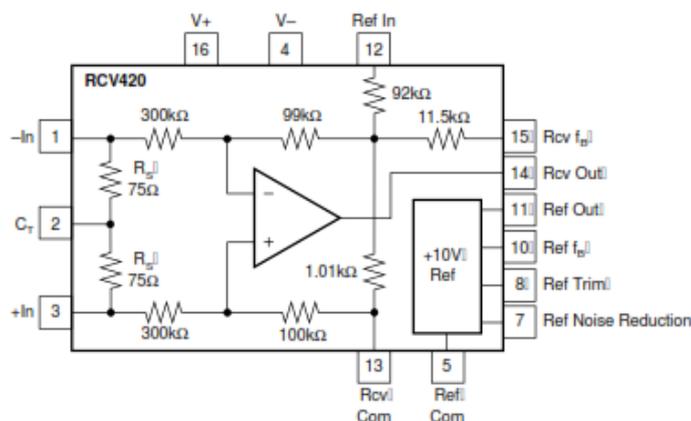
DESCRIPTION

The RCV420 is a precision current-loop receiver designed to convert a 4–20mA input signal into a 0–5V output signal. As a monolithic circuit, it offers high reliability at low cost. The circuit consists of a premium grade operational amplifier, an on-chip precision resistor network, and a precision 10V reference. The RCV420 features 0.1% overall conversion accuracy, 86dB CMR, and $\pm 40V$ common-mode input range.

The circuit introduces only a 1.5V drop at full scale, which is useful in loops containing extra instrument burdens or in intrinsically safe applications where

transmitter compliance voltage is at a premium. The 10V reference provides a precise 10V output with a typical drift of 5ppm/ $^{\circ}C$.

The RCV420 is completely self-contained and offers a highly versatile function. No adjustments are needed for gain, offset, or CMR. This provides three important advantages over discrete, board-level designs: 1) lower initial design cost, 2) lower manufacturing cost, and 3) easy, cost-effective field repair of a precision circuit.



SPECIFICATIONS

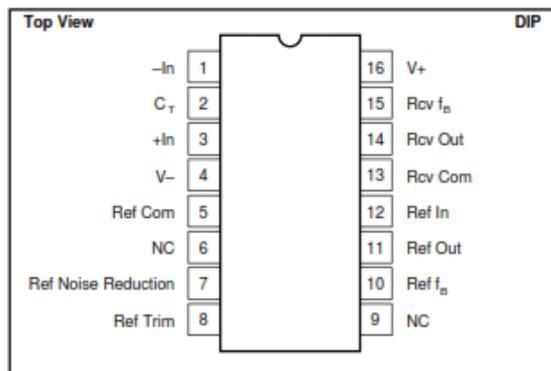
ELECTRICAL

At $T = +25^{\circ}\text{C}$ and $V_s = \pm 15\text{V}$, unless otherwise noted.

CHARACTERISTICS	RCV420KP, JP			UNITS
	MIN	TYP	MAX	
GAIN				
Initial		0.3125		V/mA
Error		0.05	0.15	% of span
Error—JP Grade			0.25	% of span
vs Temp		15		ppm/ $^{\circ}\text{C}$
Nonlinearity ⁽¹⁾		0.0002	0.002	% of span
OUTPUT				
Rated Voltage ($I_o = +10\text{mA}$, -5mA)	10	12		V
Rated Current ($E_o = 10\text{V}$)	+10, -5			mA
Impedance (Differential)		0.01		Ω
Current Limit (To Common)		+49, -13		mA
Capacitive Load (Stable Operation)		1000		pF
INPUT				
Sense Resistance	74.25	75	75.75	Ω
Input Impedance (Common-Mode)		200		k Ω
Common-Mode Voltage			± 40	V
CMR ⁽²⁾	70	80		dB
vs Temp (DC) ($T_A = T_{\text{MIN}}$ to T_{MAX})		76		dB
AC 60Hz		80		dB
OFFSET VOLTAGE (RTO)⁽³⁾				
Initial			1	mV
vs Temp		10		$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
vs Supply ($\pm 11.4\text{V}$ to $\pm 18\text{V}$)	74	90		dB
vs Time		200		$\mu\text{V}/\text{mo}$
ZERO ERROR⁽⁴⁾				
Initial		0.025	0.075	% of span
Initial—JP Grade			0.15	% of span
vs Temp		10		ppm of span/ $^{\circ}\text{C}$
OUTPUT NOISE VOLTAGE				
$f_B = 0.1\text{Hz}$ to 10Hz		50		$\mu\text{Vp-p}$
$f_C = 10\text{kHz}$		800		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
DYNAMIC RESPONSE				
Gain Bandwidth		150		kHz
Full Power Bandwidth		30		kHz
Slew Rate		1.5		V/ μs
Settling Time (0.01%)		10		μs
VOLTAGE REFERENCE				
Initial	9.99		10.01	V
Trim Range ⁽⁵⁾		± 4		%
vs Temp		5		ppm/ $^{\circ}\text{C}$
vs Supply ($\pm 11.4\text{V}$ to $\pm 18\text{V}$)		0.0002		%/V
vs Output Current ($I_o = 0$ to $+10\text{mA}$)		0.0002		%/mA
vs Time		15		ppm/kHz
Noise (0.1Hz to 10Hz)		5		$\mu\text{Vp-p}$
Output Current	+10, -2			mA
POWER SUPPLY				
Rated		± 15		V
Voltage Range ⁽⁶⁾	-5, +11.4		± 18	V
Quiescent Current ($V_o = 0\text{V}$)		3	4	mA
TEMPERATURE RANGE				
Specification	0		+70	$^{\circ}\text{C}$
Operation	-25		+85	$^{\circ}\text{C}$
Storage	-40		+85	$^{\circ}\text{C}$
Thermal Resistance, θ_{JA}		80		$^{\circ}\text{C}/\text{W}$

NOTES: (1) Nonlinearity is the max peak deviation from best fit straight line. (2) With 0 source impedance on Rcv Com pin. (3) Referred to output with all inputs grounded including Ref In. (4) With 4mA input signal and Voltage Reference connected (includes V_{OS} , Gain Error, and Voltage Reference Errors). (5) External trim slightly affects drift. (6) I_o Ref = 5mA, I_o Rcv = 2mA.

PIN CONFIGURATION



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS⁽¹⁾

Supply	±22V
Input Current, Continuous	40mA
Input Current Momentary, 0.1s	250mA, 1% Duty Cycle
Common-Mode Input Voltage, Continuous	±40V
Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C
Output Short Circuit to Common (Rcv and Ref)	Continuous

NOTE: (1) Stresses above these ratings may cause permanent damage.

PACKAGE INFORMATION

PRODUCT	PACKAGE	PACKAGE DRAWING NUMBER ⁽¹⁾
RCV420KP	16-Pin Plastic DIP	180
RCV420JP	16-Pin Plastic DIP	180

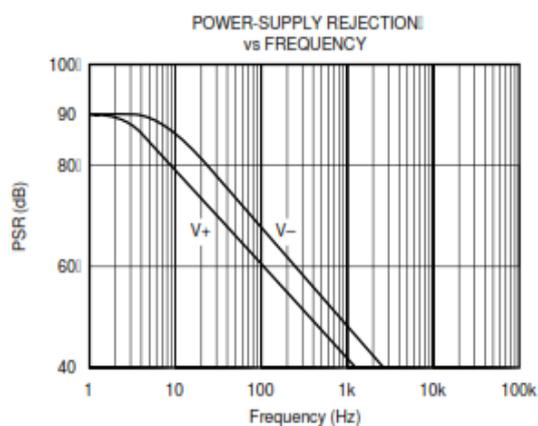
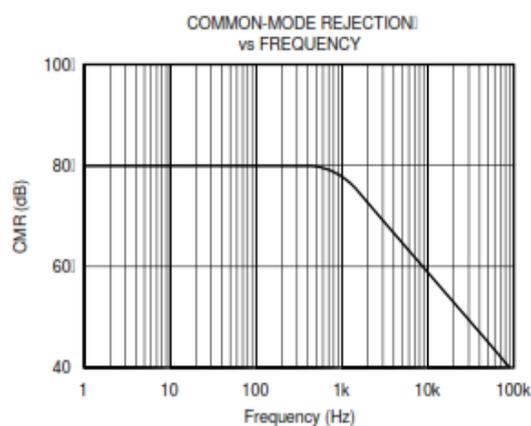
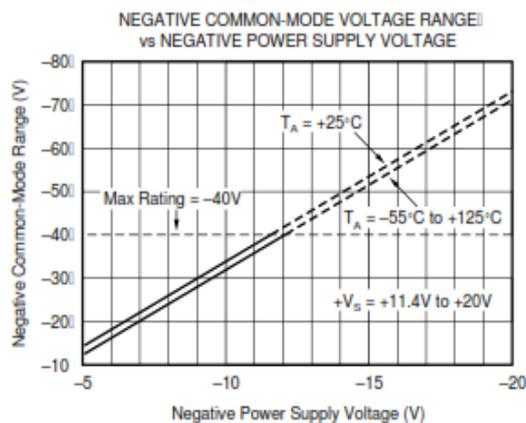
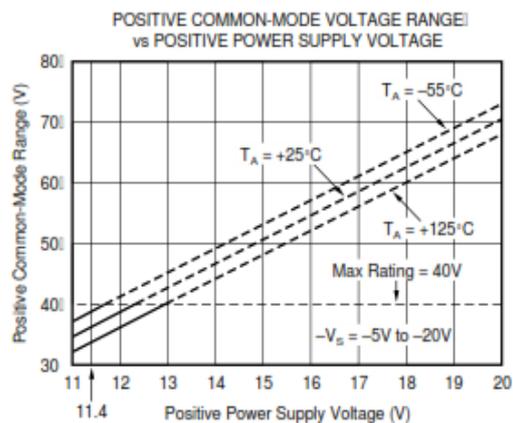
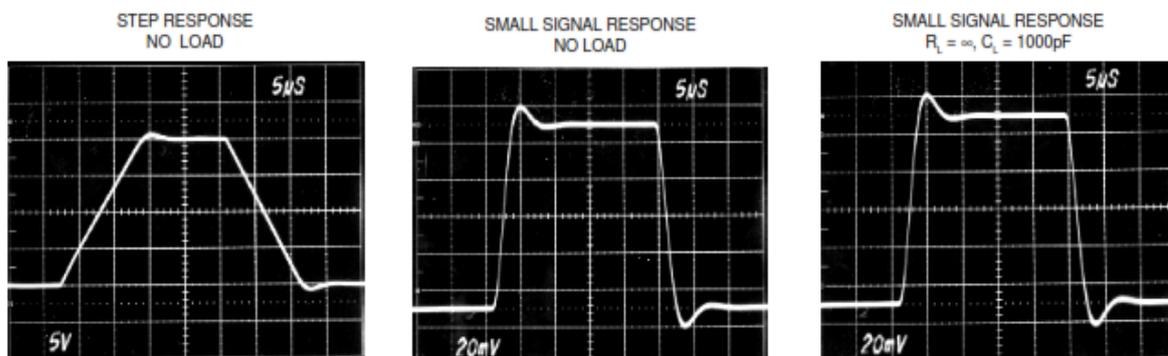
NOTE: (1) For detailed drawing and dimension table, please see end of data sheet, or Appendix C of Burr-Brown IC Data Book.

ORDERING INFORMATION

PRODUCT	PERFORMANCE GRADE	PACKAGE
RCV420KP	0°C to +70°C	16-Pin Plastic DIP
RCV420JP	0°C to +70°C	16-Pin Plastic DIP

TYPICAL PERFORMANCE CURVES

At $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{V}$, unless otherwise noted.



ANEXO B: MEDIDOR DE NIVEL POR ULTRASONIDOS SONDAR 600B

About the SLM600 Series

Functional Description

The Sondar SLM600 Series is a highly developed ultrasonic level measurement system which provides non-contacting level measurement for a wide variety of applications in both liquids and solids.

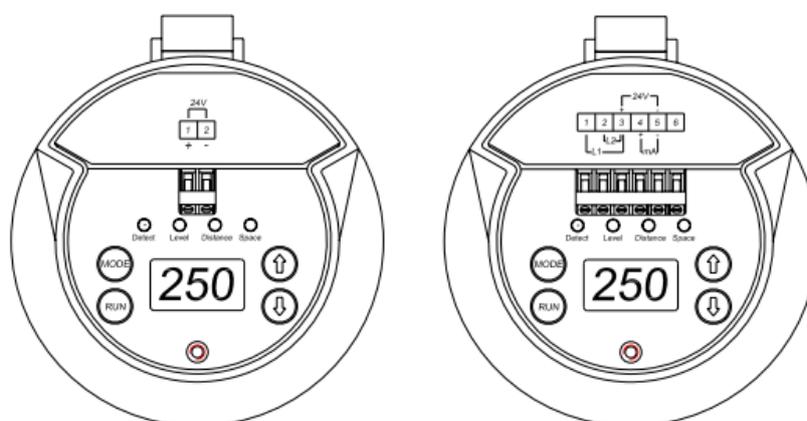
Easy calibration and maintenance free “fit and forget” performance mean that you can install the SLM600 Series rapidly and with confidence. Two Switched outputs NPN open collector, with fully programmable set points are provided in the 3 wire version, together with fault condition being indicated by the mA output on both the 2 and 3 wire versions.

The Sondar SLM600 Series operates on the principle of timing the echo received from a measured pulse of sound transmitted in air and utilise “state of the art” echo extraction technology.

It can measure distances from 0.35m to 6m from the face of the transducer to the surface being monitored, dependent on the material being measured.

The SLM600 Series can show **level**, **space**, **distance**, on the display. The switched outputs can be programmed to give an ‘ON’ and ‘OFF’ point for external control. There is a 4-20 mA output that can be connected to a remote chart recorder or PLC, to monitor level, space or distance, dependant on the measurement mode selected, and provides a ‘fault condition’ alarm of either 3.8mA or 21mA.

The Sondar SLM600 Series has an IP65 lid covering an integral LCD display and 4 buttons used for programming purposes, together with 4 LED’s which provide status information whilst in RUN and PROGRAM Mode.



Product Specification

Physical

Dimensions	Overall	105 (dia). x 248.5 (height) mm
	Electronics housing	105 (dia). x 172 (height) mm
	Transducer housing	55 (dia) x 76.5 (height) mm
	Mounting	2" NPT
Weight		Nominal 1.3 kg
Case material/description		Polypropylene
Cable entry detail		1 x PG11 at rear (fitted with gland)

Environmental

IP Rating (electronics housing)	IP65
Max. & Min. temperature (electronics)	-20 °C to +70 °C (-4 ~ 158°F)
Pressure	up to 2 Bar
CE approval	EMC approval to BS EN 55011:1991 (Class A), BS EN50082-2: 1995 BS EN61000-4-2:1995 BS ENV50140:1993 BS ENV50141:1993 BS ENV50204:1995 BS EN61000-4-4:1995

Performance

Accuracy	0.25% of the measured range or 3 mm (whichever is greater)
Resolution	0.03% of full scale or 1mm (whichever is greater)
Max. range	Liquids 6m(256 inches)
Beam Angle	4° at -3dB.
Damping Rate	Adjustable 0.1m/min to 10m/min
Temperature Compensation	Fully compensated via integral temperature sensor over entire operational span

Outputs

Analogue output	4-20 mA into max 750 Ω (user adjustable) Fault condition Alarm 3.8mA or 21mA user selectable.
NPN Open Collector switched output	2 Switched outputs, user programmable set-points.
Display	3 Digit LCD Display

Programming

On-board programming	via 4 tactile push button keys
-----------------------------	--------------------------------

Supply

Power supply	DC 20 - 30V
Current Consumption	Less than 0.08A

ANEXO C: PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR

```

#include <mega324.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <delay.h>
#include <math.h>
#include <imagenes.c>
//definiciones para uart
#define RXB8 1
#define TXB8 0
#define UPE 2
#define OVR 3
#define FE 4
#define UDRE 5
#define RXC 7
#define FRAMING_ERROR (1<<FE)
#define PARITY_ERROR (1<<UPE)
#define DATA_OVERRUN (1<<OVR)
#define DATA_REGISTER_EMPTY (1<<UDRE)
#define RX_COMPLETE (1<<RXC)
//definiciones para adc
#define ADC_VREF_TYPE 0x40//definiciones de referencia
//definiciones de entradas / salidas
#define BIT_WR PORTC.0
#define BIT_RD PORTC.1
#define BIT_CE PORTC.2
#define BIT_CD PORTC.3
#define BIT_RST PORTC.4
#define led PORTC.7
#define backlight PORTC.6
//constantes
const int home_texto=0x0F00;//(240*128)/8=3840-->0x0F00
const unsigned char area_texto=0x001E;//cuántos bytes antes de una nueva línea(30 bytes)
const int home_graficos=0x0000;
const unsigned char area_graficos=0x001E;//cuántos bytes antes de una nueva línea(30 bytes)
const unsigned char AutoModeWrite=0xB0;//DataAutoWrite
//const unsigned char AutoModeRead=0xB1;//DataAutoRead
const unsigned char AutoModeReset=0xB2;//Auto reset
const unsigned char modo_lcd_set=0x80;//envía esto hecho función OR con lo siguiente:
//const unsigned char modo_lcd_OR=0b0000;
const unsigned char modo_lcd_XOR=0b0001;
//const unsigned char modo_lcd_TA=0b0100;//modo TEXT ATTRIBUTE
//const unsigned char modo_lcd_RAM=0b1000;//1=CG RAM, 0=CG ROM interna
//const unsigned char LCDSetCursorPtr=0x21;//dirección del cursor
//const unsigned char LCDSetCursorSize=0xA0;//cursor 1 línea
const unsigned char LCDDispMode=0x90;//envía esto hecho función OR con lo siguiente:
//const unsigned char LCDDisp_BLK=0b0011;//parpadeo de cursor
//const unsigned char LCDDisp_CUR=0b0010;//incrementa cursor
const unsigned char LCDDisp_TXT=0b0100;//Text-OK,Graphic-NG
const unsigned char LCDDisp_GRH=0b1000;//Text-NG,Graphic-OK
const unsigned char LCDBitSet=0xF8;
const unsigned char LCDBitReset=0xF0;
//variables globales
unsigned char mensaje[30];
unsigned int valor_ad[3];
int tanque_porcent[3]={0,0,0};
int tanque_m3[3]={0,0,0};
int tanque_ant_porcent[3]={0,0,0};
int tanque_ant_m3[3]={0,0,0};
unsigned char tanque_linea;
unsigned char estado_linea_tanque[3][50];
unsigned char contador_interrup=0;
unsigned char contador_muestreo=0;
unsigned char muestreo=10;

unsigned char estado_plano[3][25];

```

```

unsigned char estado_plano_ant[3][25];
unsigned char cont_plano[3]={0,0,0};
unsigned char mayor_que_25[3]={0,0,0};
bit autoriza_lectura=0;
bit autoriza_tx=0;
//prototipaje
//unsigned char glcd_lee_byte(void);
void glcd_escribe_byte(unsigned char cd, unsigned char data);
void glcd_escribe_byte_auto(unsigned char data);
void glcd_escribe_comando2(int data, unsigned char cmd);
void glcd_escribe_comando1(unsigned char data, unsigned char cmd);
void glcd_gotoxy(unsigned char x, unsigned char y, unsigned char text);
interrupt [TIM0_OVF]
void timer0_ovf_isr(void)
{
    TCNT0=61;//reinicializa registro de trabajo del timer
    contador_interrup++;
    if(contador_interrup>3)
    {
        contador_interrup=0;
        contador_muestreo++;
        if(contador_muestreo>=muestreo)
        {
            autoriza_lectura=1;
            contador_muestreo=0;
        }
    }
}

interrupt [USART_RXC]
void usart_rx_isr(void)
{
    char dato_recibido,estado;
    estado=UCSR0A;
    dato_recibido=UDR0;

    if((estado&(FRAMING_ERROR|PARITY_ERROR|DATA_OVERRUN))==0)
    {
        switch(dato_recibido)
        {
            case 'A':
                autoriza_tx=1;
                muestreo=10;
                break;
            case 'B':
                autoriza_tx=0;
                break;
            case 'C':
                if(autoriza_tx==1)
                {
                    muestreo++;
                    if(muestreo>20)
                    {
                        muestreo=20;
                    }
                }
                break;
            case 'D':
                if(autoriza_tx==1)
                {
                    muestreo--;
                    if(muestreo==0)
                        muestreo=1;
                }
                break;
            default:
                break;
        }
    }
}
}

```

```

unsigned int lee_conversor(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input|(ADC_VREF_TYPE&0xff);
    //delay necesario para la estabilización del voltaje de entrada en el CAD
    delay_us(10);
    //inicia conversión
    ADCSRA|=0x40;
    //espera a que la conversión se termine
    while((ADCSRA&0x10)==0);
    ADCSRA|=0x10;
    return ADCW;
}

void glcd_init(void)
{
    int contador;
    DDRB=0xFF;//inicializa PORTB

    BIT_CE=0;//inicializa estado de pines de control
    BIT_WR=1;
    BIT_RD=1;
    BIT_CD=1;//command

    BIT_RST=0;//resetea
    delay_us(10);//delay luego del reset
    BIT_RST=1;//empieza

    //configura áreas de gráficos y texto
    glcd_escribe_comando2(home_texto,0x40);//home_texto Address Set
    glcd_escribe_comando2(area_texto,0x41);//area_texto column Set
    glcd_escribe_comando2(home_graficos,0x42);//GraphicHomeAddress Set
    glcd_escribe_comando2(area_graficos,0x43);//GraphicArea column Set
    //configura puntero de dirección a 0
    glcd_escribe_comando2(0x0000,0x24);//Set AddressPointer a 0
    //limpia toda la RAM de la GLCD(32k)
    glcd_escribe_byte(1,AutoModeWrite);//configura Data Auto Write
    for (contador=0;contador<0x7fff;contador++)//0x7FFF=32767 bytes
    {
        glcd_escribe_byte_auto(0);//llena todo con ceros
    }
    glcd_escribe_byte(1,AutoModeReset);
}

void glcd_escribe_byte(unsigned char cd,unsigned char data)//escribe comando o dato en modo "normal"
{
    unsigned char status=0,temp=0;
    DDRB=0x00;//entradas
    BIT_CE=1;
    BIT_WR=1;
    BIT_RD=1;
    BIT_CD=1;//por defecto
    while(status!=0x03)//está ocupada GLCD?
    {
        BIT_RD=0;
        BIT_CE=0;//después de 150ns lee el dato en B0-7
        #asm
            nop
            nop
            nop
            nop
        #endasm
        temp=PINB;
        BIT_CE=1;
        BIT_RD=1;
        status=temp&0x03;//aplica máscara
    }

    DDRB=0xff;//todas salidas
    BIT_CD=cd;//command/data bar (1=command 0=data)
    PORTB=data;//pone datos en el bus de datos
}

```

```

    BIT_CE=0;
    BIT_RD=1;//no lee
    BIT_WR=0;//escribe
    BIT_CE=1;
    BIT_WR=1;//release
}
void glcd_escribe_byte_auto(unsigned char data)//escribe PORTD como dato en modo"Auto"
{
    unsigned char status=0,temp=0;//Cuando "auto mode",los bits de status son diferentes de los en "normal mode"
    DDRB=0x00;//todas entradas
    BIT_CE=1;
    BIT_WR=1;
    BIT_RD=1;
    BIT_CD=1;//por defecto

    while(status!=0x08)//está glcd ocupada?
    {
        BIT_RD=0;
        BIT_CE=0;//después de 150ns lee el dato en B0-7
        #asm
            nop
            nop
            nop
            nop
        #endasm
        temp=PINB;
        BIT_CE = 1;
        BIT_RD = 1;
        status = temp & 0x08; //Masking
    }
    DDRB=0xff;//todas salidas
    BIT_CD=0;//esto es siempre datos
    PORTB=data;//pone dato en el bus de datos
    BIT_CE=0;
    BIT_RD=1;//no lee
    BIT_WR=0;//escribe
    BIT_CE=1;
    BIT_WR=1;//release
}
void glcd_escribe_comando1(unsigned char data,unsigned char cmd)
{
    glcd_escribe_byte(0,data);
    glcd_escribe_byte(1,cmd);
}
void glcd_escribe_comando2(int data,unsigned char cmd)
{
    glcd_escribe_byte(0,data & 0xff);//aplica máscara, LSB a uno
    glcd_escribe_byte(0,data>>8);//shift right 8bit, MSB a uno
    glcd_escribe_byte(1,cmd);
}

/*
unsigned char glcd_lee_byte(void)
{
    unsigned char data = 0, status = 0, temp = 0;
    DDRB=0x00;//todas entradas
    BIT_CE=1;
    BIT_WR=1;
    BIT_RD=1;
    BIT_CD=1;//por defecto
    #asm
        nop
        nop
        nop
        nop
    #endasm

    while (status != 0x03) // is LCD busy?
    {
        BIT_RD=0;

```

```

    BIT_CE=0;
    temp=PINB;
    BIT_CE=1;
    BIT_RD=1;
    status=temp&0x03;//aplica máscara
}
BIT_CD=0;//comando/dato
BIT_CE=0;
BIT_RD=0;//lee
////////////////////////////////////
#asm
    nop
    nop
    nop
    nop
#endasm
////////////////////////////////////
data=PINB;
BIT_RD=1;
BIT_CE=1;
BIT_CD=1;
return data;//regresa el dato leído
}
void glcd_pixel8(unsigned char x,unsigned char y,unsigned char pixel8)
{
    unsigned char x_H;
    x_H=(x/8);
    glcd_gotoxy(x_H+1,y,0);
    glcd_escribe_comando1(pixel8,0xc0);//escribe dato e incrementa
}
void glcd_printf(unsigned char limite)
{
    unsigned char i;
    for(i=0;i<limite;i++)
    {
        glcd_escribe_comando1(mensaje[i]-0x20,0xc0);//al restar 0x20 se transform //de ASCII a dato para escribir
    }
}
void glcd_putchar(char dato)
{
    glcd_escribe_comando1(dato-0x20,0xc0);//al restar 0x20 se transforma
        //de ASCII a dato para escribir
}
}
void glcd_putc_int(unsigned char x,unsigned char y,int actual,unsigned char limite_inf,unsigned char limite_sup)
{
    unsigned char i;

    if(actual>=10000)
    {
        sprintf(mensaje,"%i",actual);
    }
    else if((actual<10000)&&(actual>=1000))
    {
        sprintf(mensaje,"0%i",actual);
    }
    else if((actual<1000)&&(actual>=100))
    {
        sprintf(mensaje,"00%i",actual);
    }
    else if((actual<100)&&(actual>=10))
    {
        sprintf(mensaje,"000%i",actual);
    }
    else if((actual<10))
    {
        sprintf(mensaje,"0000%i",actual);
    }
}
glcd_gotoxy(x,y,1);

```

```

for(i=limite_inf;i<=limite_sup;i++)
{
    glcd_escribe_comando1(mensaje[i]-0x20,0xc0);//al restar 0x20 se transforma //de ASCII a dato para escribir
}
}
void pantalla(void)
{
    int n;
    glcd_escribe_comando2(0x00,0x24);//ubica puntero en dirección 0
    for(n=0;n<3840;n++)
    {
        glcd_escribe_comando1(pantalla_bmp[n],0xc0);//escribe dato e incrementa
    }
}
void logo_utn(void)
{
    int n;
    glcd_escribe_comando2(0x00,0x24);//ubica puntero en dirección 0

    for(n=0;n<3840;n++)
    {
        glcd_escribe_comando1(logo_utn_bmp[n],0xc0);//escribe dato e incrementa
    }
}
unsigned int aproxima(float numero)
{
    unsigned int numero_aprox;
    float acumulador,acumulador1;
    acumulador=floor(numero);//saca la parte entera
    acumulador1=numero-acumulador;//saca la parte decimal
    if(acumulador1>=0.5)
    {
        numero_aprox=(unsigned int)(acumulador+1);
    }
    else
    {
        numero_aprox=(unsigned int)(acumulador);
    }
    return numero_aprox;
}

void dibuja_mascara()
{
    pantalla();//dibuja máscara
    sprintf(mensaje,"000");
    glcd_gotoxy(4,12,1);//nivel tanque 1 %
    glcd_printf(3);
    glcd_putchar('%');
    glcd_gotoxy(14,12,1);//nivel tanque 2
    glcd_printf(3);
    glcd_putchar('%');
    glcd_gotoxy(25,12,1);//nivel tanque 3
    glcd_printf(3);
    glcd_putchar('%');
    sprintf(mensaje,"0000");
    glcd_gotoxy(4,13,1);//nivel tanque 1 m3
    glcd_printf(4);
    glcd_gotoxy(14,13,1);//nivel tanque 2 m3
    glcd_printf(4);
    glcd_gotoxy(25,13,1);//nivel tanque 3 m3
    glcd_printf(4);
    sprintf(mensaje,"m3");
    glcd_gotoxy(8,13,1);//m3
    glcd_printf(2);
    glcd_gotoxy(18,13,1);//m3
    glcd_printf(2);
    glcd_gotoxy(29,13,1);//m3
    glcd_printf(2);
    sprintf(mensaje,"1000");
}

```

```

glcd_gotoxy(6,16,1);//período muestreo
glcd_printf(4);
}
//calcula en porcentaje
acumulador1=valor_ad[num_tanque]*0.0977517;//función de transferencia %=(valor_adc*100%)/1023
acumulador2=(float)(tanque_ant_porcent[num_tanque]);
acumulador3=(acumulador1-acumulador2)*3;//aquí se aplica filtro iir = 3/4-->lag factor
acumulador3/=4;
acumulador3+=acumulador2;
tanque_porcent[num_tanque]=aproxima(acumulador3);
//calcula en m^3
switch(num_tanque)
{
case 0:
acumulador1=valor_ad[num_tanque]*2.4582;//función de transferencia m3=(valor_adc*(5V/1023)*(2218m3/4.41V)
break;
case 1:
acumulador1=valor_ad[num_tanque]*1.519629;//función de transferencia m3=(valor_adc*(5V/1023)*(638m3/2.052V)
break;
case 2:
acumulador1=valor_ad[num_tanque]*2.4582;//función de transferencia m3=(valor_adc*(5V/1023)*(2218m3/4.41V)
break;
}
acumulador2=(float)(tanque_ant_m3[num_tanque]);
acumulador3=(acumulador1-acumulador2)/4;//aquí se aplica filtro iir = 1/4-->lag factor
acumulador3+=acumulador2;
tanque_m3[num_tanque]=aproxima(acumulador3);
if(tanque_ant_porcent[num_tanque]!=tanque_porcent[num_tanque])
{
switch(num_tanque)
{
case 0:
glcd_putc_int(4,12,tanque_porcent[num_tanque],2,4);
break;
case 1:
glcd_putc_int(14,12,tanque_porcent[num_tanque],2,4);
break;
case 2:
glcd_putc_int(25,12,tanque_porcent[num_tanque],2,4);
break;
}
tanque_ant_porcent[num_tanque]=tanque_porcent[num_tanque];
}
if(tanque_ant_m3[num_tanque]!=tanque_m3[num_tanque])
{
switch(num_tanque)
{
case 0:
glcd_putc_int(4,13,tanque_m3[num_tanque],1,4);
break;
case 1:
glcd_putc_int(14,13,tanque_m3[num_tanque],1,4);
break;
case 2:
glcd_putc_int(25,13,tanque_m3[num_tanque],1,4);
break;
}
tanque_ant_m3[num_tanque]=tanque_m3[num_tanque];
}
if(tanque_porcent[num_tanque]<=100)
{
tanque_linea=(unsigned char)tanque_porcent[num_tanque]/2;//porque cada línea representa 2%
}
else
{
tanque_linea=50;
}
}
if(tanque_linea==0)
{

```

```

for(j=1;j<=50;j++)
{
    if(estado_linea_tanque[num_tanque][j-1]==1)//si líneas están prendidas
    {
        grafica_linea_tanque(j,0,num_tanque);//apaga
    }
}
else
{
    for(j=1;j<=tanque_linea;j++)
    {
        if(estado_linea_tanque[num_tanque][j-1]==0)
        {
            grafica_linea_tanque(j,1,num_tanque);
        }
    }
    for(j=tanque_linea+1;j<=50;j++)
    {
        if(estado_linea_tanque[num_tanque][j-1]==1)
        {
            grafica_linea_tanque(j,0,num_tanque);
        }
    }
}
grafica_plano_tanque(num_tanque);
}

void lee_datos()
{
    lee_tanque(1);
    lee_tanque(2);
    lee_tanque(3);
}
void envia_datos()
{
    unsigned char i;

    if(autoriza_tx==1)
    {
        led=1;
        sprintf(mensaje,"A%04u",valor_ad[0]);//tanque 1
        for(i=0;i<=4;i++)
        {
            putchar(mensaje[i]);//se utiliza este método para evitar //transmitir el lf que sprintf agrega //por defecto al dato
        }
        sprintf(mensaje,"B%04u",valor_ad[1]);//tanque 2
        for(i=0;i<=4;i++)
        {
            putchar(mensaje[i]);
        }
        sprintf(mensaje,"C%04u",valor_ad[2]);//tanque 3
        for(i=0;i<=4;i++)
        {
            putchar(mensaje[i]);
        }
        sprintf(mensaje,"D%02u",muestreo);//muestreo
        for(i=0;i<=2;i++)
        {
            putchar(mensaje[i]);
        }
        putchar(0x0d);//cr
        putchar(0x0a);//lf
    }
    led=0;
}

void actualiza_muestreo()
{
    unsigned int valor;

```

```

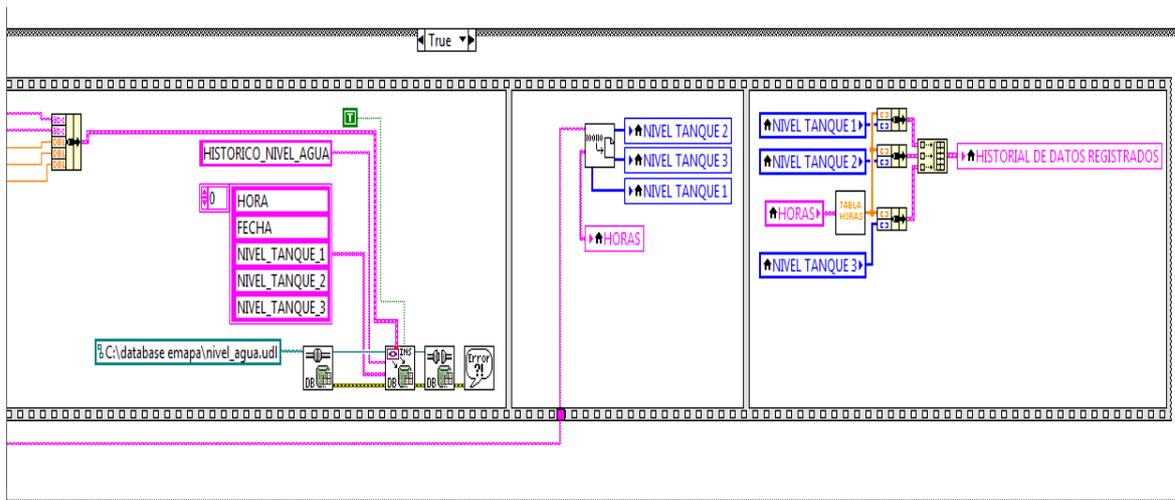
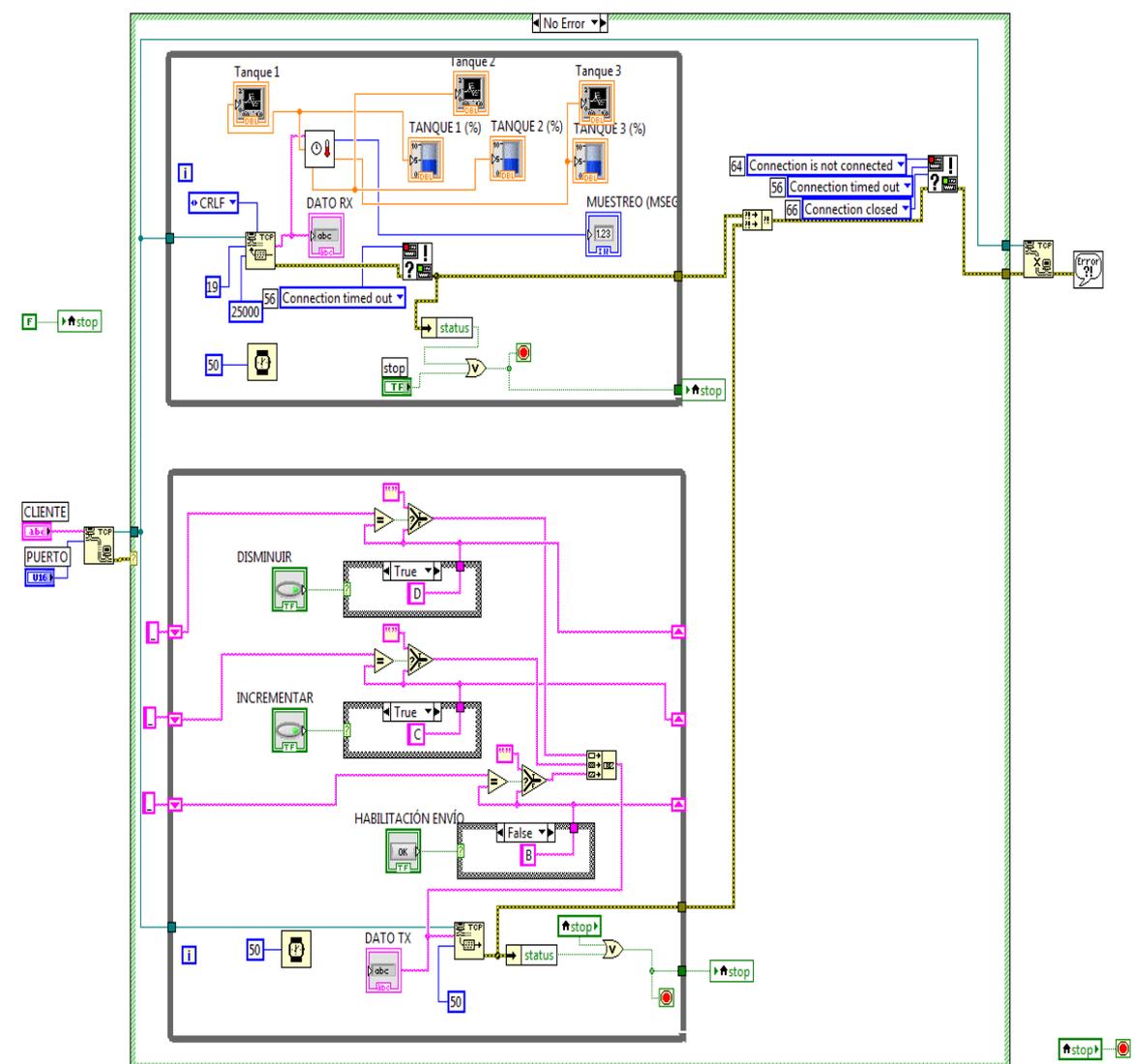
    valor=muestreo*100;
    glcd_putc_int(6,16,valor,1,4);//período muestreo
}
void inicializa_puertos()
{
    PORTA=0x00;
    DDRA=0b00000000;//entradas para conversión a/d
    PORTB=0x00;
    DDRB=0xff;//salidas para bus de datos de glcd
    PORTC=0x00;
    DDRC=0xff;//salidas para bits de control de glcd
    PORTD=0b00000000;
    DDRD=0b11111110;
}

void inicializa_cad()
{
    //reloj: 125,000 kHz
    //referencia: AREF pin
    //modo: free running
    DIDR0=0b00111111;//deshabilitadas funciones digitales en 3 primeros bits
    ADMUX=ADC_VREF_TYPE&0xff;
    ADCSRA=0x86;
    //comparador analógico apagado
    ACSR=0x80;
    ADCSRB=0x00;
}
void inicializa_timer()
{
    //reloj del sistema con preescala de 1024
    //modo normal, tope en 0xff,
    TCCR0A=0x00;
    TCCR0B=0x05;
    TCNT0=61;//desbordamiento cada 24.985ms
    OCR0A=0x00;
    OCR0B=0x00;
    TIMSK0=0x01;//activación de interrupción del timer0
}

void inicializa_uart()
{
    //parámetros: 8 bits datos, 1 bit parada, ninguna paridad
    //rx y tx encendidos
    //modo asincrónico
    //rango de baudios 9600bps
    UCSRA=0x00;
    UCSRB=0x98;
    UCSRC=0x06;
    UBRR0H=0x00;
    UBRR0L=0x33;
}
void inicializa_glcd()
{
    glcd_init();//inicialización de pantalla
    glcd_escribe_byte(1,(modo_lcd_set|modo_lcd_XOR));//modo xor
    glcd_escribe_byte(1,(LCDDispMode|LCDDisp_TXT|LCDDisp_GRH));//modo texto y gráfico
    backlight=1;
}

```

ANEXO D: PROGRAMACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA



ANEXO E: NORMA PARA LA IMPLENETACIÓN Y OPERACIÓN DE SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA

RESOLUCION 417-15-CONATEL-2005

EL CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CONATEL

CONSIDERANDO:

Que el artículo 247 de la Constitución Política de la República, así como también el artículo 47 del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, disponen que el Espectro Radioeléctrico es un recurso natural limitado perteneciente al dominio público del Estado; en consecuencia es inalienable e imprescriptible.

Que de conformidad con lo señalado en el artículo innumerado primero del artículo 10 de la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones es el ente de Administración y Regulación de las telecomunicaciones en el país.

Que el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT la Nota 5.150, establece que las bandas 902 - 928 MHz, 2400 - 2500 MHz y 5725 - 5875 MHz están asignadas para aplicaciones industriales, científicas y medicas (ICM).

Que como parte de las Resolución 229 de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2003 (CMR-03), celebrada en Ginebra, se estableció la utilización de las bandas 5150-5250 MHz, 5250-5350 MHz y 5470-5725 MHz para el servicio móvil para la implementación de Sistemas de Acceso Inalámbrico (WAS), incluidas las redes radioeléctricas de área local (RLAN).

Que la implementación y operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha, permiten utilizar una baja densidad espectral de potencia, que minimiza la posibilidad de interferencia.

Que los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha pueden coexistir con Sistemas de Banda Angosta, lo que hace posible aumentar la eficiencia de utilización del Espectro Radioeléctrico.

Que es necesario que la administración ecuatoriana se asegure que los sistemas que emplean técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha, como es el caso de Sistemas de Acceso Inalámbrico (WAS), incluidas las Redes Radioeléctricas de Área Local (RLAN), cumplan con las técnicas de reducción de la interferencia requeridas, de acuerdo al tipo de equipos y la observancia de normas.

Que los avances tecnológicos y los nuevos servicios de telecomunicaciones, hacen necesario designar dentro del territorio nacional bandas de frecuencias radioeléctricas, para operar sistemas de telecomunicaciones sin causar interferencia perjudicial a un sistema que esté operando a título primario.

Que se hace necesaria la regulación para la operación e implementación de Sistemas que emplean Modulación Digital de Banda Ancha.

En ejercicio de las atribuciones legales que le confiere el artículo 10, artículo innumerado tercero, y demás normas pertinentes de la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, y en concordancia con lo dispuesto en el artículo 41 del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada.

RESUELVE:

Expedir la siguiente:

NORMA PARA LA IMPLEMENTACION Y OPERACION DE SISTEMAS DE MODULACION DIGITAL DE BANDA ANCHA**CAPITULO I****OBJETO, TERMINOS Y DEFINICIONES**

Artículo 1. Objeto. La presente Norma tiene por objeto regular la instalación y operación de Sistemas de Radiocomunicaciones que utilizan técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha en los rangos de frecuencias que determine el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL.

Artículo 2. Términos y Definiciones. En todo aquello que no se encuentre definido técnicamente en el Glosario de Términos y Definiciones de la presente Norma, se aplicarán los términos y definiciones que constan en la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, su Reglamento General, el Reglamento de Radiocomunicaciones y el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.

CAPITULO II**DISPOSICIONES GENERALES**

Artículo 3. Competencia. El Secretario Nacional de Telecomunicaciones, por delegación del CONATEL, aprobará la operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha mediante la emisión de un Certificado de Registro.

Artículo 4. Atribución. La atribución de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha es a título secundario, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT y en el Plan Nacional de Frecuencias.

CAPITULO III**NORMA TECNICA**

Artículo 5. Características de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.- Los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha son aquellos que se caracterizan por:

- a) Una distribución de la energía media de la señal transmitida, dentro de una anchura de banda mucho mayor que la convencional, y con un nivel bajo de potencia;
- b) La utilización de técnicas de modulación que proporcionan una señal resistente a las interferencias;
- c) Permitir a diferentes usuarios utilizar simultáneamente la misma banda de frecuencias;

- d) Coexistir con Sistemas de Banda Angosta, lo que hace posible aumentar la eficiencia de utilización del Espectro Radioeléctrico.
- e) Operar en Bandas de frecuencias inscritas en el cuadro de Atribución de bandas de frecuencias.

Artículo 6. Bandas de Frecuencias.- Se aprobará la operación de sistemas de radiocomunicaciones que utilicen técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha en las siguientes bandas de frecuencias:

BANDA (MHz)	ASIGNACION
902 - 928	ICM
2400 - 2483.5	ICM
5150 - 5250	INI
5250 - 5350	INI
5470 - 5725	INI
5725 - 5850	ICM, INI

El CONATEL aprobará y establecerá las características técnicas de operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha en bandas distintas a las indicadas en la presente Norma, previo estudio sustentado y emitido por la SNT.

Artículo 7. Configuración de Sistemas que emplean Modulación Digital de Banda Ancha.- La operación de los sistemas con técnicas de Modulación Digital de Banda Ancha se aprobará en las siguientes configuraciones:

Sistemas punto - punto;
Sistemas punto - multipunto;
Sistemas móviles.

Artículo 8. Características Técnicas de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha.- Se establecen los límites de Potencia para cada una de las bandas de acuerdo con el Anexo 1; así como los Límites de Emisiones no Deseadas de acuerdo con el Anexo 2 de la presente Norma.

CAPITULO IV

HOMOLOGACION

Artículo 9. Homologación. Todos los equipos que utilicen Modulación Digital de Banda Ancha deberán ser homologados por la SUPTTEL, de acuerdo con los Anexos 1 y 2 de la presente Norma.

Artículo 10. Bases de la Homologación. La homologación de los equipos se efectuará en base a las características estipuladas en el catálogo técnico del equipo, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento para Homologación de Equipos de Telecomunicaciones.

CAPITULO V

SOLICITUD Y REGISTRO

Artículo 11. Solicitud de Registro. La SNT llevará un Registro de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha, siempre y cuando estén exentos de requerir autorización del CONATEL de acuerdo a lo que establece el Reglamento de

Radiocomunicaciones. Para la inscripción en este Registro, los interesados en cualquier parte del territorio nacional, deberán presentar una solicitud con todos los requisitos para su aprobación dirigida a la SNT, cumpliendo con los datos consignados en el formulario técnico que para el efecto pondrá a disposición la SNT.

Artículo 12. Certificados de Registro. Una vez presentada la documentación y previo el análisis respectivo, la SNT procederá con la emisión del Certificado de Registro de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha que será entregado al interesado, el cual incluirá la descripción del sistema registrado.

El Certificado de Registro será otorgado por la SNT, en el término máximo de diez (10) días a partir de la presentación de la solicitud, previo el pago de los valores establecidos en el Reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por Uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico, vigente a la fecha de registro, más los impuestos de ley.

Artículo 13. Vigencia del Registro. El Certificado de Registro para la operación de los Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha tendrá una duración de cinco años y podrá ser renovado, previa solicitud del interesado, dentro del plazo de treinta (30) días anteriores a su vencimiento, previo el pago correspondiente.

De no darse cumplimiento a lo establecido en el párrafo anterior el Certificado quedará anulado de manera automática, y el usuario o concesionario no estará autorizado para operar el sistema.

CAPITULO VI

DERECHOS Y OBLIGACIONES DEL USUARIO

Artículo 14. Respetto de los Sistemas de Explotación. Cuando la aplicación que se dé a un Sistema de Modulación Digital de Banda Ancha corresponda a la prestación de un Servicio de Telecomunicaciones, el concesionario deberá contar con el Título Habilitante respectivo, de conformidad con la normativa vigente.

Artículo 15. Respetto de los Sistemas Privados. Cuando la aplicación que se dé a un Sistema de Modulación Digital de Banda Ancha corresponda a Sistemas Privados, es decir que se prohíbe expresamente el alquiler del sistema a terceras personas, el concesionario deberá obtener previamente el Título Habilitante respectivo, de conformidad con la normativa vigente.

Artículo 16. Interferencia. Si un equipo o sistema ocasiona interferencia perjudicial a un sistema autorizado que está operando a título primario, aun si dicho equipo o sistema cumple con las características técnicas establecidas en los Reglamentos y Normas pertinentes, deberá suspender inmediatamente la operación del mismo. La operación no

podrá reanudarse, hasta que la SUPTEL envíe un informe técnico favorable indicando que se ha subsanado la interferencia perjudicial.

Artículo 17. Modificaciones. Los usuarios que requieran modificar la ubicación de sus sitios de transmisión o la información de las características técnicas registradas en la SNT, deberán solicitar previamente dicha modificación a la SNT a fin de que sea autorizada por la referida entidad.

Los usuarios que requieran interrumpir el proceso de registro de un "Certificado de Registro de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha", únicamente lo podrán realizar por voluntad del concesionario o usuario, expresada mediante solicitud escrita dentro de las 48 horas posteriores a la solicitud original.

Artículo 18. Responsabilidad. El usuario de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha es responsable de asegurar que las emisiones se encuentren dentro de la banda de frecuencias de operación y de cumplir con todas las condiciones técnicas especificadas en el Certificado de Registro, de conformidad con lo preceptuado en la presente Norma.

CAPITULO VII

CONTROL

Artículo 19. Control. La SUPTEL realizará el control de los sistemas que utilicen Modulación Digital de Banda Ancha y vigilará que éstos cumplan con lo dispuesto en la presente Norma y las disposiciones Reglamentarias pertinentes.

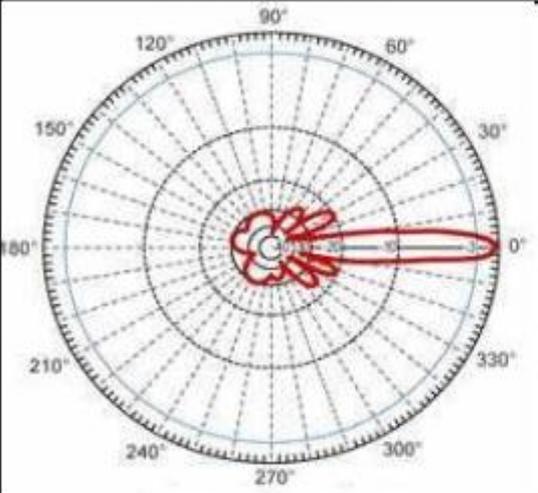
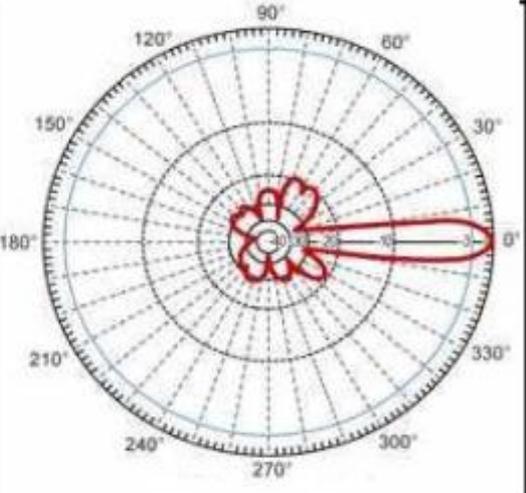
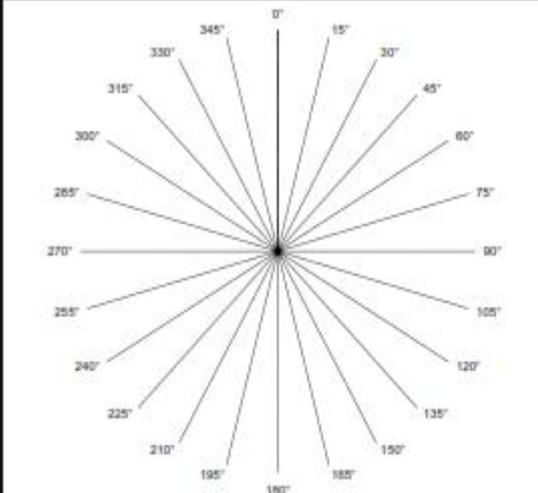
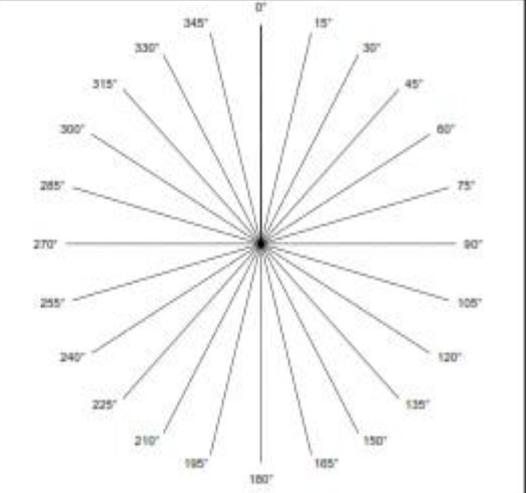
**ANEXO F: FORMULARIOS PARA LA CONCESIÓN DE
FRECUENCIAS**

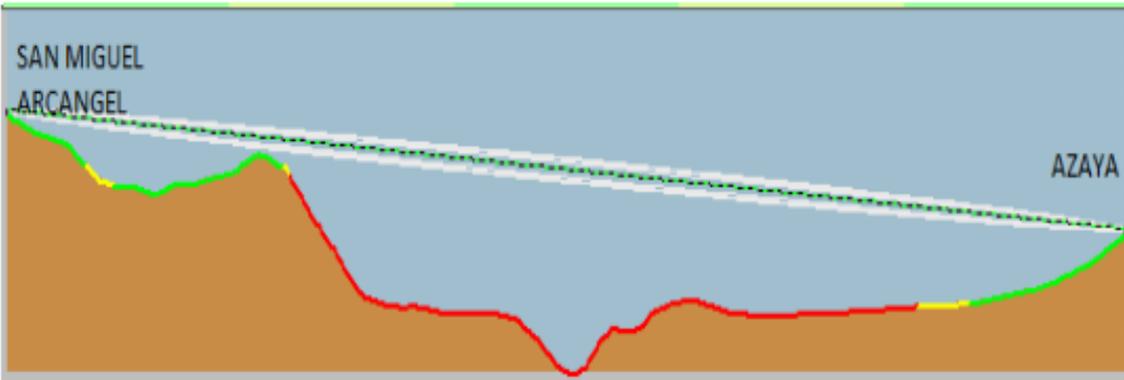
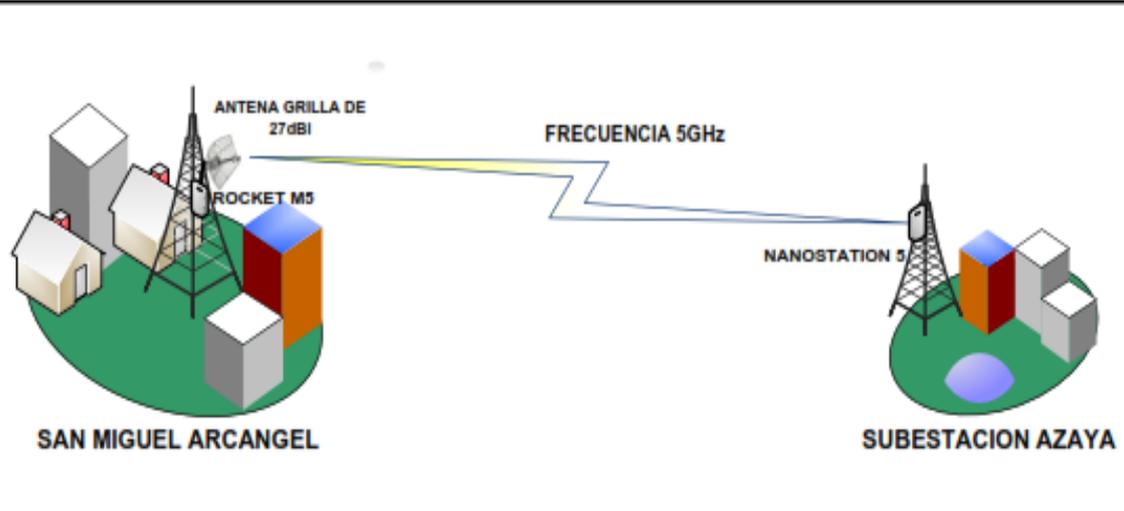
		FORMULARIO PARA INFORMACION LEGAL		RC - 1A Elab.: DGER Versión: 02	
				1) Cod.Cont.:	
SOLICITUD:					
2) OBJETO DE LA SOLICITUD:	(M)	CONCESION	RENOVACION	MODIFICACION	FRECUENCIAS TEMPORALES
3) TIPO DE USO DE FRECUENCIAS:	(PR)	USO-PRIV	USO-COM	USO-EXP	USO-RES USO-SOC
4) TIPO DE SISTEMA:	(PR)	PRIVADO	EXPLOTACION		
5) SERVICIO:	(ER)	FM-RDV	FM-SB	FM-BA	F-ER FMS-FS FMS-MS FM-IB
DATOS DEL SOLICITANTE Y PROFESIONAL TECNICO:					
6) PERSONA NATURAL O REPRESENTANTE LEGAL					
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:		CI:	
7) CARGO:					
PERSONA JURIDICA					
8) NOMBRE DE LA EMPRESA: Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Ibarra (EMAPA-I)					
9) ACTIVIDAD DE LA EMPRESA: Encargada de prestar los servicios de agua y alcantarillado				RUC: 1060031300001	
10) DIRECCION					
PROVINCIA: IMBABURA	CIUDAD: IBARRA	DIRECCION: Calles Sucre y Pedro Moncayo 777			
e-mail: emapa-i@andinanet.net		CASILLA:	TELEFONO / FAX: 2951670 / 2955410		
11) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO)					
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva					
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:		LIC. PROF.:	
e-mail:		CASILLA:	TELEFONO / FAX:		
DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No.):		FECHA:	_____ FIRMA		
12) CERTIFICACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA					
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación					
NOMBRE:		FECHA:	_____ FIRMA		
13) OBSERVACIONES:					
14) PARA USO DE LA SNT					
SOLICITUD SECRETARIO NACIONAL ()	CONSTITUCION DE LA CIA. ()	NOMB. REPRESENTANTE LEGAL ()	CUMP. SUPER BANCOS O CIAS. ()		
REGISTRO UNICO CONTRIBUY. ()	FE PRESENTACION CC.FF.AA. ()	CERT. NO ADEUDAR SNT ()	CERT. NO ADEUDAR SUPTEL ()		

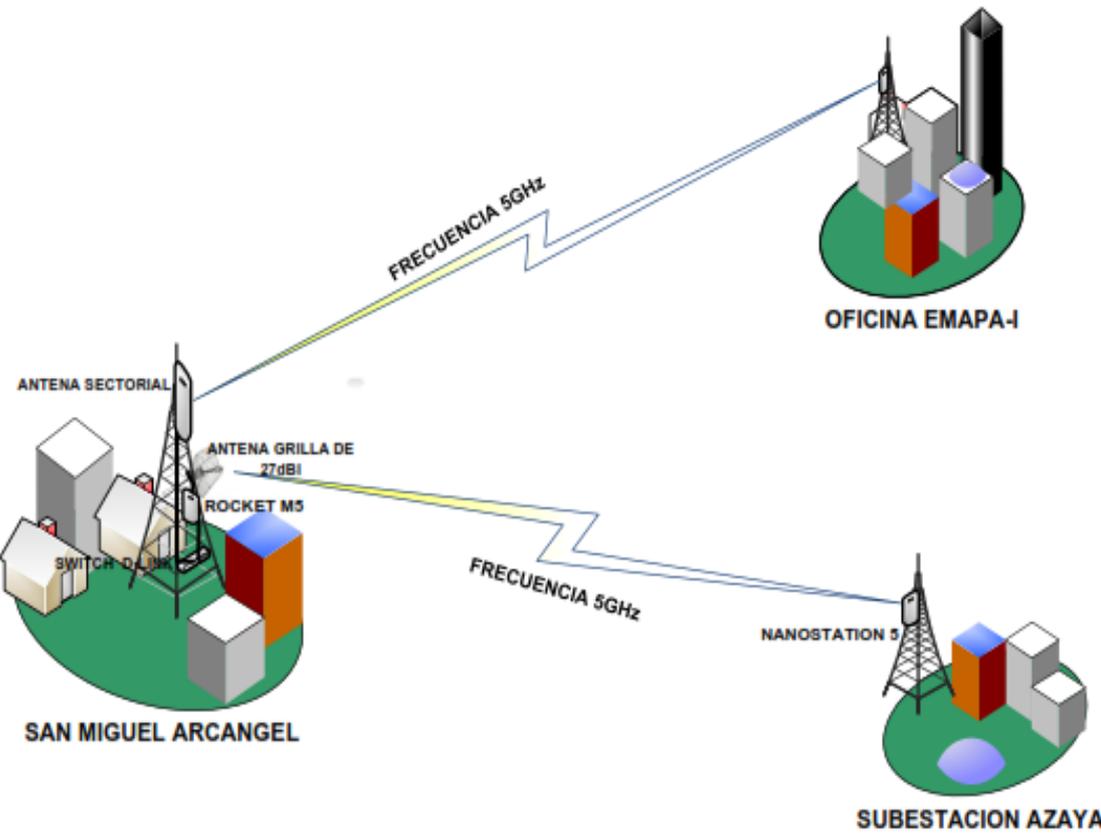
		FORMULARIO PARA INFORMACION LEGAL (SISTEMAS DE MODULACION DIGITAL DE BANDA ANCHA)		RC - 1B Elab.: DGGER Versión: 02
				1) No. Registro:
SOLICITUD:				
2) OBJETO DE LA SOLICITUD:	(M)	REGISTRO	RENOVACION	MODIFICACION
3) TIPO DE SISTEMA:	(PR)	PRIVADO	EXPLOTACION	
DATOS DEL SOLICITANTE Y PROFESIONAL TECNICO:				
4) PERSONA NATURAL O REPRESENTANTE LEGAL				
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	CI:	
5) CARGO:				
PERSONA JURIDICA				
6) NOMBRE DE LA EMPRESA: Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Ibarra EMAPA-I				
7) ACTIVIDAD DE LA EMPRESA: Encargada de prestar los servicios de agua y alcantarillado a la ciudad de Ibarra				RUC: 1060031300001
8) DIRECCION				
PROVINCIA: IMBABURA	CIUDAD: IBARRA	DIRECCION: CALLE SUCRE Y PEDRO MONCAYO 777		
e-mail: emapa-i@andinanet.net		CASILLA:	TELEFONO / FAX: 2951670 / 2955410	
9) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TÉCNICO)				
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva				
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES:	LIC. PROF.:	
e-mail:		CASILLA:	TELEFONO / FAX:	
DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No):		FECHA:	_____	
FIRMA				
10) CERTIFICACION Y DECLARACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA				
Certifico que el presente proyecto técnico fue elaborado acorde con mis necesidades de comunicación				
Declaro que:				
1. En caso de que el presente sistema cause Interferencia a sistemas debidamente autorizados, asumo el compromiso de solucionar a mi costo, dichas interferencias, o en su defecto retirarme de la banda. 2. Acepto las interferencias que otros sistemas debidamente autorizados acusen al presente sistema.				
NOMBRE:		FECHA:	_____	
FIRMA				
11) OBSERVACIONES:				

	FORMULARIO PARA INFORMACION DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES			RC - 2A Elab.: DGGER Versión: 02	
				1) Cod. Cont.:	
ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES					
2) ESTRUCTURA 1					
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE: Torre Autoportada			ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m): 2209		
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA: Estructura 1 - S1			ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m): 3		
3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:					
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)		
			LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)	
IMBABURA	IBARRA	LOMAS DE AZAYA, CALLE FERNANDINA Y EL ORO	0°22'24,24" N	76°07'38,85" O	
4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:					
PUESTA A TIERRA		SI (X) NO ()	PARARRAYOS		SI () NO (X)
OTROS (Describe):					
5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:					
LINEA COMERCIAL (X)		GENERADOR ()	BANCO DE BATERIAS ()	EXISTE RESPALDO SI (X) NO ()	
TIPO DE RESPALDO					
GENERADOR ()		BANCO DE BATERIAS (X)	UPS ()	OTRO: _____	
6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA: Empresa Municipal de Agua y Alcantarillado Ibarra EMAPA-I					
2) ESTRUCTURA 2					
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE: Torre no Autoportada			ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m): 2402		
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA: Estructura 2 - S2			ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m): 5		
3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:					
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)		
			LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)	
IMBABURA	IBARRA	MIRADOR ARCANGEL	0°20'59,96" N	76°06'07,43" O	
4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:					
PUESTA A TIERRA		SI (X) NO ()	PARARRAYOS		SI () NO (X)
OTROS (Describe):					
5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:					
LINEA COMERCIAL (X)		GENERADOR ()	BANCO DE BATERIAS ()	EXISTE RESPALDO SI (X) NO ()	
TIPO DE RESPALDO					
GENERADOR ()		BANCO DE BATERIAS (X)	UPS ()	OTRO: _____	
6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:					
2) ESTRUCTURA 3					
TIPO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE:			ALTURA DE LA ESTRUCTURA s.n.m. (m):		
CODIGO DE REGISTRO DE LA ESTRUCTURA:			ALTURA DE LA ESTRUCTURA (BASE-CIMA) (m):		
3) UBICACION DE LA ESTRUCTURA:					
PROVINCIA	CIUDAD / CANTON	LOCALIDAD/CALLE y No.	UBICACION GEOGRAFICA (WGS84)		
			LATITUD (S/N) (°) (') (") (S/N)	LONGITUD (W) (°) (') (") (W)	
4) PROTECCIONES ELECTRICAS A INSTALAR EN LA ESTRUCTURA:					
PUESTA A TIERRA		SI () NO ()	PARARRAYOS		SI () NO ()
OTROS (Describe):					
5) TIPO DE FUENTE DE ENERGIA A UTILIZAR:					
LINEA COMERCIAL ()		GENERADOR ()	BANCO DE BATERIAS ()	EXISTE RESPALDO SI () NO ()	
TIPO DE RESPALDO					
GENERADOR ()		BANCO DE BATERIAS ()	UPS ()	OTRO: _____	
6) PROPIETARIO DE LA ESTRUCTURA:					

	FORMULARIO PARA INFORMACION DE ANTENAS		RC - 3A Elab.: DGGGER Versión: 02
			1) Cod. Cont:
2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS			
CARACTERISTICAS TECNICAS	ANTENA 1	ANTENA 2	
CODIGO DE ANTENA:	ANTENA 1 – A1	ANTENA 2 – A2	
MARCA:	Hyperlink	Antena directiva integrada	
MODELO:	Hg5827g		
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):	5725-5850	5475 - 5825	
TIPO:	GRILLA REJILLA		
IMPEDANCIA (ohmios):	50 Ohm		
POLARIZACION:	HORIZONTAL	HORIZONTAL	
GANANCIA (dBd):	27 dBi	16 dBi	
DIÁMETRO (m):	0,157 x 0,236		
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):	0°		
ANGULO DE ELEVACION (°):	0° - 10°		
ALTURA BASE-ANTENA (m):	5,65	3	
2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS			
CARACTERISTICAS TECNICAS	ANTENA 3	ANTENA 4	
CODIGO DE ANTENA:			
MARCA:			
MODELO:			
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):			
TIPO:			
IMPEDANCIA (ohmios):			
POLARIZACION:			
GANANCIA (dBd):			
DIÁMETRO (m):			
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):			
ANGULO DE ELEVACION (°):			
ALTURA BASE-ANTENA (m):			
2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS ANTENAS			
CARACTERISTICAS TECNICAS	ANTENA 5	ANTENA 6	
CODIGO DE ANTENA:			
MARCA:			
MODELO:			
RANGO DE FRECUENCIAS (MHz):			
TIPO:			
IMPEDANCIA (ohmios):			
POLARIZACION:			
GANANCIA (dBd):			
DIÁMETRO (m):			
AZIMUT DE RADIACION MAXIMA (°):			
ANGULO DE ELEVACION (°):			
ALTURA BASE-ANTENA (m):			
NOTA: Se debe adjuntar las copias de los catálogos de las mencionadas antenas.			

	FORMULARIO PARA PATRONES DE RADIACION DE ANTENAS	RC - 3B Elab.: DGGGER Versión: 01 1) Cod. Cont:																							
2) PATRONES DE RADIACION DE ANTENA																									
MARCA:	HYPERLINK	MODELO:	Hg5627g	TIPO:	GRILLA REJILLA																				
Ingrese los valores de ganancia (dBd) para cada radial.																									
RADIAL	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°	
PLANO																									
HORIZONTAL	4,29	-15,7	-15,7	-25,7	-20,7	-25,7	-27,7	-25,7	-27,7	-25,7	-27,7	-25,7	-27,7	-35,7	-27,7	-35,7	-30,7	-25,7	-25,7	-30,7	-27,7	-35,7	-20,7	-27,7	-27,7
VERTICAL	4,29	-17,7	-23,7	-15,7	-15,7	-17,7	-20,7	-23,7	-23,7	-25,7	-23,7	-27,7	-45,7	-30,7	-27,7	-25,7	-23,7	-25,7	-45,7	-25,7	-23,7	-20,7	-15,7	-25,7	-25,7
PATRON DE RADIACION HORIZONTAL												PATRON DE RADIACION VERTICAL													
																									
2) PATRONES DE RADIACION DE ANTENA																									
MARCA:					MODELO:					TIPO:															
Ingrese los valores de ganancia (dBd) para cada radial.																									
RADIAL	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°	300°	315°	330°	345°	
PLANO																									
HORIZONTAL																									
VERTICAL																									
PATRON DE RADIACION HORIZONTAL												PATRON DE RADIACION VERTICAL													
																									

	FORMULARIO PARA SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA (ENLACES PUNTO-PUNTO)	RC- 9A Elab.: DGGER Versión: 02											
		1) No. Registro:											
2) CLASE DE SISTEMA													
PRIVADO (P) EXPLOTACION ()	NOTA: En el caso de que su empresa cuente con el Permiso de Operación de Red Privada, adjuntar una copia.												
3) CARACTERISTICAS TECNICAS Y DE OPERACION DEL SISTEMA FIJO PUNTO - PUNTO													
No. ENLACE	BANDA DE FRECUENCIAS (MHz)	TIPO DE OPERACION SECUENCIA DIRECTA ; TDMA ; FHSS ; HIBRIDO ; QFDM; OTRAS	DISTANCIA DEL ENLACE (Km)										
Enlace 6	5250 - 5350	(TDMA)	3,84										
4) CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES FIJAS													
INDICATIVO	AC. (A.M.I.E)	ESTRUCTURA ASOCIADA	ANTENA(S) ASOCIADA(S)	POTENCIA DE OPERACION (mW)	EQUIPO UTILIZADO								
Estación fija 6	I	S1	A2	250mW	E2								
Estación fija 7	I	S2	A1	500mW	E1								
5) PERFIL TOPOGRAFICO													
DISTANCIA (Km)	0	D/12	D/6	D/4	D/3	5D/12	D/2	7D/12	2D/3	3D/4	5D/6	11D/12	D
ALTURA s.n.m. (m)	2402	2337,3	2335,5	2350,9	2212,4	2200	2135,6	2205,9	2199	2202,7	2210	2226	2269
Donde D = Distancia entre las estaciones del enlace. NOTA: Adjuntar las gráficas del perfil de cada enlace.													
6) GRAFICA DEL PERFIL TOPOGRAFICO													
													
7) ESQUEMA DEL SISTEMA													
													

	FORMULARIO PARA ESQUEMA DEL SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES	RC- 14A Elab.: DGGER Versión: 01 1) Cod. Cont.:
1) ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA		
 <p>El diagrama ilustra un sistema de radiocomunicaciones con tres nodos principales:</p> <ul style="list-style-type: none"> SAN MIGUEL ARCANGEL: Equipado con una ANTENA SECTORIAL, una ANTENA GRILLA DE 27dBI y un ROCKET M5. También se muestra un SWITCH D. LINK. OFICINA EMAPA-I: Equipado con una NANOSTATION 5. SUBESTACION AZAYA: Equipado con una NANOSTATION 5. <p>Las conexiones de radiofrecuencia entre los nodos están etiquetadas como FRECUENCIA 5GHz.</p>		
<p>Nota: En este formulario se debe graficar la topología del sistema de radiocomunicaciones, cuando este consta de dos o más circuitos enlazados entre sí, en enlaces con más de un salto o en caso de un sistema punto-multipunto.</p>		

**ANEXO G: DATOS OBTENIDOS MANUALMENTE POR LOS
OPERARIOS**

ANEXO H: DATOS OBTENIDOS POR EL SISTEMA

HORA	FECHA	NIVEL_TANQUE_1	NIVEL_TANQUE_2	NIVEL_TANQUE_3
7:29:59	18/02/2013	2288	631	0
7:59:59	18/02/2013	2288	330	0
8:29:59	18/02/2013	2246	305	0
8:59:59	18/02/2013	2182	291	0
9:29:59	18/02/2013	2170	331	0
9:59:59	18/02/2013	2046	450	0
10:29:59	18/02/2013	1988	531	0
10:59:59	18/02/2013	1922	668	0
11:29:59	18/02/2013	1814	731	0
11:59:59	18/02/2013	1770	881	0
12:29:59	18/02/2013	1703	834	0
12:59:59	18/02/2013	1681	910	0
13:29:59	18/02/2013	1404	881	0
13:59:59	18/02/2013	1588	855	0
14:29:59	18/02/2013	1517	831	0
14:59:59	18/02/2013	1487	800	0
15:29:59	18/02/2013	1439	794	0
15:59:59	18/02/2013	1414	755	0
16:29:59	18/02/2013	1393	716	0
16:59:59	18/02/2013	1365	704	0
17:29:59	18/02/2013	1344	675	0
17:59:59	18/02/2013	1333	660	0
18:29:59	18/02/2013	1323	641	0
18:59:59	18/02/2013	1318	632	0
19:29:59	18/02/2013	1311	601	0
19:59:59	18/02/2013	1304	594	0
20:29:59	18/02/2013	1304	569	0
20:59:59	18/02/2013	1300	540	0
21:29:59	18/02/2013	1314	609	0
21:59:59	18/02/2013	1327	652	0
22:29:59	18/02/2013	1338	689	0
22:59:59	18/02/2013	1359	774	0
23:29:59	18/02/2013	1372	704	0
23:59:59	18/02/2013	1389	603	0
0:29:59	19/02/2013	1456	711	0
0:59:59	19/02/2013	1517	800	0
1:29:59	19/02/2013	1684	869	0
1:59:59	19/02/2013	1782	904	0
2:29:59	19/02/2013	1859	902	0
2:59:59	19/02/2013	1944	900	0
3:29:59	19/02/2013	2091	911	0
3:59:59	19/02/2013	2138	920	0
4:29:59	19/02/2013	2221	897	0
4:59:59	19/02/2013	2378	874	0
5:29:59	19/02/2013	2369	846	0
5:59:59	19/02/2013	2358	810	0
6:29:59	19/02/2013	2348	797	0
6:59:59	19/02/2013	2326	764	0
7:29:59	19/02/2013	2103	731	0
7:59:59	19/02/2013	1947	699	0
8:29:59	19/02/2013	1864	631	0
8:59:59	19/02/2013	1947	634	0
9:29:59	19/02/2013	2087	631	0

**ANEXO I: TARIFA MENSUAL DE PRESTACIÓN DE ENLACES
DEDICADOS ÚLTIMA MILLA**

ANEXO J: MANUAL DE USUARIO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL
NORTE

MANUAL
DE
USUARIO

MONITOREO DEL NIVEL DE
AGUA

Desarrollado por: CINTYA PASPUEZAN G.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	ACCESO	4
2.1	ACCESO A LA INTERFAZ GRÁFICA.....	4
3.	INTERFAZ DE MONITOREO.....	5
3.1	HABILITACION DE LA CONEXIÓN.....	5
3.2	RECEPCIÓN DE LOS DATOS	6
3.3	TIEMPO DE MUESTREO	6
3.4	GRÁFICA DEL ESTADO DE LOS TANQUES CADA MEDIA HORA.....	6
3.5	GRÁFICA DEL ESTADO DE LOS TANQUES PERIÓDICAMENTE	7
4.	PANTALLA DE HISTÓRICOS.....	8
4.1	INGRESAR FECHA DE REPORTE.....	9
4.2	GRAFICAR REPORTE.....	10

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Pantalla principal del sistema de monitoreo del nivel de agua en la subestación Azaya de EMAPA-I.....	4
<i>Figura 2.</i> Interfaz de monitoreo	5
<i>Figura 3.</i> Botón para habilitar la conexión	5
<i>Figura 4.</i> Botón para habilitar la recepción.....	6
<i>Figura 5.</i> Configuración del periodo de muestreo	6
<i>Figura 6.</i> Gráfica del nivel de agua cada media hora	7
<i>Figura 7.</i> Gráfica del estado de los tanques periódicamente	8
<i>Figura 8.</i> Pantalla de históricos	9
<i>Figura 9.</i> Ingreso de fecha para graficar reporte	10
<i>Figura 10.</i> Botón para graficar el reporte.....	10

1. INTRODUCCIÓN

El presente manual de usuario brinda la información básica necesaria para manejar el sistema de monitoreo de nivel de agua implementado en la Subestación Azaya de la empresa EMAPA-I

A través de esta guía, se exponen las funcionalidades que tiene el sistema de monitoreo.

2. ACCESO

2.1 ACCESO A LA INTERFAZ GRÁFICA

Para ingresar a la interfaz gráfica principal del sistema de monitoreo abre el programa, donde se inicializa una pantalla principal donde se ofrecen dos tareas posibles (Véase Figura 1).

- **Pantalla Principal.-** Es la interfaz desarrollada para monitorear el estado del nivel de agua que tiene cada tanque en la subestación Azaya.
- **Pantalla de históricos.-** Es la visualización de los datos que se han generado.



Figura 48. Pantalla principal del sistema de monitoreo del nivel de agua en la subestación Azaya de EMAPA-I

3. INTERFAZ DE MONITOREO

Al hacer clic en interfaz de monitoreo se visualiza la pantalla de monitoreo del nivel de agua, en la cual se deben habilitar tanto la conexión como la recepción para que el sistema empiece a trabajar (Véase Figura 2).

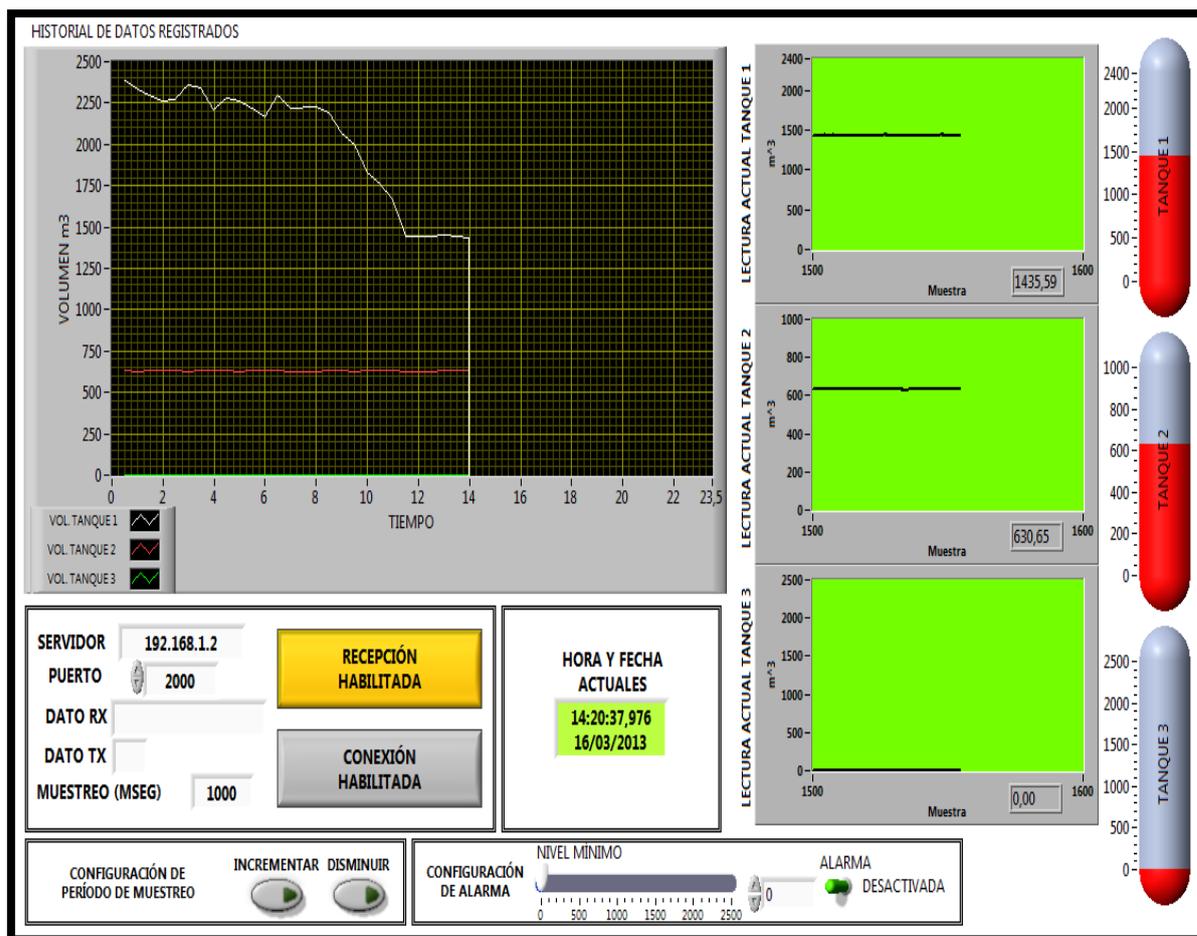


Figura 49. Interfaz de monitoreo

3.1 HABILITACION DE LA CONEXIÓN

Para habilitar la conexión con el sistema de adquisición ubicado en la subestación Azaya se debe hacer clic en el botón **CONEXIÓN HABILITADA** (Véase Figura 3), lo cual permite inicializar al sistema de adquisición.

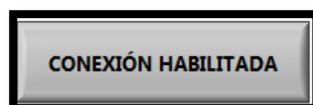


Figura 50. Botón para habilitar la conexión

3.2 RECEPCIÓN DE LOS DATOS

Para empezar a recibir y almacenar los datos adquiridos por el sistema se debe hacer clic en el botón **RECEPCIÓN DESHABILITADA**, al hacer clic en este botón se habilitará la recepción y el botón cambia a color amarillo (Véase Figura 4).



Figura 51. Botón para habilitar la recepción

3.3 TIEMPO DE MUESTREO

En esta opción permite cada 100ms incrementar o disminuir el tiempo de muestreo en el que se quiere que los datos se vayan indicando (Véase Figura 5); cabe indicar que el sistema todo el tiempo está muestreando.



Figura 52. Configuración del periodo de muestreo

3.4 GRÁFICA DEL ESTADO DE LOS TANQUES CADA MEDIA HORA

Esta grafica permite visualizar cada media hora el estado de los tres tanques (Véase Figura 6).

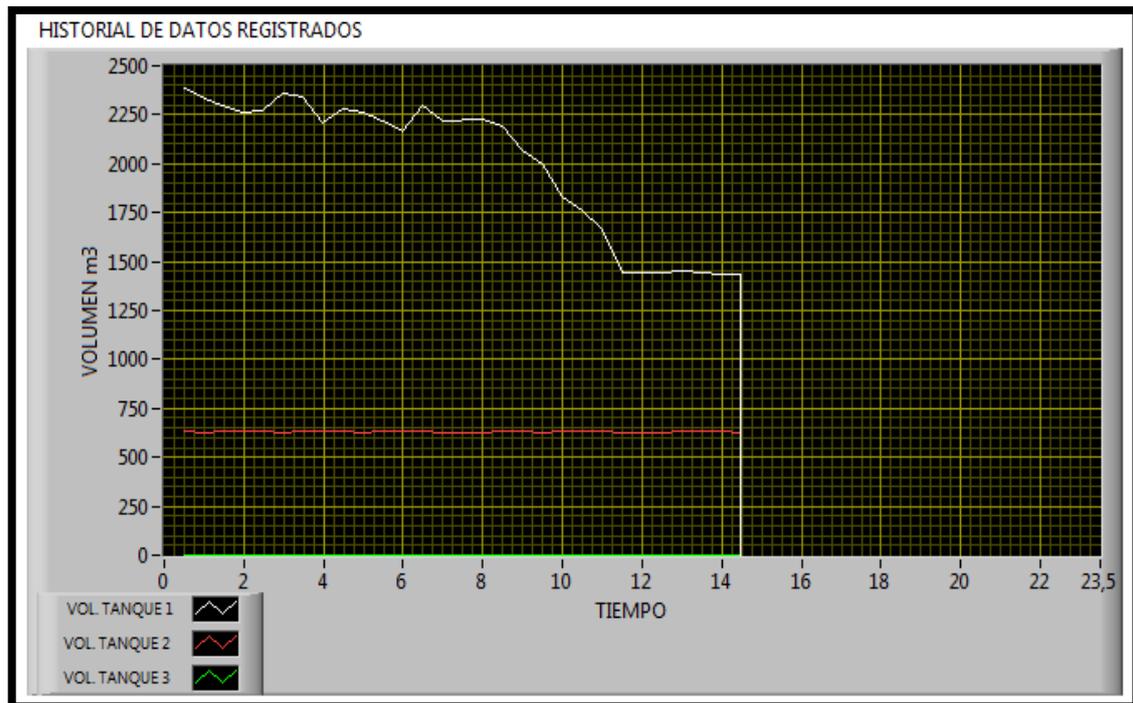


Figura 53. Gráfica del nivel de agua cada media hora

3.5 GRÁFICA DEL ESTADO DE LOS TANQUES PERIÓDICAMENTE

La grafica presenta de forma periódica el estado de los tanques ya que los datos se están graficando constantemente y según el tiempo de muestreo que esté configurado (Véase Figura 7).

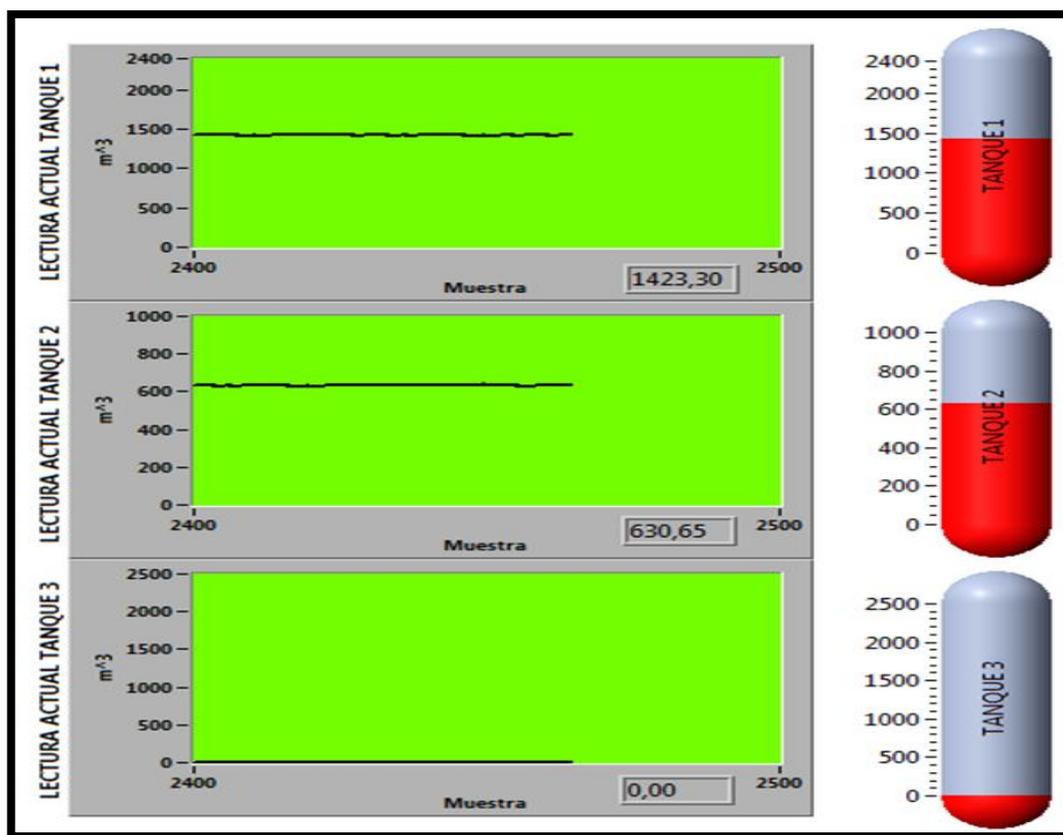


Figura 54. Gráfica del estado de los tanques periódicamente

4. PANTALLA DE HISTÓRICOS

La pantalla de históricos nos permite visualizar los datos como son: hora, fecha y el nivel de cada tanque (Véase Figura 8); los mismos que están almacenados en la base de datos realizada en Access pero se visualizan en LabVIEW.

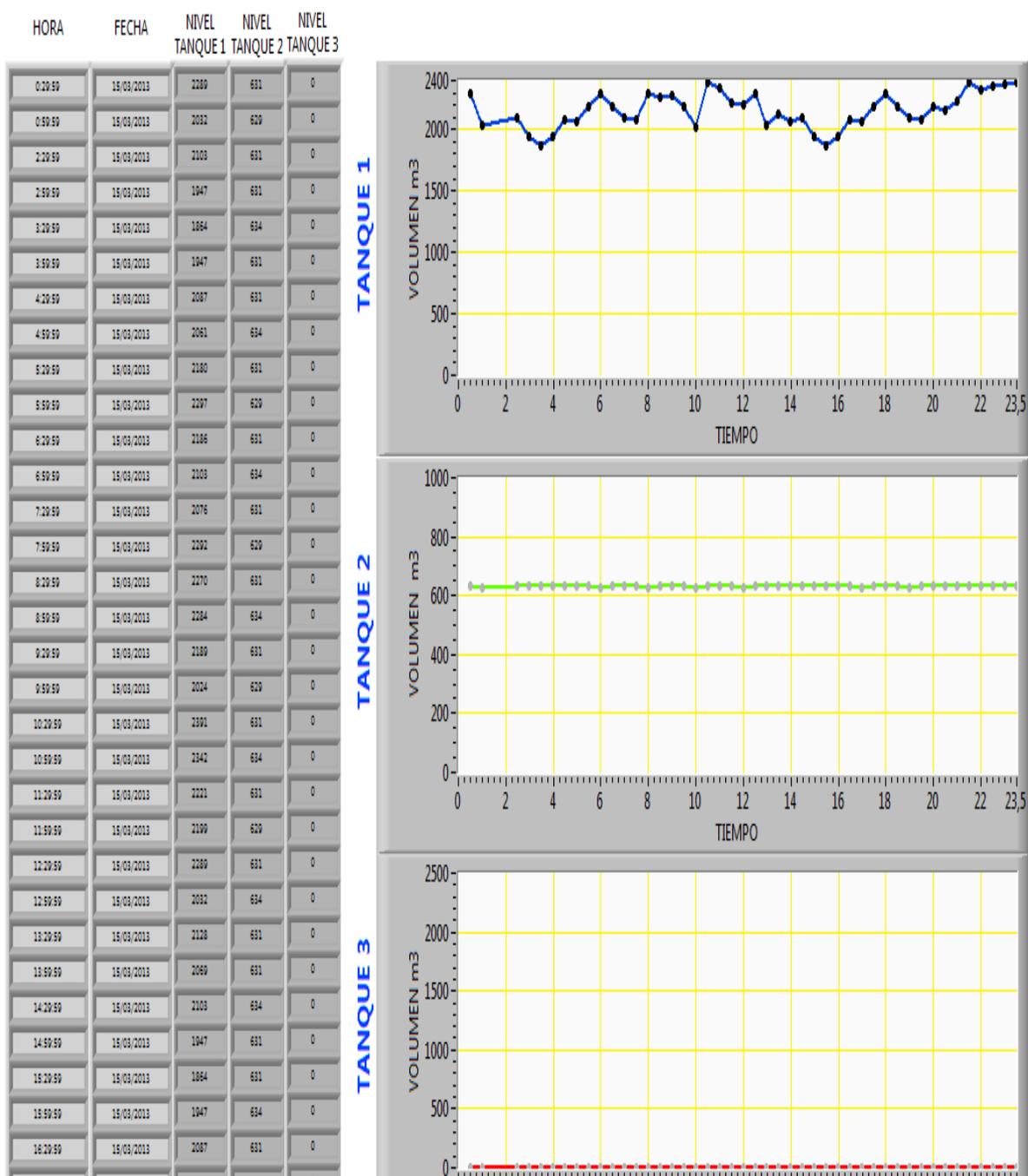


Figura 55. Pantalla de históricos

4.1 INGRESAR FECHA DE REPORTE

Para realizar un análisis del comportamiento que ha tenido el nivel de agua en cada tanque se puede hacer escogiendo la fecha que se desee conocer (Véase Figura 9).



Figura 56. Ingreso de fecha para graficar reporte

4.2 GRAFICAR REPORTE

Al hacer clic en el botón **GRAFICAR REPORTE** permite visualizar en las pantallas pertenecientes a cada tanque el estado del tanque en el tiempo que el usuario escogió (Véase Figura 10).



Figura 57. Botón para graficar el reporte