

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



## Implementación de un sistema de medición de nivel, para depósito de agua residencial

Trabajo de graduación en modalidad de tesis presentado por  
José Juan Carlos Escobar Polanco  
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecatrónica

Guatemala

2013



Implementación de un sistema de medición de nivel, para depósito de agua  
residencial

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Implementación de un sistema de medición de nivel, para depósito  
de agua residencial

Trabajo de graduación en modalidad de tesis presentado por  
José Juan Carlos Escobar Polanco  
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecatrónica

Guatemala

2013



Vo. Bo. :

(f)



Ing. Juan Pablo Pinto Santana

Tribunal Examinador:

(f)



Ing. Juan Pablo Pinto Santana

(f)



Ing. Roberto Delgado Ruegg

(f)



Ing. José Eduardo Barrera Santos

Fecha de aprobación: Guatemala, 5 de Diciembre de 2013

# PREFACIO

La idea de elaborar este proyecto, es una combinación del deseo de poner en práctica los conocimientos adquiridos durante el transcurso de los años de estudio y elaborar una propuesta que tuviera una utilidad más allá de su presentación como trabajo de graduación abordando un problema real.

Es de conocimiento popular que el servicio de distribución de agua es deficiente en la ciudad de Guatemala. De este problema general surge la idea de monitorear la cantidad de agua que se encuentra disponible en los depósitos o cisterna que prácticamente son un accesorio más en los hogares de miles de personas.

Aunque el proyecto en sí no soluciona el problema de distribución de agua, si busca que las personas que cuenten con un dispositivo similar al desarrollado en el presente proyecto de graduación en sus hogares, puedan conocer en tiempo real las reservas de agua con las que cuentan y así racionalizar su uso de la forma que crea conveniente.

Si bien es cierto que el proyecto tiene limitaciones en cuanto a alcance, funcionalidad y versatilidad, se plantea una base sobre la cual se puede continuar mejorando y trabajando. Éste es el inicio de lo que se espera sea un sistema de monitoreo de las reservas de agua en hogares, industria, granjas, reservorios y cualquier otra fuente de agua dulce.

Finalmente, y sin entrar en demasiados detalles, agradezco principalmente el apoyo y confianza que me han brindado mis padres durante toda mi vida. Quiero agradecer a mi familia cercana por estar allí. A los catedráticos y compañeros. A Pablo Pinto por su colaboración durante la elaboración del proyecto y en general a la vida porque me considero un privilegiado, reconociendo y aceptando mi responsabilidad con la sociedad y con mi país.

# ÍNDICE

Página	
PREFACIO .....	vi
LISTA DE GRÁFICOS .....	x
LISTA DE TABLAS .....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN .....	xvi
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	3
A. OBJETIVO GENERAL .....	3
B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
III. JUSTIFICACIÓN .....	4
IV. MARCO TEÓRICO .....	5
A. Medición de nivel de agua en cisterna .....	5
1. Medición de nivel por sonda.....	5
2. Medición de nivel por cinta.....	6
3. Medición de nivel por cristal.....	6
4. Medición de nivel por flotador.....	7
5. Medición de nivel por medio de burbujeo.....	7
6. Medición de nivel por medio de presión diferencial.....	8
7. Medición de nivel resistivo.....	8
8. Medición de nivel capacitivo.....	9
9. Medición de nivel ultrasónico.....	10
10. Medición de nivel tipo radiactivo.....	11
11. Medición de nivel tipo láser.....	11
B. Norma IP67 .....	12

C.	Módulo de alimentación .....	13
1.	Regulador de Voltaje KA7805.....	13
2.	Regulador de Voltaje EZ158CT.....	14
D.	Teclado Matricial de 4x4 .....	14
1.	Encoder MM74C922.....	15
E.	LCD – ERM1602SBS-4 .....	16
F.	Real Time Clock.....	17
1.	DS – 1307. . . . .	17
G.	Microcontrolador.....	18
1.	PIC18F25K20.....	20
2.	Módulo analógico.....	20
3.	Módulo de comunicación serie.....	21
H.	Módulo de comunicación inalámbrica .....	23
1.	Módulo Bluetooth HC-05. ....	24
I.	Lenguajes de programación.....	24
1.	Lenguaje de programación mikroC.....	25
2.	MIT App Inventor.....	25
V.	ANTECEDENTES.....	26
VI.	METODOLOGÍA .....	27
A.	Área de pruebas.....	27
B.	Sensor ultrasónico.....	28
1.	Búsqueda y selección de sensor ultrasónico. ....	28
2.	Sensor ultrasónico MB7389.....	29
C.	Alimentación .....	32
D.	Interfaz con el usuario en circuito .....	33
1.	Teclado Matricial 4x4.....	33
2.	LCD .....	35

E. Real Time Clock DS1307 .....	35
F. Microcontrolador PIC18f25k20 .....	36
G. Aplicación para teléfono móvil.....	38
1. Conexión inalámbrica por Bluetooth.....	39
2. Eventos.....	39
VII. RESULTADOS .....	40
A. Sensor ultrasónico MB7389 .....	40
1. Señal analógica.....	40
2. Comunicación serial.....	43
B. Resultado de módulo de alimentación .....	49
C. Interfaz con el usuario en circuito .....	50
D. Resultado de módulo DS1307 .....	51
E. Aplicación para teléfono móvil.....	53
1. Comunicación inalámbrica Bluetooth.....	53
2. Eventos.....	53
VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	57
IX. CONCLUSIONES .....	61
X. RECOMENDACIONES .....	62
XI. BIBLIOGRAFÍA .....	63
XII. APÉNDICE.....	67
XIII.GLOSARIO .....	69

# LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Porcentaje aproximado de agua en cisterna obtenido a través de la distancia medida del sensor ultrasónico MaxSonar MB7389 a columna de agua por medio de módulo analógico de PIC18F25k20. ....	41
Gráfico 2. Volumen aproximado de agua en cisterna obtenido a través de la distancia medida del sensor ultrasónico MaxSonar MB7389 a columna de agua en cisterna por medio de comunicación serial con microcontrolador PIC18F25k20 para una columna de agua de 1.60 metros de altura. ....	44
Gráfico 3. Porcentaje aproximado de agua en cisterna obtenido a través de la distancia medida del sensor ultrasónico MaxSonar MB7389 a columna de agua en cisterna por medio de comunicación serial con microcontrolador PIC18F25k20 para una columna de agua de 1.60 metros de altura. ....	44
Gráfico 4. Valor experimental de porcentaje de agua en cisterna obtenido a través de la distancia medida del sensor ultrasónico MaxSonar MB7389 a columna de agua en cisterna por medio de comunicación serial con microcontrolador PIC18F25k20 vs valor teórico de porcentaje de agua en cisterna obtenido por medio de la fórmula 5 para una columna de agua de 1.60 metros de altura.....	45
Gráfico 5. Porcentaje de error de valor teórico obtenido por medio de fórmula 6 vs valor experimental de volumen (galones) obtenido por medio de la distancia de sensor ultrasónico MB7389 obtenido por comunicación serial con PIC18F25k20 para una columna de agua de 1.60 metros de altura. ....	45
Gráfico 6. Volumen aproximado de agua en cisterna obtenido a través de la distancia medida del sensor ultrasónico MaxSonar MB7389 a columna de agua en cisterna por medio de comunicación serial con microcontrolador PIC18F25k20 para una columna de agua de 1.90 metros de altura. ....	47
Gráfico 7. Porcentaje aproximado de agua en cisterna obtenido a través de la distancia medida del sensor ultrasónico MaxSonar MB7389 a columna de agua en cisterna por medio de comunicación serial con microcontrolador PIC18F25k20 para una columna de agua de 1.90 metros de altura. ....	47

Gráfico 8. Porcentaje de error de valor teórico obtenido por medio de fórmula 4 vs valor experimental de volumen (galones) obtenido por medio de la distancia de sensor ultrasónico MB7389 obtenido por comunicación serial con PIC18F25k20 para una columna de agua de 1.90 metros de altura. ....48

Gráfico 9. Valor experimental de porcentaje de agua en cisterna obtenido a través de la distancia medida del sensor ultrasónico MaxSonar MB7389 a columna de agua en cisterna por medio de comunicación serial con microcontrolador PIC18F25k20 vs valor teórico de porcentaje de agua en cisterna obtenido por medio de la fórmula 3 para una columna de agua de 1.90 metros de altura.....48

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Característica de cisterna en área de pruebas y mediciones. ....	27
Tabla 2. Característica de cisterna idealizada para realizar pruebas y mediciones. ....	28
Tabla 3. Voltaje de alimentación de sensor ultrasónico MB7389. ....	29
Tabla 4. Voltaje de alimentación de dispositivos utilizados en el proyecto. ....	32
Tabla 5. Conexión de encoder MM74C922 y PIC18F25k20. ....	34
Tabla 6. Límite establecido en panel por el usuario. ....	35
Tabla 7. Características de microcontroladores investigados ....	36
Tabla 8. Descripción de componente en aplicación para teléfono con App Inventor. ....	38
Tabla 9. Eventos generados a partir de byte enviado transmitido del circuito al teléfono móvil. ....	39
Tabla 10. Descripción de evento generado a partir de byte recibido de panel principal. ....	39
Tabla 11. Medición realizada con sensor ultrasónico MaxSonar MB7389 y porcentaje obtenido de módulo analógico de PIC18F25k20 ....	40
Tabla 12. Prueba de medición de distancia realizada con sensor ultrasónico MaxSonar MB7389 por medio de comunicación serial con PIC18F25k20 para obtención de valores a mostrar en pantalla LCD de porcentaje y volumen a través de formula 5 y 6 respectivamente para columna de agua de 1.60 metros de altura. ....	43
Tabla 13. Medición realizada con sensor ultrasónico MaxSonar MB7389 con volumen de agua y porcentaje obtenido por comunicación serial con PIC18F25k20, calibrado para 1.90mts. ....	46

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Medición de nivel por sonda. ....	5
Figura 2. Medición de nivel por cinta.....	6
Figura 3. Medición de nivel por cristal. ....	6
Figura 4. Medición de nivel por flotador.....	7
Figura 5. Medición de nivel por burbujeo. ....	7
Figura 6. Medición de nivel por presión diferencial.....	8
Figura 7. Sensor de nivel resistivo.....	9
Figura 8. Componentes de un sensor capacitivo. ....	9
Figura 9. Principio de operación de un sensor de nivel ultrasónico. ....	10
Figura 10. Sensor ultrasónico MB7389. ....	11
Figura 11. Sistema de medición de nivel radiactivo. ....	11
Figura 12. Medidor de distancias láser. ....	12
Figura 13. Índice de protección (IP) ....	12
Figura 14. Regulador de Voltaje KA7805. ....	13
Figura 15. Regulador de Voltaje EZ158CT ....	14
Figura 16. Teclado matricial ....	14
Figura 17. Diagrama de conexión de Encoder MM94C922. ....	15
Figura 18. Pantalla LCD de 2x16. ....	16
Figura 19. Real Time Clock DS1307. ....	17
Figura 20. Diagrama de bloques de microcontrolador PIC16F84 ....	19
Figura 21. Diagrama PIC18F25k20 28- pin DIP ....	20
Figura 22. Módulo EUSART modo asíncrono ....	21
Figura 23. Módulo de comunicación I2C ....	22
Figura 24. Comunicación inalámbrica por Bluetooth ....	23
Figura 25. Módulo de comunicación inalámbrica Bluetooth HC-05 ....	24

Figura 26. Lenguaje de programación mikroC para PIC.....	25
Figura 27. MIT App Inventor .....	25
Figura 28. Cisterna ROTOPLAS de 1100Lts. ....	27
Figura 29. Valores de referencia de distancia tomadas para medición de nivel de agua en cisterna. ....	29
Figura 30. Pin 3 - Salida analógica de voltaje de sensor ultrasónico MB7389 .....	30
Figura 31. Pin 5 - Salida de señal digital serial TTL de sensor ultrasónico MB7389 .....	31
Figura 32. Regulador de Voltaje KA7805 en modo de regulador de tensión fija.....	33
Figura 33. Regulador de Voltaje EZ158CT en modo de regulador de tensión simple .....	33
Figura 34. Teclado matricial de 4x4 utilizado en el proyecto .....	34
Figura 35. Tabla de verdad de encoder MM74C922.....	34
Figura 36. Circuito de operación típica de DS1307 .....	36
Figura 37. Diagrama de conexiones de PIC18F25k20 con otros dispositivos.....	37
Figura 38. Diagrama de bloques de conexiones realizadas en el panel principal .....	37
Figura 39. Aplicación para teléfono móvil con sistema operativo Android. ....	38
Figura 40. Dirección MAC de módulo de comunicación inalámbrica Bluetooth HC-05 en App Inventor.....	39
Figura 41. Señal analógica de sensor LV MaxSonar MB7389 a 5 metros. ....	41
Figura 42. Señal analógica de sensor LV MaxSonar MB7389 a 1.5 metros. ....	42
Figura 43. Señal analógica de sensor LV MaxSonar MB7389 a 30 centímetros. ....	42
Figura 44. Voltaje de salida de transformador.....	49
Figura 45. Voltaje de salida de KA7805 .....	49
Figura 46. Voltaje de salida de EZ158CT. ....	49
Figura 47. Hora de panel principal en LCD. ....	50
Figura 48. Fecha de panel principal en LCD. ....	50
Figura 49. Nivel analógico de panel principal en LCD. ....	50
Figura 50. Límite de cisterna indicado por usuario en panel central y desplegado en LCD.....	51

Figura 51. Nivel obtenido por comunicación serial con sensor MB7389 y PIC18F25k20 en panel central y desplegado en LCD. ....	51
Figura 52. Voltaje de salida de Batería de DS1307 .....	51
Figura 53. Señal de pin SCL (Reloj Serial) de comunicación I2C de PIC18F25k20 y DS1307 .....	52
Figura 54. Señal de pin SDA (Datos Serial) de comunicación I2C de PIC18F25k20 y DS1307.....	52
Figura 55. Conexión por Bluetooth entre circuito y aplicación en teléfono móvil.....	53
Figura 56. Evento de alarma en aplicación de teléfono móvil.....	53
Figura 57. Evento de no alarma en aplicación de teléfono móvil.....	53
Figura 58. Porcentaje de agua mostrado en aplicación de teléfono móvil.....	54
Figura 59. Lista de nivel de agua (%) en aplicación de teléfono móvil para Android.....	54
Figura 60. Lista de eventos generados por alarma en aplicación de teléfono móvil para Android. ....	55
Figura 61. Presentación de historial en página de internet de servido.....	55
Figura 62. Diagrama de flujo de lógica de programa de microcontrolador PIC18F25k20.....	67
Figura 63. Diagrama de flujo de lógica de programa de aplicación en teléfono móvil. ....	68

## RESUMEN

Con el desarrollo de este proyecto se buscó abordar un problema al que no se le presta demasiada atención. Esto es el control de la información sobre las reservas de agua con las que se cuentan en el hogar. Es por ello que se planteó la generación de un soporte tecnológico que brindase información sobre el nivel de agua en la cisterna de uso domestico al usuario por medio de un dispositivo que utiliza un sensor ultrasónico para medir la distancia entre el sensor y la columna de agua y posteriormente calcular el nivel de agua.

El sensor ultrasónico utilizado es de tipo industrial (MB7389 de MaxSonar), diseñado específicamente para medir la distancia del sensor a superficies liquidas, la comunicación inalámbrica entre el panel principal y el teléfono móvil se obtuvo por medio del modulo Bluetooth HC-05. El control de los diferentes módulos utilizados en el panel principal se obtuvo por medio del microcontrolador PIC18F25k20. La aplicación del teléfono móvil se desarrollo en la plataforma App Inventor del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), que permite crear programas para teléfonos móviles con sistema operativo Android. La base de datos se creó en el servidor de Google por medio de la aplicación Google App Engine Launcher y el blog en el que se muestra una extensión de la investigación desarrollada se creó por medio de Blogger de Google (<http://joseescobar08335.blogspot.com>). La ventaja al utilizar estas aplicaciones es que se dan de forma gratuita aunque presentan la desventaja de encontrarse limitados en capacidad de almacenamiento, complejidad de la aplicación desarrollada, compatible únicamente con el sistema operativo Android y en que los servidores de Google pueden encontrarse fuera de servicio sin notificación previa y por tiempo indefinido.

Los valores de volumen (gal) y porcentaje, son mostrados en una pantalla LCD en el panel principal, a través de una aplicación en teléfono móvil para sumar versatilidad al proyecto y por medio de una base de datos en internet se muestra el historial de reservas de agua disponibles en tiempo real. Aunque existen limitaciones, los recursos gratuitos disponibles en internet facilitaron el desarrollo de la aplicación del teléfono móvil y el almacenamiento de datos en los servidores de Google. El prototipo desarrollado a lo largo de dos meses, cumple con su objetivo, destacando que durante esta etapa se han detectado errores en diseño y se han planteado soluciones para que se puedan corregir.

El costo de dispositivo desarrollado presenta un inconveniente ya que la inversión necesaria para implementarlo en el área de pruebas le resta atractivo. En muchas ocasiones el costo de un depósito de agua ya representa una inversión importante y difícilmente asumible por la gran mayoría de personas que cuentan con un servicio de distribución de agua regular en la Ciudad de Guatemala. El problema se agrava en el interior del país, en donde las dificultades económicas y la poca infraestructura no garantizan el abastecimiento de agua y en donde además del uso domestico, es necesario contar con depósitos de agua para tareas de ganadería y agricultura.

# I. INTRODUCCIÓN

Debido al deficiente servicio de distribución de agua brindado en la ciudad de Guatemala, nace la necesidad de contar con depósitos y cisternas de almacenamiento de agua en hogares, edificios de apartamentos, condominios y tanques colectores municipales. El proyecto desarrollado se enfoca en los sistemas de almacenamiento de agua o cisterna encontrados típicamente en un hogar de clase media en la ciudad capital.

A través de proyecto desarrollado se busca proporcionar información sobre las reservas de agua con las que cuentan al usuario y que por medio de esta información el usuario decida como racionalizar el consumo de agua.

Las principales limitaciones a resaltar son el financiamiento asumido en su totalidad por el estudiante, el tiempo con el que se cuenta para llevar a cabo el proyecto y realizar las pruebas necesarias para determinar su funcionalidad y realizar mejoras. Las pruebas se realizaron en una sola cisterna ubicada en el hogar del estudiante por lo que esto presenta limitaciones en cuanto a estar restringido a un tipo de geometría y capacidad volumétrica específico.

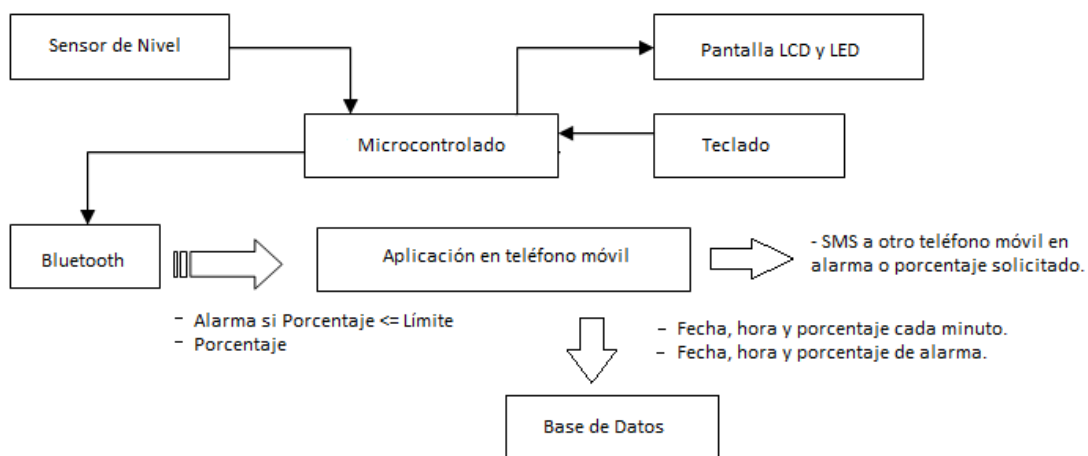
El proyecto tiene como finalidad mostrar al usuario el nivel de agua en un sistema de almacenamiento de agua o cisterna en un hogar, por medio de la pantalla LCD en el panel principal y actualizado cada minuto en la aplicación de teléfono móvil. Para ello se utiliza el sensor ultrasónico MB7389 HRXL-MaxSonar de la serie WR/WRC de MaxBotix Inc.

El volumen en galones y el porcentaje es mostrado en un panel principal, a través de una pantalla LCD. El usuario, a través del panel principal, puede indicar el nivel mínimo de reserva permitido. Si se detecta un nivel igual o menor al porcentaje indicado, se activará una alarma en el panel principal. La comunicación inalámbrica con otros componentes se lleva a cabo a través del modulo Bluetooth HC-05. Por medio de este módulo se envía el porcentaje de agua disponible y una alarma a un teléfono móvil en caso sea necesaria. La lógica para establecer la comunicación y el control sobre los componentes en el panel principal se lleva a cabo en el microcontrolador PIC18F25k20.

Los datos enviados al teléfono móvil por medio de Bluetooth son almacenados en una lista temporal de porcentaje para valores de nivel por encima del límite indicado por el usuario y en una lista de alarma se almacenan los eventos de alarma detectados durante el muestreo. Estos valores almacenados en la lista temporal de porcentaje y alarma en el teléfono, son almacenados en una base de datos en internet siempre y cuando se tenga acceso a una red *wifi*.

Los datos almacenados son mostrados en una página de internet de acceso público. Aunque se cumplió con los objetivos trazados al inicio del proyecto, se detectaron errores en el diseño en cuanto al alcance, funcionalidad y versatilidad las cuales pueden ser corregidas en una segunda etapa. A continuación se muestra un diagrama general del sistema:

**Figura I.** Diagrama general del sistema.



## **II. OBJETIVOS**

### **A. OBJETIVO GENERAL**

1. Diseñar un sistema de medición del nivel de agua en depósitos o cisternas de uso doméstico para que los usuarios cuenten con información oportuna, que les permita conocer en tiempo real la disponibilidad de agua para dosificar adecuadamente su consumo.

### **B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Diseñar un sistema de medición del nivel de agua en depósitos o cisternas, que brinde información sobre el nivel de agua en el depósito o cisterna doméstico.
2. Brindar información oportuna y pertinente, a los usuarios, para que puedan optimizar la utilización y conservación de reservas de agua.
3. Diseñar un sistema de medición no invasivo.
4. Implementar el protocolo de comunicación entre el sistema de medición y el teléfono móvil para el intercambio de información.

### III. JUSTIFICACIÓN

Al contar en un hogar con un sistema de almacenamiento de agua como por ejemplo una cisterna, los usuarios asumen que evitarán el desabastecimiento de agua. Error que los lleva a olvidar o a obviar el control del uso y consumo de agua. Por ello, es importante contar con un sistema de monitoreo y alerta que dé a los usuarios la información adecuada para que adopten las medidas que consideren pertinentes y oportunas. Esta información es esencial para que los usuarios tengan mayor control del consumo al conocer la reserva de agua con la que disponen.

En el proyecto se utiliza der la tecnología brindada por los teléfonos móviles inteligentes, que prácticamente son de acceso generalizado. Estos dispositivos tienen la capacidad de almacenar datos, procesar información y realizar actividades semejantes a las computadoras de escritorio o portátiles. El fácil acceso a estos dispositivos y el acceso a internet vía *WiFi* (conexión inalámbrica), permiten a los usuarios obtener y compartir información con cualquier otra persona en todo el mundo.

Con ello, en futuras fases de desarrollo e investigación del proyecto, se aumentaría la cantidad de áreas de prueba y así crear una red que brinde información en tiempo real del líquido a medir en tanques cisternas, industria alimenticia, petróleo, etc. La información dada por esta red permitiría controlar de mejor forma la distribución y consumo del compuesto de interés.

## IV. MARCO TEÓRICO

### A. Medición de nivel de agua en cisterna

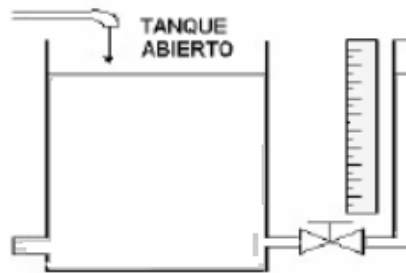
Para llevar a cabo la medición de nivel de agua en un recipiente cerrado, podemos aprovechar y utilizar a nuestro favor la altura del líquido sobre una línea de referencia, la presión hidrostática, el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido y aprovechando las características eléctricas del líquido.

Existen dos tipos de medición que se pueden llevar a cabo, medición directa y medición indirecta. La medición directa puede ser realizada por medio de (IE3003, 2010):

- Sonda
- Cinta
- Cristal
- Flotador (movimiento y fuerza)

**1. Medición de nivel por sonda.** Consiste en una varilla o regla graduada, de la longitud conveniente para ser introducida en el depósito. Por medio de la lectura directa de la longitud sumergida en el líquido, se obtiene la cantidad de líquido disponible. Este sistema se implementa en tanques de agua a presión atmosférica (www.tecnoficio.com).

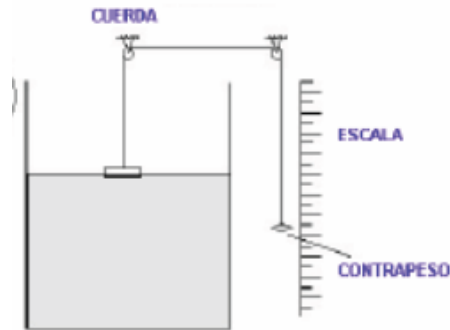
**Figura 1.** Medición de nivel por sonda.



(IE3003, 2010)

**2. Medición de nivel por cinta.** Este método para medición de nivel consiste en una cinta graduada con una pesa que tiene una gravedad específica mayor que la del fluido que está siendo medido. La cinta se hace descender al tanque que contiene el fluido y la superficie mojada de la cinta provee una indicación del nivel del líquido. Su aplicación está limitada a tanques abiertos a la atmósfera (www.tecnoficio.com).

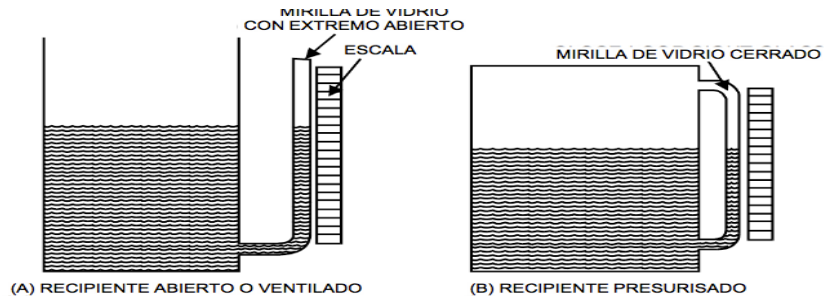
**Figura 2.** Medición de nivel por cinta.



(IE3003, 2010)

**3. Medición de nivel por cristal.** Los medidores de tubo de vidrio son considerados como manómetros en los cuales el nivel alcanza la misma posición que el nivel dentro del recipiente. La simplicidad de este instrumento lo hace popular en aquellas aplicaciones donde se requiere una indicación local del nivel (www.tecnoficio.com).

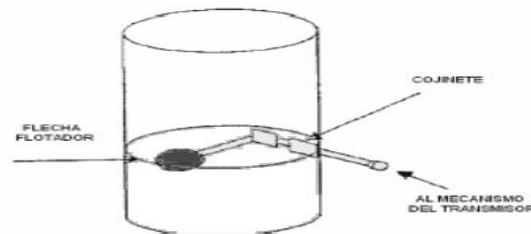
**Figura 3.** Medición de nivel por cristal.



(IE3003, 2010)

**4. Medición de nivel por flotador.** Los instrumentos de medición de nivel constituidos por flotadores, operan por el movimiento del flotador. El principio básico de flotación establece por medio del principio de Arquímedes que, “un cuerpo (flotador), sumergido en un líquido es empujado hacia arriba por una fuerza que es igual al peso del líquido desplazado” (www.tecnoficio.com).

**Figura 4.** Medición de nivel por flotador.



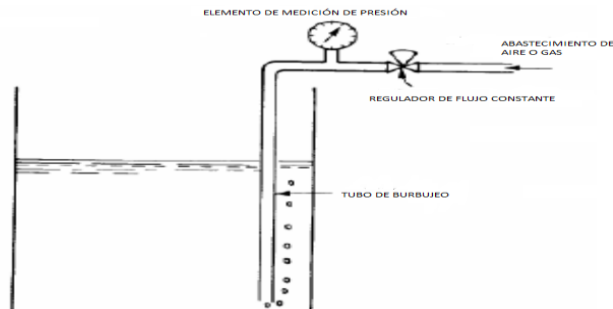
(IE3003, 2010)

La medición indirecta se puede realizar por medio de:

- Presión hidrostática (manómetro, burbujeo, presión diferencial).
- Por características eléctricas del líquido (resistivo o capacitivo).
- Medidor de nivel ultrasónico.
- Medidor de medición de nivel radiactivo.
- Medidor de nivel láser.

**5. Medición de nivel por medio de burbujeo.** En este método, un tubo se encuentra conectado a una fuente de gas con presión suficiente para vencer la presión hidrostática generada por la columna de líquido, hasta producir una corriente continua de burbujas. La presión requerida para producir el flujo continuo de burbujas es la presión hidrostática del líquido y conociendo la densidad del líquido se puede determinar su nivel (www.tecnoficio.com).

**Figura 5.** Medición de nivel por burbujeo.



(IE3003, 2010)

**6. Medición de nivel por medio de presión diferencial.** Este instrumento es el que mejor satisface los requerimientos de transmisión remota. La fuerza o el movimiento es convertido a una señal normalizada de 4-20mA. Consiste en un diafragma en contacto con el líquido del estanque, que mide la presión en un punto del fondo del tanque. En un estanque abierto esta presión es proporcional a la altura del líquido en ese punto y a su peso específico, es decir:

$$P = h * \gamma * g$$

Donde;

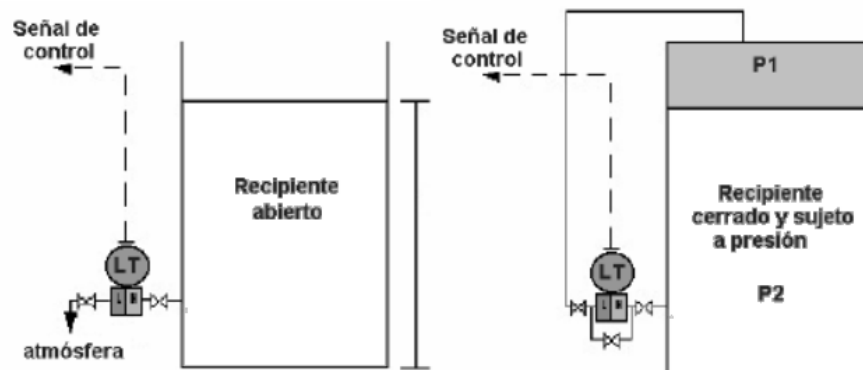
P = Presión

h = altura del líquido sobre el instrumento.

$\gamma$  = densidad del líquido.

g = gravedad

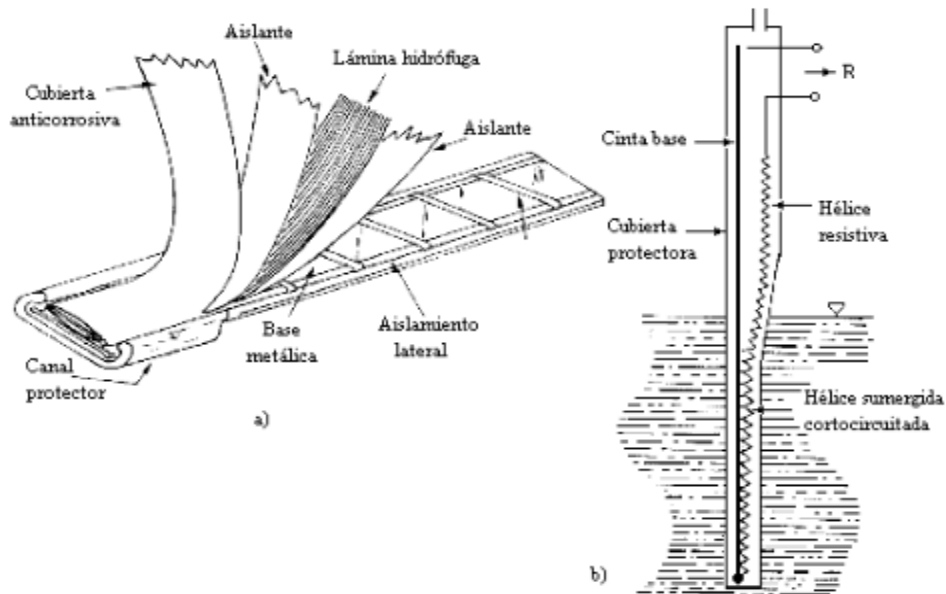
**Figura 6.** Medición de nivel por presión diferencial.



(IE3003, 2010)

**7. Medición de nivel resistivo.** Consiste en uno o varios electrodos y un relevador eléctrico o electrónico que es excitado cuando el líquido moja a dichos electrodos. El líquido debe ser lo suficientemente conductor como para discriminar la separación entre el líquido y su vapor, como ocurre en una caldera de vapor (IE3003, 2010). A continuación se muestra la figura de un sensor de nivel resistivo basado en una hélice que bajo presión hidrostática, contacta una base metálica conductora. Cuando la cinta se sumerge en un tanque o depósito, la presión hidrostática sobre la cubierta externa presiona la hélice sobre la cinta, de manera que la resistencia que se mide entre la hélice y la cinta depende de la longitud sumergida, con una sensibilidad de 10 $\Omega$ /cm (Escuela Técnica Superior de Ingeniería, 2010).

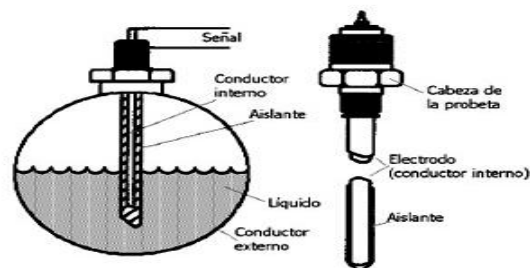
**Figura 7.** Sensor de nivel resistivo.



(Escuela Técnica Superior de Ingeniería, 2010)

**8. Medición de nivel capacitivo.** La base de este método de medición radica en las características físicas de un condensador. La capacitancia de un condensador depende de la separación entre los dos electrodos o placas. En fluidos no conductores se emplea un electrodo normal y la capacidad total del sistema se compone de la del líquido. El líquido cuyo nivel se quiere medir actúa como el dieléctrico. A medida que el líquido sube entre el espacio de las dos placas, se produce una variación en la capacitancia la cual se monitorea y se utiliza para dar una señal proporcional al nivel ([www.tecnoficio.com](http://www.tecnoficio.com)).

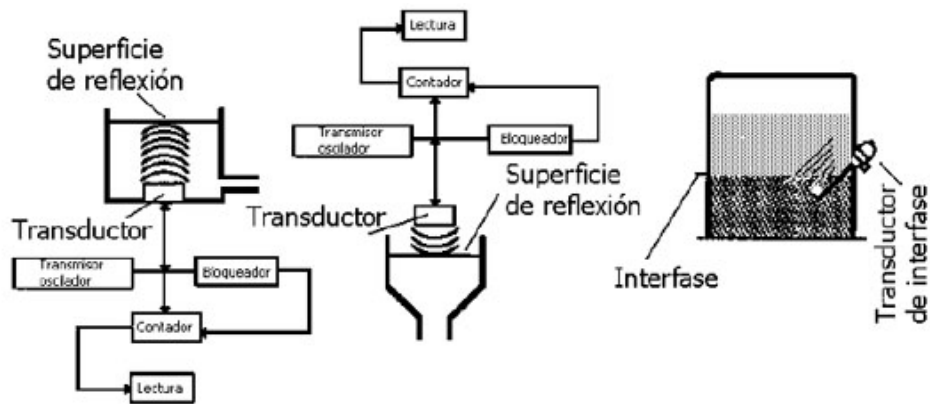
**Figura 8.** Componentes de un sensor capacitivo.



([www.tecnoficio.com](http://www.tecnoficio.com))

**9. Medición de nivel ultrasónico.** En estos sensores, se mide el tiempo empleado por el sonido en su trayecto desde un emisor hasta un receptor. El instrumento tiene un emisor que proporciona breves impulsos sónicos, Estos impulsos son reflejados por la superficie del material en el recipiente y llegan de nuevo al emisor, que actúa ahora como receptor. El tiempo transcurrido es una medida de la distancia entre el material y el emisor-receptor. Un convertidor electrónico proporciona la medida del nivel. El sensor puede incluir un sensor de temperatura para compensar los cambios en la temperatura del aire (www.tecnoficio.com).

**Figura 9.** Principio de operación de un sensor de nivel ultrasónico.



(www.tecnoficio.com)

Este tipo de medidor se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante y la recepción del eco del mismo en un receptor. El retraso en la captación del eco depende del nivel del tanque. Los sensores trabajan a una frecuencia de unos 20kHz. Estas ondas atraviesan con cierto amortiguamiento o reflexión el medio ambiente de gases o vapores y se reflejan en la superficie del sólido o del líquido.

a. **Sensor Ultrasónico LV MaxSonar MB7389.** El sensor HRXL\_MaxSonar de la serie WR/WRC con 5 metros de alcance, ofrece una alta resolución, precisión, resistencia a la humedad de acuerdo a la norma IP67. Dispone de una salida de voltaje analógica, salida serial, ancho de pulso, rango de operación con voltaje de alimentación de 2.7 a 5.5V DC y un pin extra para conectar un sensor de temperatura. (inc, 2005)

Alguna de las características del sensor seleccionado se menciona a continuación:

- Resolución con señal analógica de 5-mm.
- Resolución con ancho de pulso de 1µS/mm.
- Resolución con comunicación serial de 1-mm.
- TTL (*transistor-transistor logic*)
- 5 metros de rango de detección.
- Alimentación de 2.7 a 5.5V DC.
- Elimina errores de medición ocasionados por artefactos como hojas, ramas, tuberías, etc.

- Rango de operación entre temperaturas de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $65^{\circ}\text{C}$ .
- Cumple con normativa IP67.

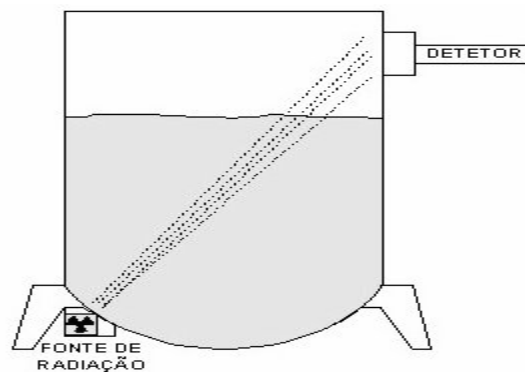
**Figura 10.** Sensor ultrasónico MB7389.



Fuente: (HRXL-MaxSonar - WR/WRC Series, 2005)

**10. Medición de nivel tipo radiactivo.** En este tipo de sensores, una fuente radiactiva emite un haz de rayos gamma o alfa, que viajan a través del tanque y de su contenido, hasta un detector ubicado en el lado opuesto. En el detector se encuentra un contador Geiger que produce un impulso eléctrico en respuesta a cada fotón que llega al detector. Estos pulsos son integrados y transformados en una señal de corriente directa proporcional a la radiación recibida en el contador (www.tecnoficio.com).

**Figura 11.** Sistema de medición de nivel radiactivo.



(Instrumentos para medición y control de nivel., 2003)

**11. Medición de nivel tipo láser.** Se utiliza en aplicaciones donde las condiciones de operación son extremas y donde los instrumentos de nivel convencionales fallan. El sistema consiste en un rayo láser enviado a través de un tubo de acero y dirigido por la reflexión en un espejo sobre la superficie del líquido. El aparato mide el tiempo que transcurre entre el impulso emitido y el impulso de retorno que es registrado en un foto-detector de alta resolución y este tiempo es directamente proporcional a la distancia del aparato emisor a la superficie del líquido, es decir la lectura del nivel (www.tecnoficio.com).

**Figura 12.** Medidor de distancias láser.

(Escuela Técnica Superior de Ingeniería, 2010)

## B. Norma IP67

Esta norma hace referencia al estándar internacional IEC 60529 utilizado en datos técnicos de equipamiento eléctrico y/o electrónico, especialmente en la industria de sensores, medidores, controladores, etc. Este estándar ha sido desarrollado para calificar de una manera alfa-numérica a equipamientos en función del nivel de protección que sus materiales contenedores proporcionan contra la entrada de materiales extraños.

En el caso del sensor, las siglas indican lo siguiente (Tyton, 2013):

- IP (*intentional Protection*) identifica al estándar internacional.
- 6 es el primer dígito e indica el nivel de protección ante el polvo, en este caso indica que el polvo no debe ingresar bajo ninguna circunstancia.
- Siendo 7 el segundo dígito numérico describe el nivel de protección frente a líquidos (agua), en este caso soporta una inmersión completa a 1 metro durante 30 minutos.

A continuación se muestra la tabla que indica el grado de protección y su significado:

**Figura 13.** Índice de protección (IP)

1a cifra	Protección contra cuerpos sólidos	2a cifra	Protección contra cuerpos líquidos
IP	Descripción	IP	Descripción
0	Ninguna protección	0	Ninguna protección
1	Protección contra los cuerpos sólidos superiores a 50 mm (ej: contacto involuntario de la mano)	1	Protección contra las caídas verticales de gotas de agua (condensación)
2	Protección contra los cuerpos sólidos superiores a 12,5 mm (ej: dedos)	2	Protección contra las caídas de gotas de agua con hasta 15° de la vertical
3	Protección contra los cuerpos sólidos superiores a 2,5 mm (ej: herramientas, tornillos)	3	Protección contra el agua de lluvia hasta 60° de la vertical
4	Protección contra los cuerpos sólidos superiores a 1 mm (ej: destornillador, hilos)	4	Protección contra las salpicaduras de agua de cualquier dirección
5	Protección contra los residuos de polvo	5	Protección contra los chorros de agua de cualquier dirección con manguera
6	Protección total contra la penetración del polvo (estanqueidad)	6	Protección contra las salpicaduras de agua como los golpes de mar
		7	Protección contra los efectos de inmersión
		8	Protección contra los efectos de inmersión prolongada según condiciones especificadas

(Índice de protección (IP), 2009)

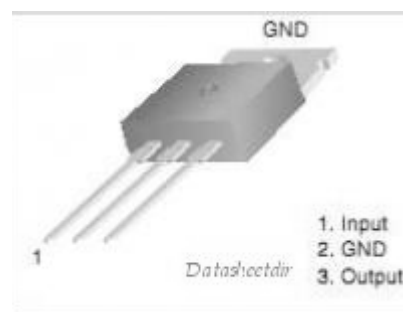
## C. Módulo de alimentación

La fuente de alimentación es un circuito que convierte la tensión alterna (industrial) en una tensión continua, que es la que se utiliza en la inmensa mayoría de circuitos electrónicos. El ruido (decibelios, DB) es toda señal no deseada que se mezcla con la señal útil que se quiere transmitir. El ruido de Johnson-Nyquist, también conocido como ruido terminal es el ruido generado por el equilibrio de las fluctuaciones de la corriente eléctrica dentro de un conductor eléctrico, el cual tiene lugar bajo cualquier voltaje, debido al movimiento térmico aleatorio de los electrones. Es el resultado de diversas perturbaciones que tienden a enmascarar la información cuando se presenta en la banda de frecuencias del espectro de la señal o su ancho de banda. El ruido es causado por variaciones térmicas y interferencias de señales externas. Aunque es imposible eliminar por completo el ruido, se puede reducir su valor, de manera que la calidad de la comunicación en el circuito resulta aceptable. Para reducir el ruido en componentes electrónicos se conecta en paralelo un capacitor a la señal de alimentación (Vcc) y tierra (GND). Los capacitores son componentes electrónicos capaces de almacenar energía. Estos absorben el ruido de un circuito y proporcionan una suave señal de corriente continua (Herrera Pérez, 2004).

El suministro de corriente eléctrica se obtiene por medio de un transformador de 12V DC, el cual se conecta a un tomacorriente de alimentación común de 120V AC. Este transformador tiene la capacidad de suministrar 1 Amperio de corriente al circuito. Para obtener 5.5V DC y 3.6V DC con los que es necesario alimentar los circuitos que conforman el proyecto se utilizaron los reguladores de voltaje KA7805 y EZ158CT respectivamente.

**1. Regulador de Voltaje KA7805.** Este regulador tiene la característica de proporcionar 5.1V DC y 1 Amperio en modo regulador de tensión fija. Las características específicas a este regulador se muestran en detalle en la hoja de datos adjuntada en el apéndice. A continuación se muestra una imagen del integrado KA7805.

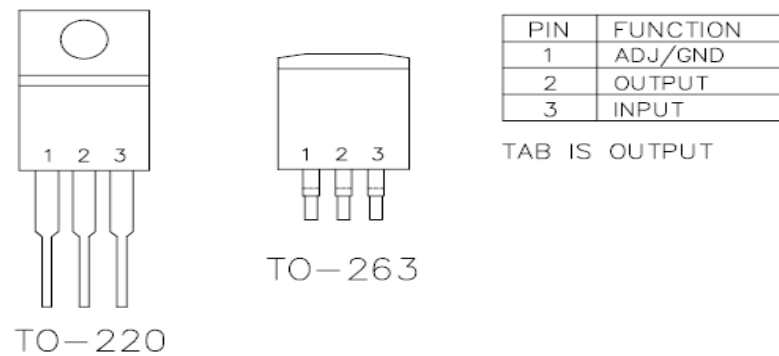
**Figura 14.** Regulador de Voltaje KA7805.



(Corporation F. S., 2001)

**2. Regulador de Voltaje EZ158CT.** Este regulador tiene la característica de proporcionar 3.3V DC y 4.6 Amperios en modo regulador de tensión fija. Las características específicas a este regulador se muestran en detalle en la hoja de datos adjuntada en el apéndice. A continuación se muestra una imagen del integrado EZ158CT.

**Figura 15.** Regulador de Voltaje EZ158CT

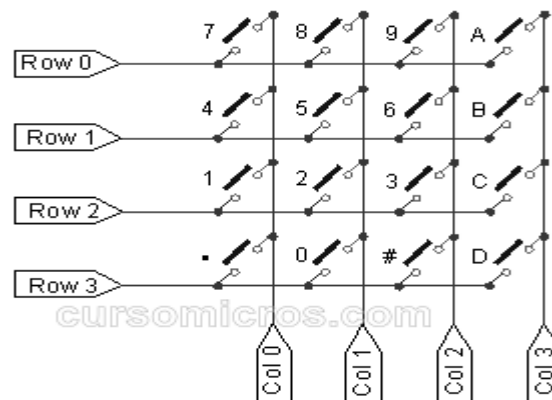


(Corporation S. , 2006)

## D. Teclado Matricial de 4x4

Es un conjunto de botones (switches) dispuestos en forma de malla, de modo que no se requieran de muchas líneas para su interface. Cada botón del teclado está conectado a alguna de las filas por un lado y columna por el otro. Al presionar un botón, se emite una señal compuesta por 8 bits en la que cada uno de los códigos corresponde a un botón específico.

**Figura 16.** Teclado matricial

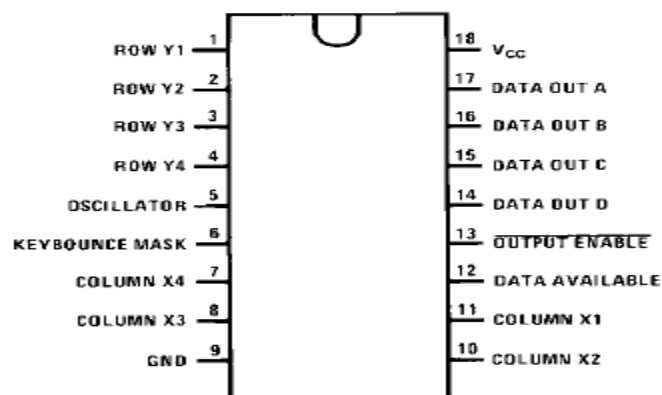


(Control de Teclado Matricial, 2009)

**1. Encoder MM74C922.** Con el fin de reducir la cantidad de pines en un microcontrolador destinado a recibir información del teclado matricial se utiliza el encoder. Este dispositivo utiliza tecnología CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*) que consiste en la utilización de transistores de tipo pMOS y tipo nMOS configurado de tal forma que, en estado de reposo, el consumo de energía es únicamente debido a corrientes parásitas (Bastian, 2001). La matriz está configurada de tal forma que permite decodificar un arreglo de switches de tipo SPST (*single-pole, single-throw*). Este es un switch simple *on-off* en el que sus dos terminales están conectadas o desconectadas una de la otra por medio de un contacto. Cuando se detecta un pulso ocasionado por presionar un switch en el teclado matricial, el encoder recurre a una tabla de verdad implementada a nivel de circuito que produce una salida de 5 bits (pines A, B, C y D). El pin *Data Available*, cambia de estado bajo a estado alto cuando un valor válido del teclado en los pines de entrada (*ROW Y1 a ROW Y4, COLUMN X1 a COLUMN X4*) matricial se ha producido. El integrado se alimenta con 5.2V DC. El error producido por el rebote, es solucionado al conectar un capacitor de 1uF en el pin KEYBOUNCE. El ruido producido internamente en el integrado se elimina al conectar un capacitor en el pin OSCILATOR.

El teclado matricial seleccionado posee las características de ser flexible, con conector dupont de 8 pines, 4 para filas y 4 para columnas. Capaz de soportar hasta 35V DC con un consumo de 100mA. Para disminuir el número de pines de conexión de 8 a 4, con el microcontrolador se utilizó un Encoder MM74C922. A continuación se muestra el diagrama del integrado MM94C922.

**Figura 17.** Diagrama de conexión de Encoder MM94C922.



(Datasheet Archive, 1999)

## E. LCD – ERM1602SBS-4

Una pantalla de cristal líquido o LCD (*liquid crystal display*), es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora. El dispositivo se constituye de forma simplificada, tomando dos láminas de vidrio en las que se realizan hendiduras similares a las moléculas de cristal líquido nemático que se introduce entre ambas. La aplicación de un campo eléctrico activa o desactiva la célula de cristal líquido (Muñoz, 2013).

Algunos factores importantes que se deben considerar al evaluar una pantalla de cristal líquido son:

- Resolución: dimensiones horizontales y verticales en píxeles.
- Ancho de pulso: la distancia entre los centros de dos píxeles adyacentes.
- Tamaño: dimensiones del panel LCD (pulgadas).
- Ángulo de visión: ángulo máximo en que el usuario puede mirar el contenido desplegado.
- Brillo, color, contraste y puertos de entrada.

**Figura 18.** Pantalla LCD de 2x16.



(LCD2S-162YHY, 2013)

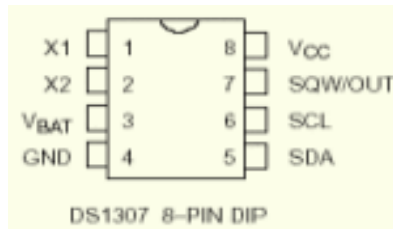
Para el modelo de pantalla seleccionada, cada uno de estos caracteres es una matriz de 5 x 8 píxeles. La tecnología utilizada es Blue STN (*super-twister nematic*) que es la respuesta a los problemas presentados por los dispositivos TN (*twisted nematic*) que básicamente busca mejorar la resolución aunque muestran efectos de coloración no deseados. El valor máximo de voltaje de alimentación es de 7V DC y presenta un consumo típico de entre 1.38 a 3 mA. (EastRising) Para poder comunicar el microcontrolador con la pantalla LCD se debe inicializar la librería LCD en microC. Las especificaciones técnicas de la pantalla LCD utilizada se muestra en la hoja de datos del fabricante.

## F. Real Time Clock

Un reloj en tiempo real (RTC), es un dispositivo integrado en un circuito y utilizado comúnmente en computadoras cuyo objetivo es mantener la hora y fecha actual. Los RTC están presentes en la mayoría de los aparatos electrónicos que necesitan guardar el tiempo exacto. Entre los beneficios de utilizar un RTC están el bajo consumo de energía eléctrica, libera trabajo al sistema principal para que se pueda dedicar a tareas más críticas y ofrece una gran precisión. Los RTC a menudo tienen una fuente de alimentación alternativa, por lo que pueden seguir midiendo el tiempo mientras la fuente de alimentación principal está apagada o no está disponible. La mayoría de los RTC usan un oscilador de cristal, aunque algunos utilizan la frecuencia de la fuente de alimentación. En muchos casos la frecuencia del oscilador es 32.768kHz (Martínez, 2013).

**1. DS – 1307.** Este es un dispositivo que permite implementar la hora y fecha a un PIC sin la necesidad de recurrir a la programación de un timer y la lógica que implica la calendarización. Se encarga de computar los segundos, minutos, horas, días de la semana, días del mes, meses y años hasta 2099. Cuenta con 56 Bytes de memoria RAM. Provee por el pin SQW/OUT una señal cuadrada de frecuencia programable (1Hz, 4.96kHz, 8.192kHz y 32.768kHz). Como alimentación alterna utiliza una batería de litio 3.3V DC. En ausencia o deficiencia de la alimentación de Vcc, el DS1307 pasa automáticamente a alimentarse de la batería.(integrated, www.maximintegrated.com, 2008) A continuación se muestra el diagrama de pines del integrado DS1307.

**Figura 19.** Real Time Clock DS1307.



(Proyeck Jam Digital II, 2009)

El DS1307 se comunica con el microcontrolador utilizando el protocolo de comunicación I2C (*Inter-Integrated Circuit*) al que se le dedica un espacio más adelante para su explicación. Solo se añadirá que este tipo de comunicación es adecuada cuando el microcontrolador debe intercambiar los datos con un circuito integrado dentro del mismo dispositivo, estos pueden ser otros microcontroladores o los circuitos integrados especializados conocidos como “periféricos inteligentes” como el DS1307.(Tools, 1998)

Las resistencias que se observan en los pines SCL, SDA y SQW/OUT en la Figura 4, se denominan pull-up y cumplen la función de elevar la tensión de salida del circuito lógico. El *pull-up* pasivo es un circuito de salida en el que la corriente de carga para un condensador se obtiene a través de una resistencia. La función principal de una resistencia *pull-up* es evitar que una corriente excesiva fluya a través del circuito (FjRamirez, 2012).

El cristal de cuarzo conectado en los pines X1 y X2 debe ser de 32.768kHz según el fabricante ya que el circuito del oscilador interno está diseñado para operar con este cristal. La hoja de fabricante recomienda conectar el cristal lo más cerca posible de los pines X1 y X2 en el circuito ya que el DS1307 es altamente sensible al ruido que pueden ocasionar los pulsos extras en el reloj ocasionando que el reloj “cuente” a una frecuencia mayor a la deseada (integrated, Crystal considerations with maxim Real Time clock, 2001).

La información es enviada y recibida en el DS1307 en formato BCD (*Binary Coded Decimal*) que es un estándar para representar números decimales en el sistema binario y que es muy común en sistemas electrónicos donde se debe mostrar un valor numérico, especialmente en los sistemas digitales no programables y en donde cada dígito decimal es codificado con secuencias de 4 bits. Con esta codificación especial de los dígitos en sistema binario, se pueden realizar operaciones aritméticas como sumas, restas, multiplicación y división sin perder en los cálculos la precisión y aunque se considera que la conversión de números decimales a BCD y viceversa es sencilla, los cálculos en BCD se llevan más tiempo. Es un código ineficiente; ya que requiere más bits para representar un número que el binario natural o el complemento a dos, es por ello que no se utiliza para transmisión ni almacenamiento de datos (Hermosa Donate, 2013).

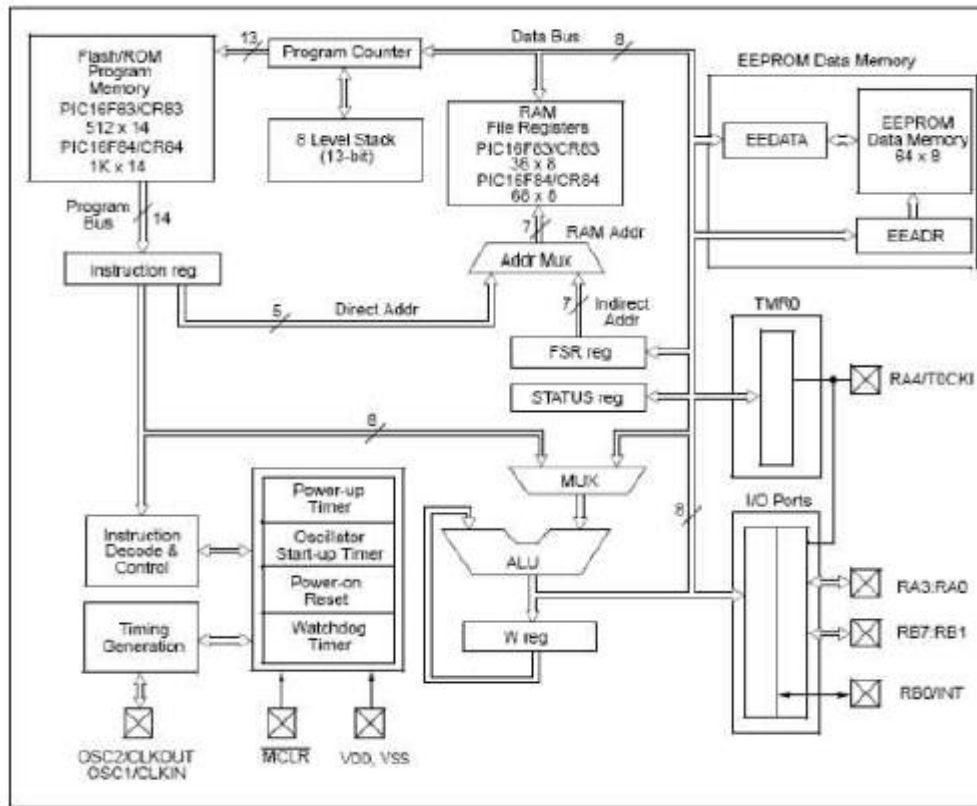
## **G. Microcontrolador**

Un microcontrolador es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar instrucciones programadas y almacenadas en su memoria. Los microcontroladores están conformados por la unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada y salida. Los tipos de arquitectura en los microcontroladores son Von Neuman en la cual la unidad central de proceso (CPU), está conectada a una memoria única donde se guardan las instrucciones del programa de datos. En la arquitectura Harvard la unidad central de proceso está conectada a dos memorias, una con las instrucciones y otra con los datos por medio de dos buses diferentes. La diferencia está en el tiempo de acceso a los datos e instrucciones, siendo la arquitectura Harvard la que ofrece una mayor velocidad (S., 2004).

A continuación se da una lista de los elementos estructurales en los microcontroladores:

- El procesador: Se encarga de direccionar la memoria de instrucciones, su decodificación y su ejecución, así como de la búsqueda de los operandos y el almacenamiento de resultados.
- Memoria: De tipo ROM (contiene el programa de instrucciones) y RAM (destinada a guardar las variables y los datos).
- EPROM: Permite a los microcontroladores borrarse y grabarse la cantidad aproximada de veces determinada por el fabricante.
- Puertos de entrada y salida: Permiten comunicar al procesador con el mundo exterior, a través de interfaces, o con otros dispositivos.
- Reloj principal: Circuito oscilador que genera una onda cuadrada de alta frecuencia, que configura los impulsos de reloj usados en la sincronización de todas las operaciones del sistema.

**Figura 20.** Diagrama de bloques de microcontrolador PIC16F84



(Introducción al microcontrolador, 2004)

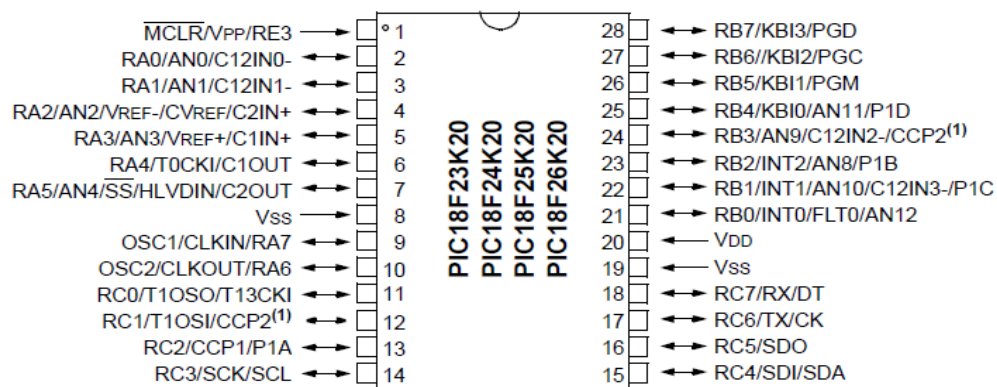
Además cuenta con recursos especiales como (S., 2004):

- Temporizadores o Timers.
- Perro guardián o Watchdog.
- Protección ante fallo de alimentación o Brownout.
- Estado de reposo o bajo consumo (Sleep mode).
- Conversor A/D (Analógico → Digital).
- Conversor D/A (Digital ← Analógico).
- Comparador analógico.
- Modulador de anchura de impulsos o PWM (Pulse Width Modulation).
- Puertas de E/S digitales.
- Puertas de comunicación (USART, I2C, SPI).

**1. PIC18F25K20.** A continuación se muestran algunas de las que se consideran son las características más relevantes adicionales a las mostradas en la Tabla 1 (Inc., 2010):

- Voltaje de operación de 1.8 a 3.6V
- 1024 bytes de memoria EEPROM
- Operación de 16 MIPS (millones de instrucciones por segundo).
- Oscilador interno de 31kHz a 16MHz.
- *Watchdog timer* (WDT).
- Bajo consumo durante modo *sleep* (menor a 100 nA @ 1.8V)
- Módulo analógico con 13 canales externos.
- Módulo comparador.
- 25 pines de entrada/salida.
- Módulo de comunicación SPI e I2C.
- Módulo de comunicación serial EUSART.
- 4 módulos Timer.

**Figura 21.** Diagrama PIC18F25k20 28- pin DIP



(Microchip PIC18F25K20, 2010)

**2. Módulo analógico.** Este es un convertidor que genera una representación binaria (en este caso de 10 bits) a partir de las muestras de una señal analógica en los instantes determinados por la frecuencia de muestreo (dictado por la frecuencia de muestreo). Se almacenan los resultados de la conversión en los registros ADC (ADRESL y ADRESH). El PIC18F25k20 cuenta con 13 entradas analógicas separadas que el convertidor A/D convierte en un número de 10 bits. La resolución mínima se puede ajustar a diferentes necesidades al seleccionar los voltajes de referencia Vref- (GND) y Vref+ (3.3V DC)(Inc., 2010)(Tools, 1998).

Las características de módulo analógico en el PIC18F25k20 se muestran a continuación:

- Resolución de 10 bits en 13 canales externos.
- Capacidad de auto-adquisición.
- Conversión habilitada durante modo *sleep*.
- 1.2V de tensión fija de referencia (FVR).

**3. Módulo de comunicación serie.** El módulo de transmisión y recepción universal síncrono/asíncrono EUSART (*enhanced universal synchronous asynchronous receiver transmitter*) utiliza la comunicación serial periférica como entrada y salida. Este módulo contiene todos los generadores de señales de reloj, registros de desplazamiento y búfers de datos necesarios para realizar la transmisión de datos serie de entrada/salida independientemente de la ejecución del programa. Este módulo puede establecer la conexión asíncrona, lo que permite habilitar canales especiales para la transmisión y recepción de datos y señales de reloj (Tools, 1998).

El EUSART incorporado en el PIC18F25K20 posee las siguientes características (Inc., 2010):

- Transmisión y recepción asíncrona en modo *Full-duplex* (comunicación bidireccional).
- Detección de dirección en modo 9 bits.
- *Half-duplex synchronous* maestro y esclavo.
- Detección de errores por saturación del búfer de entrada.
- Comunicación *Half-duplex* en modo síncrono.

**Figura 22.** Módulo EUSART modo asíncrono

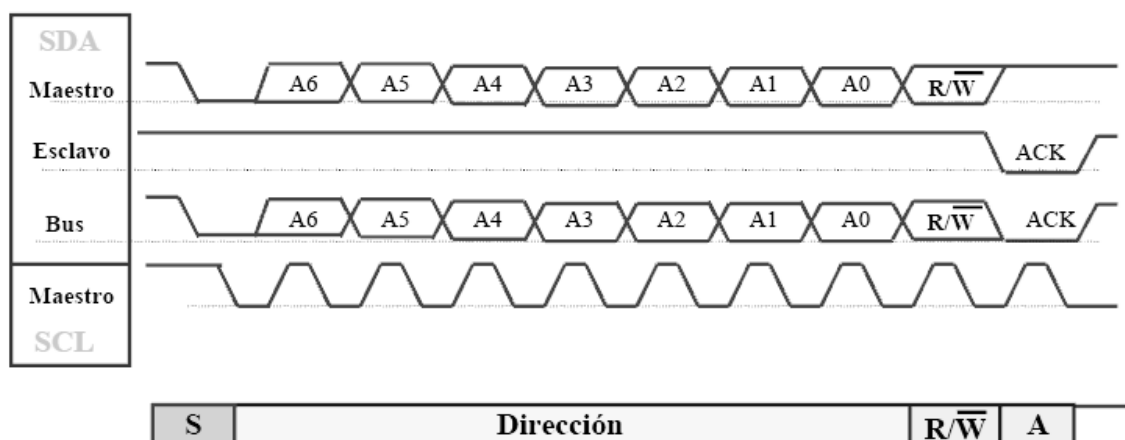


(Microcontrolador PIC16F887, 1998)

**4. Módulo de comunicación I2C.** En modo I2C (bus de circuito inter-integrado) es adecuado para ser utilizado cuando el microcontrolador debe intercambiar los datos con un circuito integrado dentro de un mismo dispositivo. Éstos son con frecuencia otros microcontroladores, o los circuitos integrados especializados y baratos que pertenecen a la generación de los llamados “periféricos inteligentes” como memorias, sensores de temperatura, relojes de tiempo real, etc. La transmisión de datos en modo I2C es síncrono y bidireccional que se utiliza para la transmisión de datos. Los pines SDA (datos seriales) y SCL (reloj serial), son utilizados para este fin. Este modo permite la conexión simultánea de hasta 112 componentes diferentes. El reloj necesario para sincronizar el funcionamiento del microcontrolador y del dispositivo con el que se realizará la conexión, siempre es generado por un dispositivo maestro (microcontrolador) y su frecuencia afecta directamente a la velocidad de trasmisión de datos. Aunque existe un protocolo que permite como máximo una frecuencia de reloj de 3.4MHz (bus I2C de alta velocidad), existe uno de uso más común que trabaja con una frecuencia de reloj limitada a 100KHz, aunque la frecuencia mínima no está limitada (Tools, 1998).

Cuando el componente maestro y esclavo están sincronizados por el reloj, el maestro siempre inicia cada intercambio de datos. Una vez que el módulo MSSP se ha habilitado, espera que ocurra una condición de arranque (*Start condition*). El dispositivo maestro primero envía el bit de arranque (cero) por el pin SDA, luego la dirección de 7 bits del dispositivo esclavo seleccionado y por último el bit que requiere al dispositivo escribir (0) escribir o (1) leer el dato enviado. Una vez el primer byte se ha enviado (se transmiten datos de 8 bits), el maestro se pone en modo de recepción y espera el reconocimiento del dispositivo receptor acerca de la dirección coincidente. Si el dispositivo esclavo envía un bit de reconocimiento (1) la transmisión de datos continuará hasta que el dispositivo maestro envíe el bit de parada (stop).

**Figura 23.** Módulo de comunicación I2C



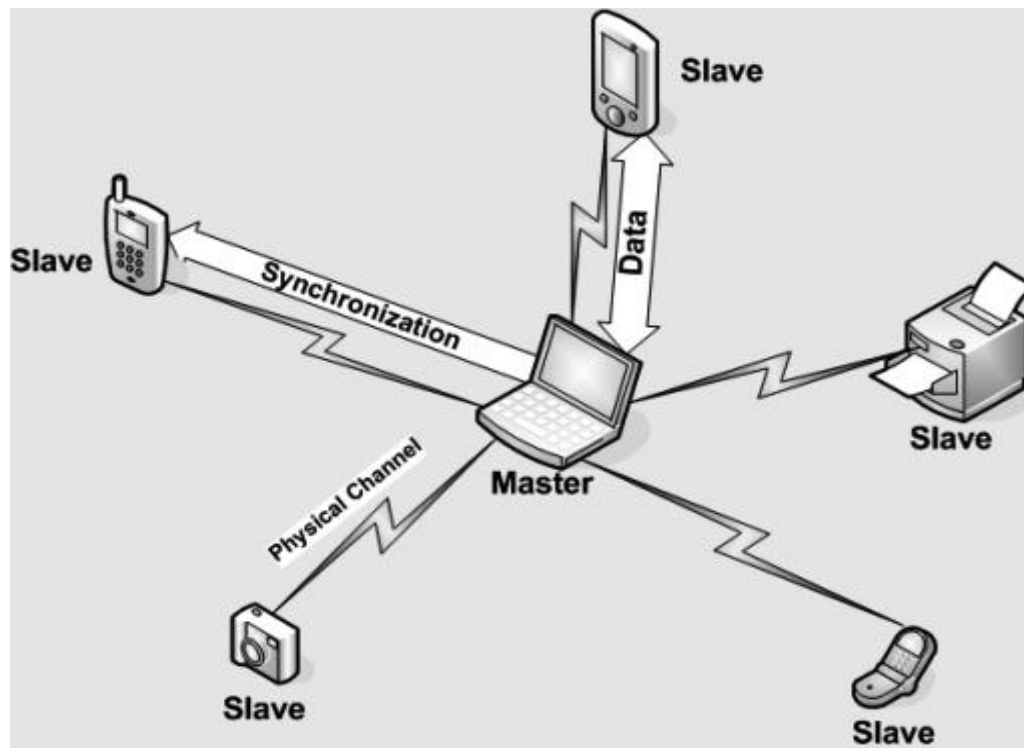
(Creación de un Reloj-Calendario con el I2C PCF8583P, 2012)

## H. Módulo de comunicación inalámbrica

Existen diversas maneras de conectar dispositivos electrónicos entre sí, mediante cables, señales de radio y rayos de luz infrarrojos y una variedad incluso mayor de conectores, enchufes y protocolos, por lo que conectar dispositivos es cada día más complejo, de ello nace la tecnología inalámbrica (*wireless*). La tecnología Bluetooth es automática e inalámbrica y tiene un número de características interesantes que puede simplificar la comunicación entre dispositivos.

La tecnología inalámbrica Bluetooth es una tecnología de ondas de radio de corto alcance (2.4 GHz) cuyo objetivo es el simplificar las comunicaciones entre dispositivos informáticos, como ordenadores móviles, teléfonos móviles, otros dispositivos de mano y entre estos dispositivos e internet. También pretende simplificar la sincronización de datos entre los dispositivos y otros ordenadores. El uso de protocolo Bluetooth permite la eliminación de conexiones por cable entre dispositivos, permite la sincronización y transferencia de archivos (Masadelante, 1999).

**Figura 24.** Comunicación inalámbrica por Bluetooth



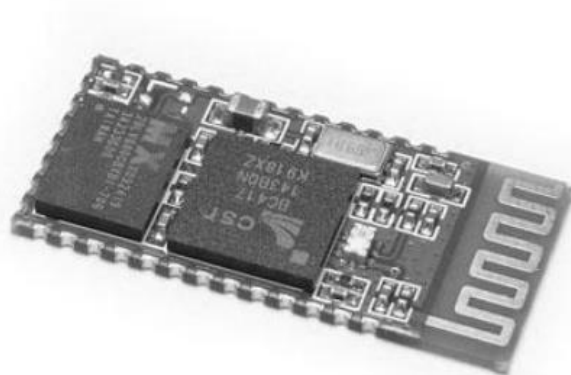
(como funciona el bluetooth, 2010)

La tecnología Bluetooth es de pequeña escala, bajo coste y se caracteriza por usar enlaces entre móviles y otros dispositivos, como teléfonos celulares, puntos de acceso de red y ordenadores. Esta tecnología opera en la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical), de uso común de 2.4 GHz (José Manuel Huidobro, 2013).

**1. Módulo Bluetooth HC-05.** El HC-05 es un módulo de comunicación Bluetooth SPP (*Serial Port Protocol*) diseñado para conexiones seriales inalámbricas. Algunas de las características del módulo de comunicación inalámbrica HC-05 son (Studio, 2010):

- Maestro – esclavo
- 2.4 GHz ISM (*Industrial, Scientific and Medical*)
- Modulación GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*)
- Poder de transmisión menor o igual a 4db, clase 2.
- Alcance de 10mts.
- Alimentación de 1,8 a 3.3V DC

**Figura 25.** Módulo de comunicación inalámbrica Bluetooth HC-05.



(HC-05 Bluetooth to serial port module, 2010)

*a. Modulación por desplazamiento de frecuencia Gausiana.* La modulación por desplazamiento de frecuencia Gausiana es un tipo de modulación donde en circuito es construido similar al FSK simple y al que se le ha añadido el filtro gausiano para la serie de bits. Los parámetros del filtro serán los que determinen cuando se puede reducir el espectro y la separación entre tonos. (Scanner, 2013).

## I. Lenguajes de programación

Un lenguaje de programación es un lenguaje que puede ser utilizado para controlar el comportamiento de una máquina, particularmente una computadora o un microcontrolador. Consiste en un conjunto de reglas sintácticas y semánticas que definen su estructura y el significado de sus elementos, respectivamente. Según la forma de ejecución, los lenguajes se dividen en compilados e interpretados. Un programa que se escribe en un lenguaje de alto nivel también tiene que traducirse a un código que pueda utilizar el microcontrolador. Los programas traductores que realizan esta operación se llaman compiladores.

Los compiladores son aquellos cuya función es traducir un programa escrito en determinado lenguaje a otro que la computadora o microcontrolador entienda (código binario). El intérprete elimina la necesidad de realizar una corrida de compilación después de cada modificación del programa cuando se quiere agregar funciones o corregir errores; un programa objeto compilado con antelación deberá ejecutarse con mucha mayor rapidez que uno que se debe interpretar a cada paso durante una corrida de producción (Gutierrez, 2007).

**1. Lenguaje de programación mikroC.** El lenguaje de programación mikroC (desarrollado por Mikroelektronika), dispone de las ventajas de un lenguaje de programación de alto nivel (reducir la cantidad de líneas de instrucción, reduce la necesidad de conocer el conjunto de instrucciones o características de hardware del microcontrolador utilizado) y le permite realizar algunas operaciones tanto sobre los bytes como sobre los bits. C, está estandarizado (ANSI), lo que lo hace muy portable, aunque presenta algunas diferencias que se refieren a las mejoras, destinadas a facilitar la programación de los microcontroladores PIC. MikroC, es un lenguaje compilado, lo que significa que los archivos fuentes que contiene el código C se traducen al lenguaje máquina por el compilador (Tools, 1998).

**Figura 26.** Lenguaje de programación mikroC para PIC.



(Microcontrolador PIC16F887, 1998)

**2. MIT App Inventor.** Es una aplicación de Google Labs para crear aplicaciones de software para el sistema operativo Android. En esta plataforma uno diseña la interfaz gráfica con el usuario de la aplicación. El editor de bloques de la aplicación utiliza la librería Open Blocks de Java para crear un lenguaje visual a partir de bloques. Estas librerías están distribuidas por Massachusetts Institute of Technology (MIT) bajo su licencia libre (MIT License). El compilador que traduce el lenguaje visual de los bloques para la aplicación en Android utiliza Kawa como lenguaje de programación, distribuido como parte del sistema operativo GNU de la Free Software Foundation (David Wolber, 2013).

**Figura 27.** MIT App Inventor



(App Inventor, 2012)

## V. ANTECEDENTES

En la industria se utilizan comúnmente dos métodos para conocer las reservas de agua en tanques o cisternas. Los sistemas basados en volumen, en el que las cantidades obtenidas se basan en la medición de nivel y temperatura; y por medio de los sistemas basados en masa, en donde además de la medida de nivel y temperatura se hace una corrección de la densidad a través del peso de la columna hidrostática que genera el líquido que se genera el líquido de proceso.

La medición de nivel de agua en residencias y principalmente en la industria de alimentos, farmacéutica, manufactura y en general todo tipo de procesos y actividades que tenga como finalidad transformar la materia prima en productos elaborados o semielaborados en los que se requiera contar con reservas de agua disponibles almacenadas en tanques o cisternas, se realiza por medio de flotadores, medidores neumáticos, medidor con resistencia variable y medidor con electrodos. Para conocer el nivel de agua en un hogar, normalmente se realiza por medio de una inspección visual. Método por el que se obtiene una idea general del volumen de agua disponible.

## VI. METODOLOGÍA

La metodología contiene el material, los pasos realizados, métodos y procedimientos utilizados para realizar la investigación. A continuación se muestran estos pasos en cada uno de los componentes utilizados.

### A. Área de pruebas

Las mediciones y pruebas se realizaron en una residencia habitada por cinco personas (todas mayores de edad). Las características generales del área de pruebas se muestran en la Tabla 1:

**Tabla 1.** Característica de cisterna en área de pruebas y mediciones.

Característica	Descripción
Cisterna	2
Marca	ROTOPLAS
Altura de columna de agua máxima.	1.60 mts.
Capacidad volumétrica por cisterna	1100Lts
Diámetro de cisterna	0.93 mts

En la Figura 28 se muestra la imagen de una cisterna similar a la que se utilizó durante las pruebas y mediciones.

**Figura 28.** Cisterna ROTOPLAS de 1100Lts.



Durante la fase de calibración y prueba inicial, las mediciones se realizaron alejando una tabla de 90cms x 120cms a forma de simular el nivel de agua, con el objetivo de no dañar el equipo electrónico. La medición se realizó en una sola cisterna ya que ambas se encuentran conectadas en serie y presentan el mismo nivel de agua en cualquier momento. Para realizar los cálculos en el microcontrolador se asume que se está trabajando con una sola cisterna de las siguientes características.

La Tabla 2 muestra las características idealizadas para realizar pruebas y mediciones.

**Tabla 2.** Característica de cisterna idealizada para realizar pruebas y mediciones.

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
Cisterna	1
Marca	ROTOPLAS
Altura de columna de agua máxima.	1.60 mts.
Capacidad volumétrica por cisterna	2200Lts
Diámetro de cisterna	1.32 mts

## **B. Sensor ultrasónico**

Como punto de partida se consideró utilizar un sensor ultrasónico con el objetivo de eliminar la infraestructura que implica conectar un sensor de nivel de forma directa (sonda, cinta, cristal y flotador) y el costo que representan los métodos de medición de nivel de forma indirecta utilizando métodos como el láser, presión hidrostática, características eléctricas y radiactivo agregando a éste último, que representa una posible fuente de contaminación.

Se toma como referencia que el sensor ultrasónico no es invasivo, su montaje y desmontaje se realiza de forma más sencilla y rápida que en otros métodos, no representa una fuente de contaminación ya que no está en contacto directo con el agua. El costo con respecto a otro método varía según el sensor a utilizar, las características de funcionamiento, marca y tecnología que utilice el sensor.

**1. Búsqueda y selección de sensor ultrasónico.** Se enfocó la búsqueda en un sensor ultrasónico que cumpliera con los siguientes requisitos mínimos:

- Buena precisión y exactitud (resolución).
- Resistente a la humedad.
- Emisor y receptor en un mismo dispositivo.
- Tamaño compacto y fácil instalación.

Algunas de las empresas consultadas, dedicadas al desarrollo y venta de sensores ultrasónicos son:

- SIEMENS
- OMRON Industrial automation.
- PARALLAX
- MAXBotic Inc.
- BALLUFF sensors worldwide.

MaxBotix Inc. es una empresa especializada, dedicada a la distribución de sensores ultrasónicos. Ofrece 60 tipos de sensores estándar a través de 12 líneas de productos diferentes, sensores que proveen lecturas estables, fáciles de usar.

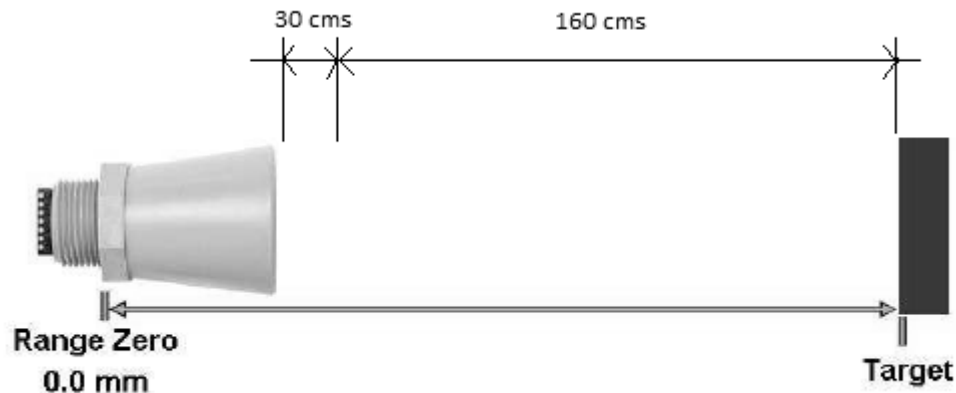
**2. Sensor ultrasónico MB7389.** MaxSonar, recomienda para la medición de nivel por medio ultrasónico en tanques o depósitos de agua el sensor MB7389 de la familia HRXL de MaxSonar, serie WR/WRC(inc, 2005). Este sensor ofrece protección contra medios con alta humedad certificado por la norma IP67. En la Tabla 3 muestra el voltaje de alimentación del sensor y que es utilizado como valor de referencia en la medición del sensor.

**Tabla 3.** Voltaje de alimentación de sensor ultrasónico MB7389.

Referencia	Voltaje DC (V)
Vcc (pin 6)	3.57
GND (pin 7)	0.228

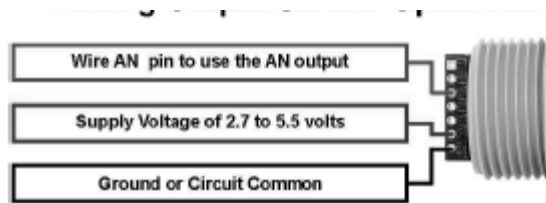
El valor de referencia mínima o distancia mínima entre la columna de agua a medir y el sensor es de 30 centímetros. Y la distancia máxima entre el sensor a partir de 30 centímetros y el fondo de la cisterna (cuando este se encuentra sin agua) es de 1.60 metros. A partir de estos valores de referencia se tomaron las mediciones con la salida analógica y serial del sensor ultrasónico MB7389. Esto se muestra en la figura 29.

**Figura 29.** Valores de referencia de distancia tomadas para medición de nivel de agua en cisterna.



**a. Salida analógica de sensor ultrasónico MB7389.** El pin 3 del sensor ultrasónico ofrece una salida analógica de voltaje, la cual es una representación de la distancia (hasta 5 metros). Toma como referencia el voltaje de alimentación (hasta 5.5 V) y GND. Al utilizar un ADC de 10 bits, se puede utilizar directamente el valor obtenido de la conversión (un valor entre 0 a 1023) de la señal analógica proporcionada por el sensor y al multiplicar este valor por cinco se obtiene el valor en distancia de 300 a 5000mm. La resolución ofrecida por este módulo es de 5mm. Por ejemplo, tomando como referencia la hoja de datos para un valor de 60 en un rango de 1023, corresponderán a 300mm (donde  $60 \times 5 = 300$ ) y un valor de 1000 corresponderá a 5000mm (donde  $1000 \times 5 = 5000$ mm). La Figura 30 muestra la salida analógica de voltaje por medio del pin 3 del sensor ultrasónico MB7389.

**Figura 30.** Pin 3 - Salida analógica de voltaje de sensor ultrasónico MB7389



(HRXL-MaxSonar - WR/WRC Series, 2005)

Para la obtención y conversión de este valor en el microcontrolador PIC18F25K20 se utilizó la entrada analógica AN2 (pin 4). Los valores de referencia máximo y mínimo están representados por los valores de alimentación del microcontrolador,  $V_{cc} = 3.57$  V DC y  $V_{ss} = 0.228$  V DC. Es decir el sensor se alimenta del mismo valor de voltaje que el microcontrolador para que ambos tengan la misma referencia máxima y mínima de voltaje. Para obtener un porcentaje máximo de (100% y mínimo de 0%) se utilizó la fórmula [1], dentro del programa de instrucciones del microcontrolador.

$$\text{Porcentaje de nivel de agua} = \frac{1150 - \text{ADCRead}(2)}{10} \quad [1]$$

Se resta 1150 dentro del valor de salida analógico de salida del sensor (0 a 1023) para invertir la referencia, es decir para que con un nivel de agua de 100% se obtenga una distancia menor que con un nivel de agua bajo (0%) que da una distancia mayor. La división dentro de 10 es para limitar el rango de 0 a 100%.

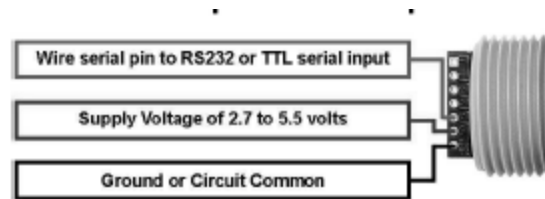
Los dos depósitos utilizados para realizar el monitoreo, tienen una capacidad máxima de almacenamiento de agua de 1100 litros (582 galones), que al estar conectados en serie muestran el mismo nivel de agua debido a que la presión es la misma en ambos depósitos. Para mostrar en la LCD los galones correspondientes al nivel que se tiene, se toma como referencia el nivel obtenido del sensor, como se muestra en la fórmula [2].

$$\text{Galones} = \text{Nivel de agua}(\%) * 6 \quad [2]$$

Se multiplica nivel de agua (%) por 6, ya que es el valor entero por el que se obtiene la mejor aproximación del valor real del volumen de agua de la cisterna donde se realizaron las pruebas.

**b. Salida Serial de sensor ultrasónico MB7389.** El pin 4 del sensor ultrasónico ofrece una salida en formato RS232 (Vcc a GND de referencia máximo y mínimo) con una salida TTL. La salida es una representación en ASCII, el primer carácter enviado es una “R”, seguida de cuatro caracteres que representan la distancia medida en milímetros (0300 a 5000). El último carácter enviado es el que representa el carriage return (ASCII 13, 0x0D ó ‘\r’). La Figura 31 muestra la salida de la señal digital serial TTL, obtenida por medio del pin 5 del sensor MB7389.

Figura 31. Pin 5 - Salida de señal digital serial TTL de sensor ultrasónico MB7389



(HRXL-MaxSonar - WR/WRC Series, 2005)

Para la obtención y conversión de este valor en el microcontrolador PIC18F25K20 se utilizó el módulo de comunicación UART, a través del RX (pin 18). Los valores de referencia máximo y mínimo están representados por los valores de alimentación del microcontrolador. Vcc = 3.57 V DC y Vss = 0.228 V DC. Para obtener un porcentaje máximo calibrado a 1.90 metros (0%) y 0.30 metros (0%) se utilizó la fórmula [3] dentro del programa de instrucciones del microcontrolador.

$$\text{Porcentaje de nivel de agua} = 120 - \left( \frac{\text{distancia(mm)}}{10} \right) (6) \quad [3]$$

Se resta 120 dentro del valor de la distancia obtenido del sensor (0300mm a 5000mm) para invertir la referencia, es decir para que con un nivel de agua de 100% a 0.30 metros y a una distancia menor que con un nivel de agua bajo (0%) a 1.90 metros.

Los dos depósitos utilizados para realizar el monitoreo, tienen una capacidad máxima de almacenamiento de agua de 1100 litros (582 galones), que al estar conectados en serie muestran el mismo nivel de agua debido a que la presión es la misma en ambos depósitos. Para mostrar en la LCD los galones correspondientes al nivel que se tiene, se toma como referencia el nivel obtenido del sensor tomando como base los galones por distancia como se muestra en la fórmula [4].

$$\text{Galones} = (220 - \text{distancia(mm)}) * 3 \quad [4]$$

Para obtener un porcentaje máximo calibrado a 1.60 metros (0%) y 0.30 metros (0%) se utilizó la fórmula [5] dentro del programa de instrucciones del microcontrolador.

$$\text{Porcentaje de nivel de agua} = 118 - \left( \frac{\text{distancia(mm)}}{8} \right) \quad (6) \quad [5]$$

Se resta 118 dentro del valor de la distancia obtenido del sensor (0300mm a 5000mm) para invertir la referencia, es decir para que con un nivel de agua de 100% a 0.30 metros y a una distancia menor que con un nivel de agua bajo (0%) a 1.60 metros.

Los dos depósitos utilizados para realizar el monitoreo, tienen una capacidad máxima de almacenamiento de agua de 1100 litros (582 galones), que al estar conectados en serie muestran el mismo nivel de agua debido a que la presión es la misma en ambos depósitos. Para mostrar en la LCD los galones correspondientes al nivel que se tiene, se toma como referencia el nivel obtenido del sensor tomando como base los galones por distancia como se muestra en la fórmula [6].

$$\text{Galones} = (223 - \text{distancia(mm)}) * 3 \quad [6]$$

Dando como resultado una aproximación del valor real del volumen de agua contenido en los depósitos. A diferencia del valor de volumen obtenido con el módulo analógico, en esta ocasión se utilizó el valor de distancia dado por el sensor ultrasónico se debe a la búsqueda de una mayor precisión y obtención de un valor de volumen más cercano al valor real aprovechando que el módulo serial es cinco veces más preciso que el módulo analógico como se indica en la hoja de datos del sensor ultrasónico MB7389.

## C. Alimentación

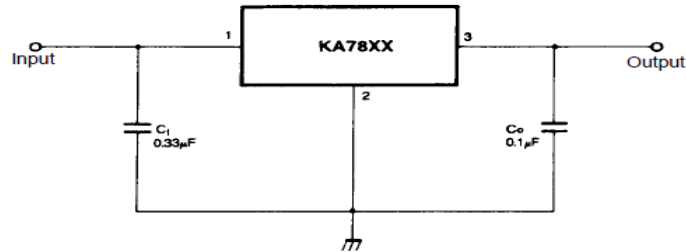
Para el módulo de alimentación se tomó en consideración el voltaje de alimentación necesario para poner en funcionamiento a los dispositivos que se utilizaron en el proyecto. La Tabla 4 muestra el voltaje de alimentación de dispositivos utilizados.

**Tabla 4.** Voltaje de alimentación de dispositivos utilizados en el proyecto.

Dispositivo	Vcc (V DC)
PIC18F25K20	3.5
Encoder MM74C922	5.2
LCD 2x16	5.2
DS 1307	5.2
HC - 05	5.2
Sensor MB7389	2.7 a 5.5

La Figura 32 muestra el diagrama de conexión utilizado con el regulador de voltaje KA7805 (5.4 V DC).

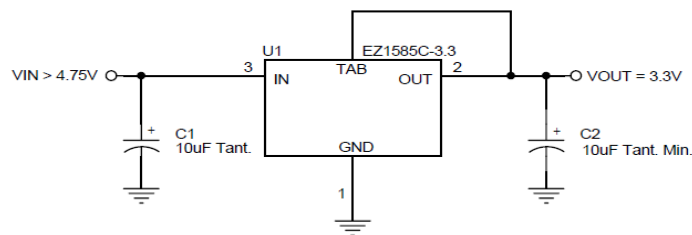
**Figura 32.** Regulador de Voltaje KA7805 en modo de regulador de tensión fija



(Corporation F. S., 2001)

La Figura 33 muestra el diagrama de conexión utilizado con el regulador de voltaje EZ158CT (3.5 V DC).

**Figura 33.** Regulador de Voltaje EZ158CT en modo de regulador de tensión simple



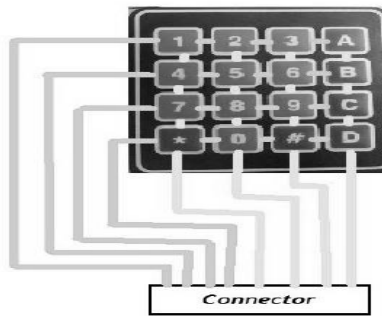
(Corporation S. , 2006)

## D. Interfaz con el usuario en circuito

La interfaz con el usuario en el panel principal, consiste en el teclado matricial (entrada) y la LCD (salida).

**1. Teclado Matricial 4x4.** A continuación se detallan las características del teclado matricial utilizado. La Figura 34 muestra el teclado matricial de 4x4 utilizado en el proyecto.

- Teclado flexible.
- Conector Dupont de 8 pines (4 para filas y 4 para columnas).
- Voltaje máximo de 35V DC @ 100mA.
- Rango de temperatura de -20°C a +40°C.
- Hexadecimal, números del 0 al 9, letras de la A, a la D y los caracteres # y \*.
- Dimensiones: 77mm x 70mm x 0.8mm.
- Posee adhesivo para colocarlo en una superficie plana.

**Figura 34.** Teclado matricial de 4x4 utilizado en el proyecto

(ABCelectronica)

Para reducir la cantidad de pines a utilizar en el microcontrolador, se utilizó como conector el encoder MM74C922. Con ello se redujo de 8 a 5, los pines necesarios en el PIC18F25K20. A continuación se muestra la tabla de verdad del encoder MM74C922. La figura 35 muestra la tabla de verdad del encoder MM74C922.

**Figura 35.** Tabla de verdad de encoder MM74C922.

(Pins 0 through 11)												
Switch Position	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Y1,X1	Y1,X2	Y1,X3	Y1,X4	Y2,X1	Y2,X2	Y2,X3	Y2,X4	Y3,X1	Y3,X2	Y3,X3	Y3,X4
D												
A A	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
T B	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
A C	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
O D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
U E (Note 1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T												

(Pins 12 through 19)									
Switch Position	12	13	14	15	16	17	18	19	
	Y4,X1	Y4,X2	Y4,X3	Y4,X4	Y5(Note 1), X1	Y5 (Note 1), X2	Y5 (Note 1), X3	Y5 (Note 1), X4	
D									
A A	0	1	0	1	0	1	0	1	1
T B	0	0	1	1	0	0	1	1	1
A C	1	1	1	1	0	0	0	0	0
O D	1	1	1	1	0	0	0	0	0
U E (Note 1)	0	0	0	0	1	1	1	1	1
T									

Note 1: Omit for MM74C922

En la Tabla 5 se detalla las conexiones realizadas entre el encoder MM74C992 y el microcontrolador PIC18F25k20.

**Tabla 5.** Conexión de encoder MM74C922 y PIC18F25k20.

Pin de encoder M74C992	Pin PIC18F25k20
Data out A	RA0 (pin 2)
Data out B	RA4 (pin 6)
Data out C	RA5 (pin 7)
Data out D	RB6 (pin 27)
Data Available	RB7 (pin 28)

Cada vez que es presionado cualquier botón en el teclado matricial, el pin Data Available del encoder se pone en estado alto (1). Esta señal es utilizada dentro de la lógica del programa de instrucciones del microcontrolador para indicarle al microcontrolador que debe atender el teclado sin recurrir a una interrupción.

**2. LCD.** Utilizando el teclado matricial de 4x4 y la pantalla LCD se crea la interfaz con el usuario en el circuito. La pantalla LCD muestra un menú o un conjunto de opciones que son seleccionadas y a las que se pueden ingresar por medio del teclado matricial. Las opciones que se implementaron son:

- Hora: Muestra la hora obtenida de dispositivo DS1307.
- Fecha: Muestra la fecha obtenida de dispositivo DS1307.
- Nivel Analógico: Muestra el porcentaje y volumen (galones) de agua en cisterna, obtenido del módulo analógico del sensor MB7389.
- Límite de Tanque: Permite al usuario especificar dentro de un rango de 10% a 90% el límite como se muestra en la siguiente tabla.

La Tabla 6 muestra los valores que se permiten establecer al usuario desde el panel principal.

**Tabla 6.** Límite establecido en panel por el usuario.

Límite (%)	Volumen (Galones)
10	60
20	120
30	180
40	240
50	300
60	360
70	420
80	480
90	540

El rango se estableció entre 10 y 90% ya que un valor menor a 10% no tendría sentido y no se cumple con el objetivo de permitirle al usuario establecer un nivel que permita conservar una reserva de agua adecuada y para un valor mayor a 90%, es posible que la alarma se estaría activando a cada momento.

- Nivel UART: Muestra el porcentaje, distancia (durante etapa de pruebas) y el volumen (galones) de agua en cisterna, obtenido del módulo de comunicación serial del sensor MB7389.

## **E. Real Time Clock DS1307**

El dispositivo DS1307 se comunica con el PIC18F25K20 por medio de comunicación I2C a través de los pines SCL (pin 14) y SDA (pin 15). Por medio de estos pines se obtiene la hora y fecha que es mostrada en la pantalla LCD.

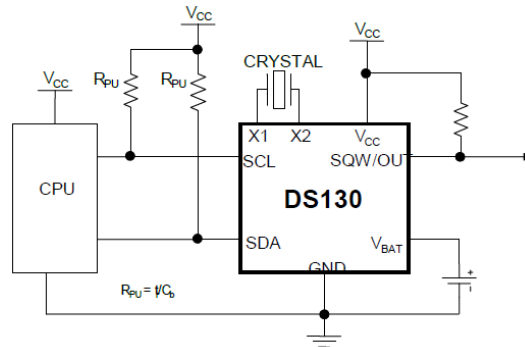
El propósito de incluir este módulo, es que en una segunda etapa de desarrollo del prototipo se pueda incorporar un módulo de almacenamiento por medio de una memoria SD y que la hora y fecha obtenidos del DS1307 puedan ser almacenados junto al nivel de agua muestreado. Está etapa no se desarrollará durante la

primera fase de desarrollo que abarca el proyecto de tesis ya la obtención de la fecha y hora, se obtienen de la aplicación del teléfono móvil desarrollada como complemento al proyecto.

Como se menciona en el marco teórico, este dispositivo utiliza el código BCD. La lógica de decodificación del código BCD se muestra en el código de programa de instrucciones en el microcontrolador.

La Figura 36 muestra el diagrama de conexión utilizado en el real time clock DS1307 utilizado en el proyecto.

**Figura 36.** Circuito de operación típica de DS1307



(integrated, www.maximintegrated.com, 2008)

## F. Microcontrolador PIC18f25k20

Para la selección del microcontrolador se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- Tamaño de la memoria RAM o memoria de programa.
- Módulo de comunicación serie (EUSART, SPI e I2C).
- Módulo analógico.
- Tamaño de encapsulado (DIP) , disponibilidad y costo.

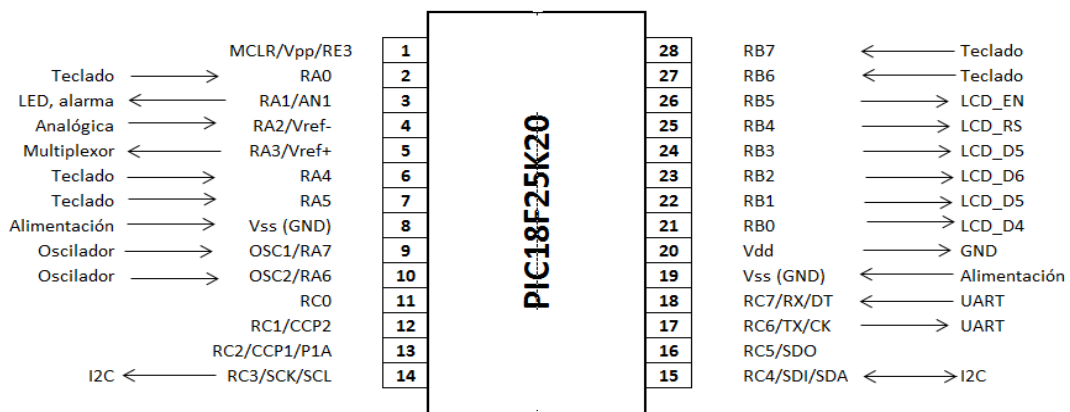
En la Tabla 7 se muestra la lista de microcontroladores considerados.

**Tabla 7.** Características de microcontroladores investigados

PIC	Alimentación (V DC)	Memoria ROM	Memoria EEPROM	Memoria RAM	Pines I/O	Módulo A/D	Módulo EUSART	RISC	Costo(Q)
16F887	0 a 20	8 kbytes	256 bytes	368 bytes	35	sí	sí	sí	88.00
18F25K20	1.8 a 3.6	16 kbytes	256 bytes	1536 bytes	25	sí	sí	sí	55.00
18F2550	2.0 a 5.5	16 kbytes	256 bytes	2048 bytes	24	sí	sí	sí	80.00
18F4520	2.0 a 5.5	32 kbytes	256 bytes	1536 bytes	36	sí	sí	sí	

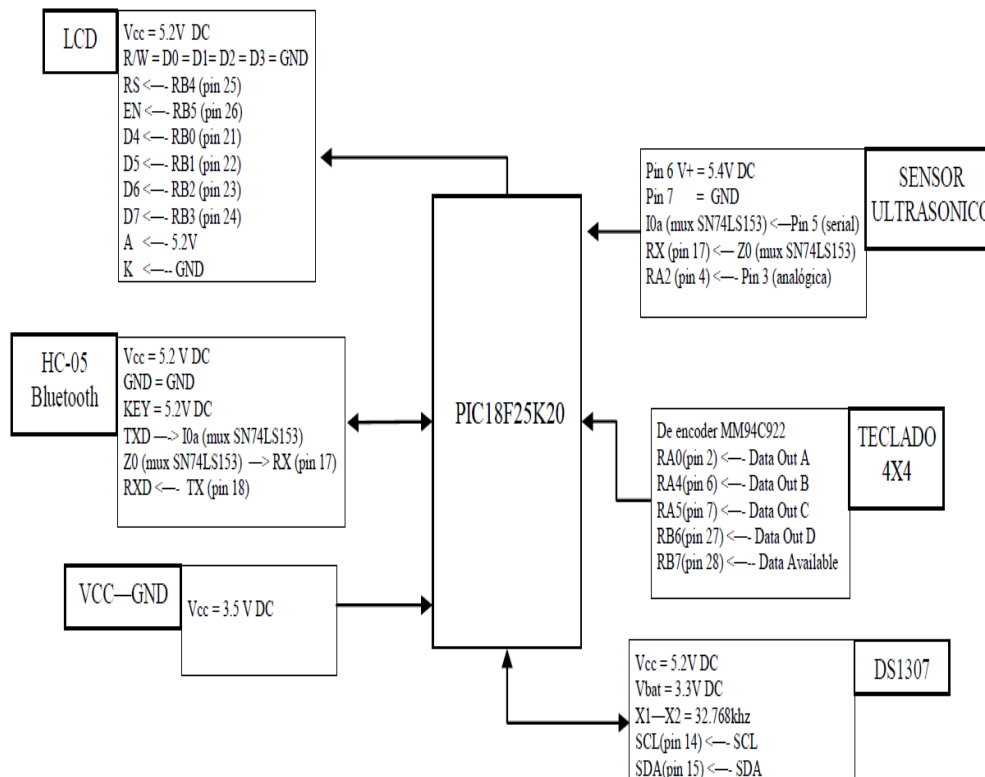
De acuerdo a los criterios de selección antes mencionados, se considera que el microcontrolador 18F25k20 presenta la mejor combinación de capacidad de almacenamiento, procesamiento, tamaño (DIP de 28 pines) y costo. La Figura 37 muestra las conexiones del PIC18F25k20 con los dispositivos utilizados en el proyecto y que se encuentran en el panel principal.

**Figura 37.** Diagrama de conexiones de PIC18F25k20 con otros dispositivos.



La Figura 38 muestra el diagrama de bloques de las conexiones realizadas en el panel principal.

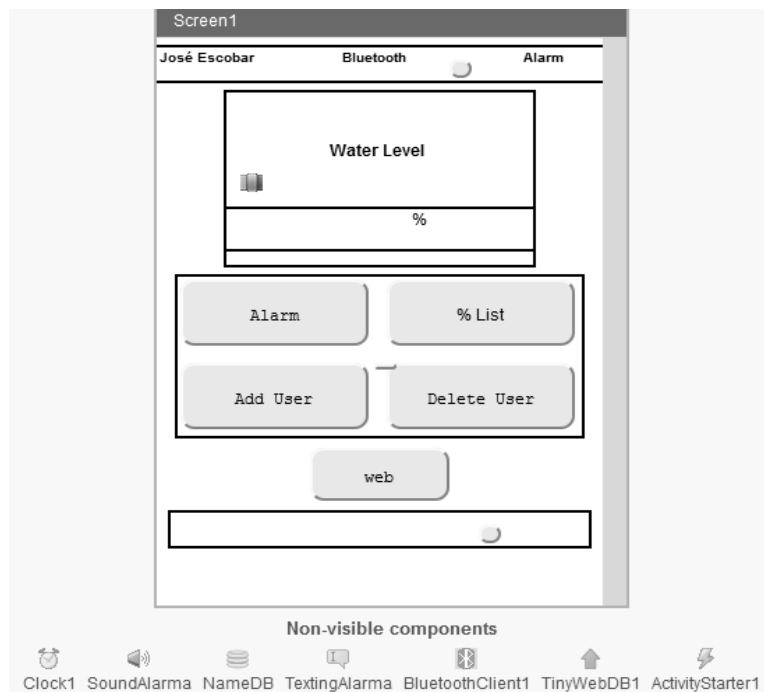
**Figura 38.** Diagrama de bloques de conexiones realizadas en el panel principal.



## G. Aplicación para teléfono móvil

Utilizando los recursos ofrecidos por App Inventor del Massachusetts Institute of Technology se diseñó una aplicación para teléfono móvil con sistema operativo Android. A continuación se muestra la interfaz. La Figura 39 muestra la aplicación desarrollada para el teléfono móvil.

**Figura 39.** Aplicación para teléfono móvil con sistema operativo Android.



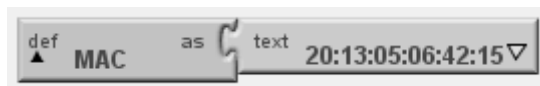
En la Tabla 8 se da una descripción general de la función de cada componente que se muestra en la imagen de interfaz de teléfono móvil para Android de proyecto Tesis.

**Tabla 8.** Descripción de componente en aplicación para teléfono con App Inventor.

Componente	Descripción
Alarm	Botón que muestra la lista de alarmas detectadas.
% List	Botón que muestra la lista de nivel de agua recibido de panel principal (cada minuto).
Add User	Botón que permite acceder a lista de contactos desde la memoria del teléfono.
Delet User	Botón que permite eliminar un contacto al que se le envía mensaje al ocurrir un evento de alarma.
Web	Botón que permite acceder a la página en internet que contiene la base de datos almacenados en el servidor de Google App Engine Launcher ( <a href="http://08335tesis.appspot.com/">http://08335tesis.appspot.com/</a> ).
Clock1	Se obtiene la fecha, hora y que la aplicación se comunique continuamente con el panel principal.
SoundAlarma	Al ocurrir un evento de alarma, indica al teléfono móvil que debe vibrar por 500ms.
NameDB	Unidad de almacenamiento temporal para listas (RAM).
TextingAlarma	Permite enviar mensaje de texto a la lista de usuarios indicada en AddUser.
BluetoothClient1	Permite establecer la comunicación bluetooth con el panel principal por el módulo HC-05.
TinyWebDB1	Permite almacenar fecha, hora y porcentaje en un servidor en internet.
ActivityStarter1	Permite acceder a la página de internet indicada en el componente web y ser mostrada en pantalla.

**1. Conexión inalámbrica por Bluetooth.** Se creó una aplicación para teléfono móvil con sistema operativo Android, que permitiera por medio del módulo Bluetooth del circuito, responder a la información (bytes) que son enviados del circuito al teléfono móvil. Para establecer la comunicación entre el circuito y el teléfono móvil se debe introducir la dirección MAC del módulo de comunicación inalámbrica Bluetooth HC-05 en el código de la aplicación de App Inventor como se muestra en la Figura 40:

**Figura 40.** Dirección MAC de módulo de comunicación inalámbrica Bluetooth HC-05 en App Inventor.



Al inicializar la aplicación y tomando en consideración que la comunicación por Bluetooth del teléfono está habilitada, la aplicación buscará establecer una conexión con el módulo HC-05 y de esta forma comenzar a obtener los bytes que le indican que acción se debe realizar. Se confirma la conexión por medio de un LED azul en pantalla que sirve de indicador al usuario.

**2. Eventos.** A partir del byte recibido en el teléfono, se genera una acción en respuesta que depende del valor numérico (decimal) del byte obtenido. Los eventos generados se muestran en la Tabla 9.

**Tabla 9.** Eventos generados a partir de byte enviado transmitido del circuito al teléfono móvil.

Byte	Evento
0b1101111	Alarma = Nivel de agua <= Límite
0b1101110	No alarma = Nivel de agua > Límite
0b00000000 < byte < 0b1100100	Porcentaje de agua en cisterna

A partir del byte recibido en el teléfono, se genera una acción en respuesta que depende del valor numérico (decimal) del byte obtenido. Los eventos generados se muestran en la Tabla 10.

**Tabla 10.** Descripción de evento generado a partir de byte recibido de panel principal.

Byte	Descripción de evento generado
0b1101111	Señal de alarma, se activa LED rojo (Alarm), el teléfono vibra durante 500ms, se almacena hora y fecha en lista Alarm y se envía mensaje de texto a los contactos indicados por el usuario.
0b1101110	Señal de no alarma. LED Alarm se mantiene de color verde. Se actualiza la lista de % List cada minuto.
0b00000000<byte<0b1100100	Valor de nivel recibido de panel principal cada minuto.

## VII. RESULTADOS

### A. Sensor ultrasónico MB7389

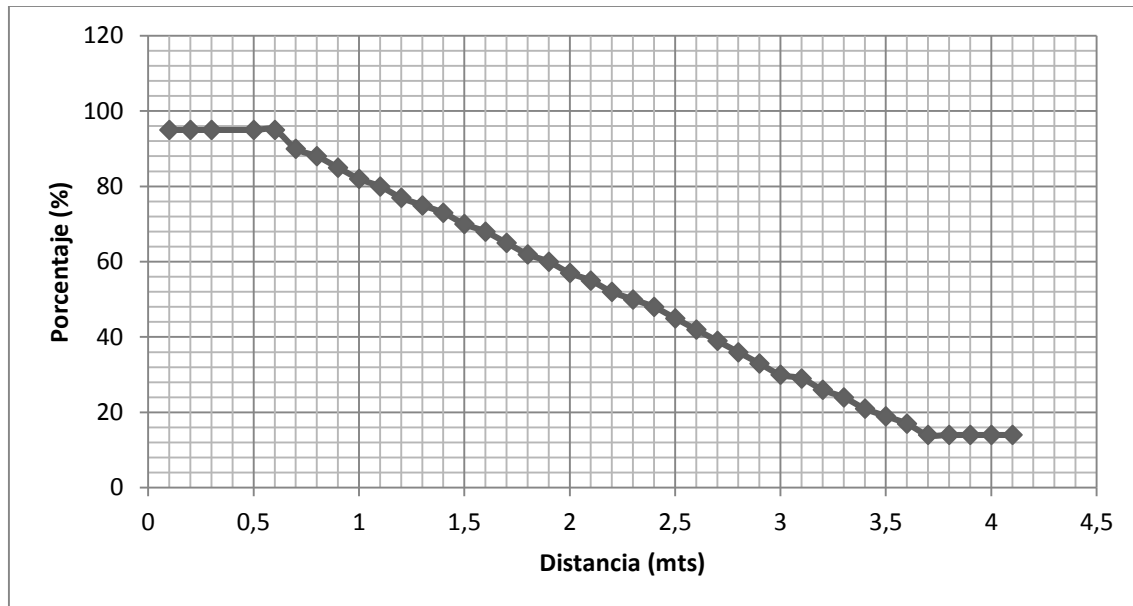
**1. Señal analógica.** La Tabla 11 se elaboró utilizando el voltaje de referencia de 3.57V DC a GND. Estos son los valores de alimentación del PIC18F25k20. Estos valores representan los valores experimentales obtenidos durante la etapa de pruebas del sensor ultrasónico con el pin analógico.

**Tabla 11.** Medición realizada con sensor ultrasónico MaxSonar MB7389 y porcentaje obtenido de módulo analógico de PIC18F25k20

Distancia (mts)	Nivel de agua (%)	Distancia (mts)	Nivel de agua (%)
0.1	95	2.2	52
0.2	95	2.3	50
0.3	95	2.4	48
0.5	95	2.5	45
0.6	95	2.6	42
0.7	90	2.7	39
0.8	88	2.8	36
0.9	85	2.9	33
1.0	82	3.0	30
1.1	80	3.1	29
1.2	77	3.2	26
1.3	75	3.3	24
1.4	73	3.4	21
1.5	70	3.5	19
1.6	68	3.6	17
1.7	65	3.7	14
1.8	62	3.8	14
1.9	60	3.9	14
2.0	57	4.0	14
2.1	55	4.1	14

La Gráfica 1 representa los valores experimentales obtenidos durante la etapa de pruebas del sensor ultrasónico con el pin analógico para el valor porcentaje mostrado en la LCD que equivalen al valor aproximado de agua que hay en la cisterna.

**Gráfico 1.** Porcentaje aproximado de agua en cisterna obtenido a través de la distancia medida del sensor ultrasónico MaxSonar MB7389 a columna de agua por medio de módulo analógico de PIC18F25k20.



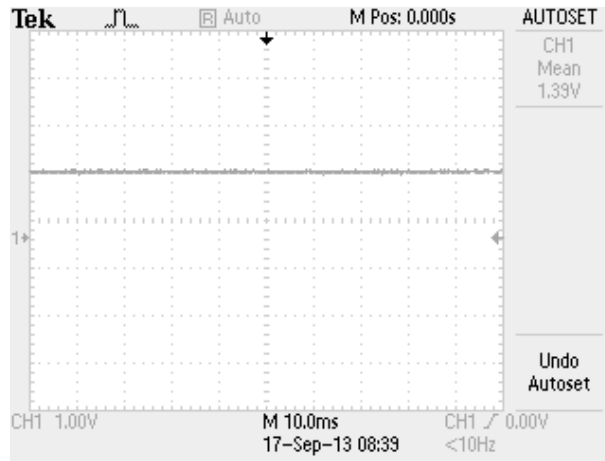
La Figura 41 muestra la señal de voltaje obtenida con el sensor ultrasónico, por medio del pin analógico para una distancia de 5 metros obtenida con el sensor ultrasónico MB7389.

**Figura 41.** Señal analógica de sensor LV MaxSonar MB7389 a 5 metros.



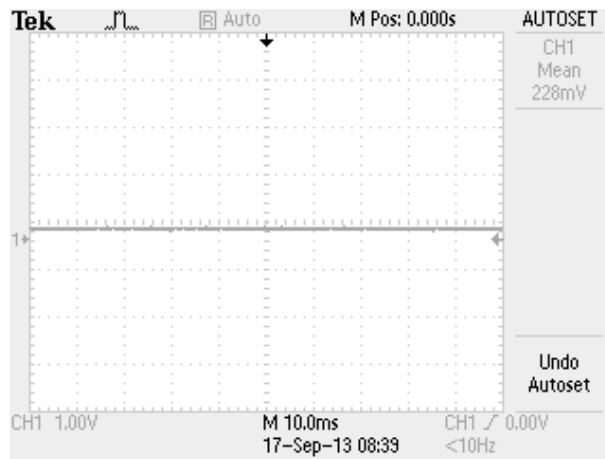
La Figura 42 muestra la señal de voltaje obtenida con el sensor ultrasónico, por medio del pin analógico para una distancia de 1.5 metros obtenida con el sensor ultrasónico MB7389.

**Figura 42.** Señal analógica de sensor LV MaxSonar MB7389 a 1.5 metros.



La Figura 43 muestra la señal de voltaje obtenida con el sensor ultrasónico, por medio del pin analógico para una distancia de 30 centímetros obtenida con el sensor ultrasónico MB7389.

**Figura 43.** Señal analógica de sensor LV MaxSonar MB7389 a 30 centímetros.



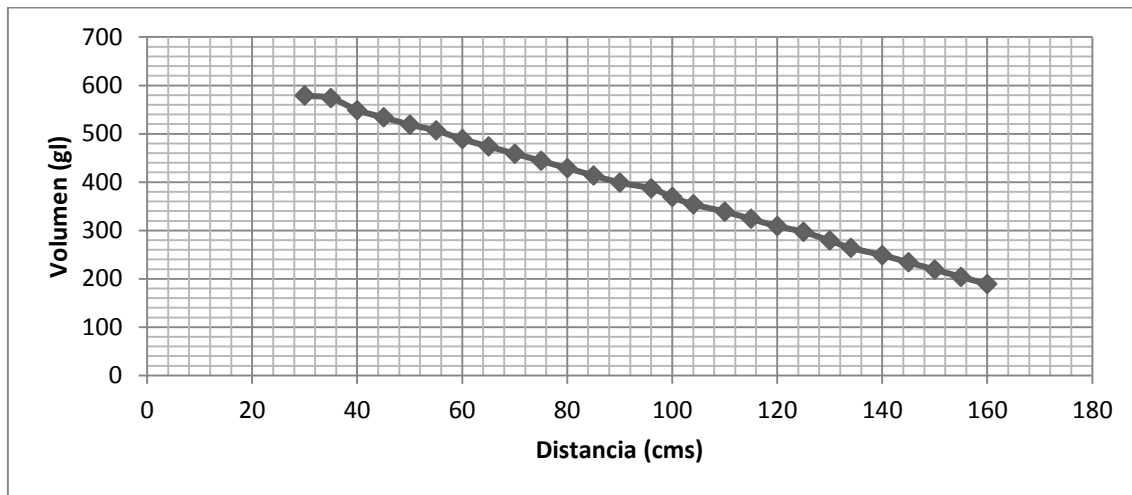
**2. Comunicación Serial.** Los valores observados en la tabla 12, fueron obtenidos con el sensor ultrasónico, por medio de comunicación serial. Dentro de la lógica de programa del microcontrolador 18F25k20, se incluye la condición, si la distancia es mayor o igual a 1600mm, galones y porcentaje son igual a cero. Los valores teóricos de porcentaje y galones se obtienen por medio de las fórmulas [5] y [6] respectivamente.

**Tabla 12.** Prueba de medición de distancia realizada con sensor ultrasónico MaxSonar MB7389 por medio de comunicación serial con PIC18F25k20 para obtención de valores a mostrar en pantalla LCD de porcentaje y volumen a través de fórmula 5 y 6 respectivamente para columna de agua de 1.60 metros de altura.

Distancia (cms)	Porcentaje (%) experimental	Porcentaje (%) teórico	Diferencia, teórico vs. experimental	Volumen (Gal) experimental	Volumen (Gal) teórico	Porcentaje de error (%)
30	100	96	4.00	579	579	0.00
35	94	92	2.00	574	564	1.74
40	88	88	0.00	549	549	0.00
45	88	84	3.00	534	534	0.00
50	82	81	1.00	519	519	0.00
55	82	77	5.00	507	504	0.59
60	76	73	3.00	489	489	0.00
65	70	69	0.00	474	474	0.00
70	70	66	4.00	459	459	0.00
75	64	62	2.00	444	444	0.00
80	58	58	0.00	429	429	0.00
85	58	54	3.00	414	414	0.00
90	52	51	1.00	399	399	0.00
95	52	47	5.00	387	384	0.78
100	46	43	3.00	369	369	0.00
105	40	39	0.00	354	354	0.00
110	40	36	4.00	339	339	0.00
115	34	32	2.00	324	324	0.00
120	28	28	0.00	309	309	0.00
125	28	24	3.00	297	294	1.01
130	22	21	1.00	279	279	0.00
135	22	17	5.00	264	264	0.00
140	16	13	3.00	249	249	0.00
145	10	9	0.00	234	234	0.00
150	10	6	4.00	219	219	0.00
155	4	2	2.00	204	204	0.00
160	0	0	0.00	189	189	0.00

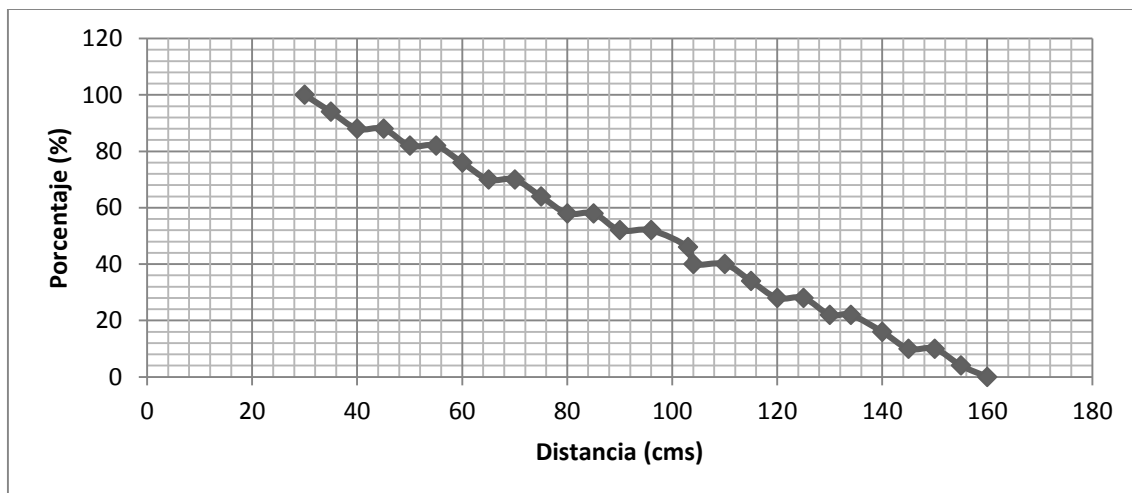
La Gráfica 2 representa los valores experimentales de volumen obtenidos durante la etapa de pruebas para obtener la distancia del sensor ultrasónico MB7389 a columna de agua. Utilizando la distancia en la fórmula 6 se obtuvo el volumen de agua aproximado en cisterna mostrado en la LCD.

**Gráfico 2.** Volumen aproximado de agua en cisterna obtenido a través de la distancia medida del sensor ultrasónico MaxSonar MB7389 a columna de agua en cisterna por medio de comunicación serial con microcontrolador PIC18F25k20 para una columna de agua de 1.60 metros de altura.



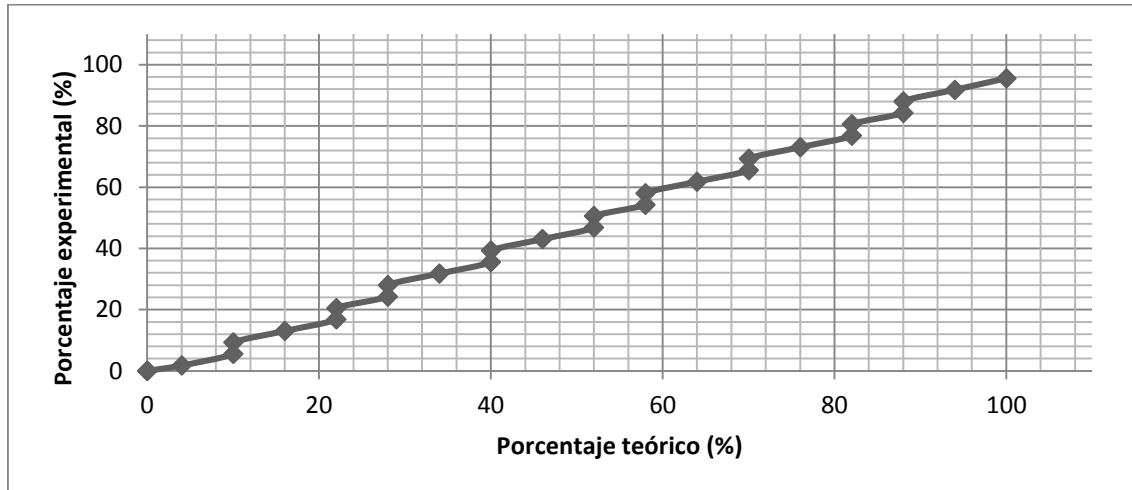
La Gráfica 3 representa los valores experimentales obtenidos de porcentaje durante la etapa de pruebas para obtener la distancia del sensor ultrasónico MB7389 a columna de agua. Utilizando la distancia en la fórmula 5 se obtuvo el porcentaje de agua aproximado en cisterna mostrado en la LCD.

**Gráfico 3.** Porcentaje aproximado de agua en cisterna obtenido a través de la distancia medida del sensor ultrasónico MaxSonar MB7389 a columna de agua en cisterna por medio de comunicación serial con microcontrolador PIC18F25k20 para una columna de agua de 1.60 metros de altura.



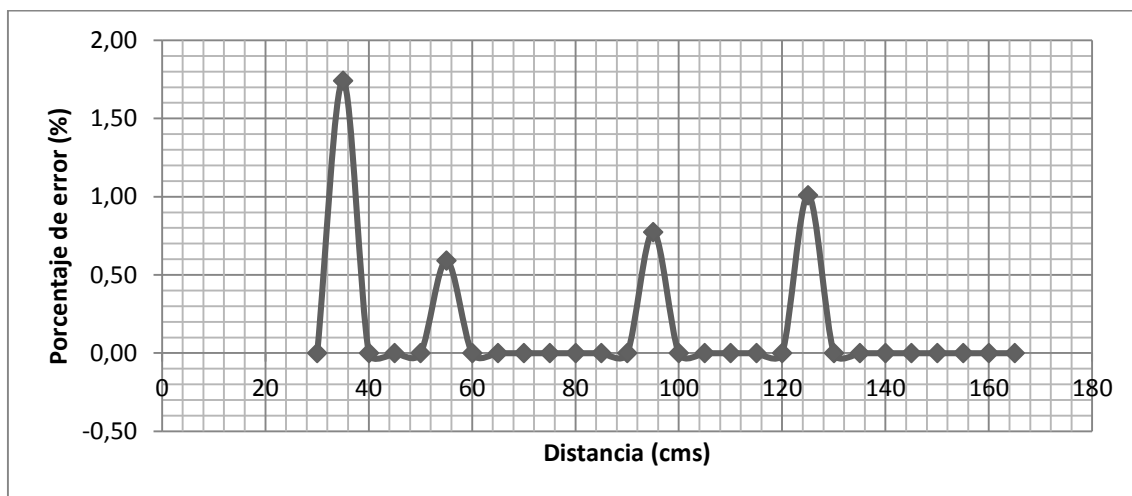
La Gráfica 4 muestra la relación del valor experimental de porcentaje de agua en cisterna de agua obtenido durante las mediciones y cuyo valor es mostrado en la pantalla LCD y el valor teórico obtenido de la fórmula 5 y cuyos valores se pueden observar en la Tabla 12.

**Gráfico 4.** Valor experimental de porcentaje de agua en cisterna obtenido a través de la distancia medida del sensor ultrasónico MaxSonar MB7389 a columna de agua en cisterna por medio de comunicación serial con microcontrolador PIC18F25k20 vs valor teórico de porcentaje de agua en cisterna obtenido por medio de la fórmula 5 para una columna de agua de 1.60 metros de altura.



La Gráfica 5 representa el porcentaje de error del valor experimental vs el valor teórico para volumen de agua en la cisterna obtenido de la fórmula 6 y cuyos valores se pueden observar en la tabla 12, valor experimental obtenido por comunicación serial para el volumen mostrado en la pantalla LCD.

**Gráfico 5.** Porcentaje de error de valor teórico obtenido por medio de fórmula 6 vs valor experimental de volumen (galones) obtenido por medio de la distancia de sensor ultrasónico MB7389 obtenido por comunicación serial con PIC18F25k20 para una columna de agua de 1.60 metros de altura.



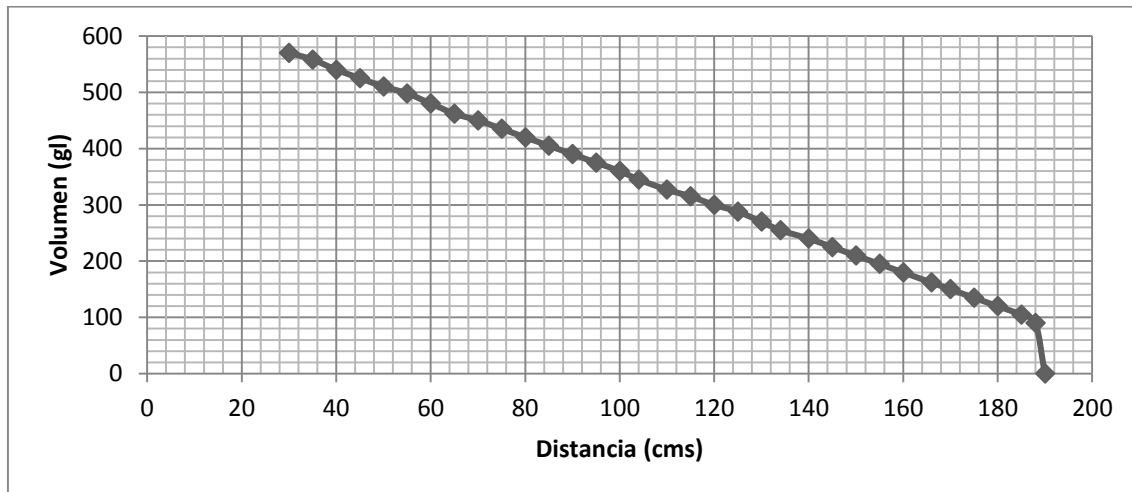
La Tabla 13 muestra los valores de volumen, porcentaje mostrados en la LCD y porcentaje de error del valor teórico vs el valor experimental. De la lógica de programa del microcontrolador 18F25k20, se incluye la condición, si la distancia es mayor o igual a 1900mm, galones y porcentaje son igual a cero. Los valores teóricos de porcentaje y galones se obtienen por medio de las fórmulas [3] y [4] respectivamente.

**Tabla 13.** Medición realizada con sensor ultrasónico MaxSonar MB7389 con volumen de agua y porcentaje obtenido por comunicación serial con PIC18F25k20, calibrado para 1.90mts.

Distancia(cm)	Galones (gl) (experimental)	Galones (gl) (teórico)	Porcentaje de error (%)	Porcentaje (%)(experimental)	Porcentaje (%)(teórico)	Diferencia, teórico vs. experimental
30	570	570	0	100	102	2.00
35	558	555	0.53	100	99	1
40	540	540	0	96	96	0
45	525	525	0	96	93	3.00
50	510	510	0	90	90	0
55	498	495	0.60	90	87	3.00
60	480	480	0	84	84	0
65	462	465	0.64	84	81	3.00
70	450	450	0	78	78	0
75	435	435	0	78	75	3.00
80	420	420	0	72	72	0
85	405	405	0	72	69	3.00
90	390	390	0	66	66	0
95	375	375	0	66	63	3.00
100	360	360	0	60	60	0
104	345	348	0.86	60	58	3.00
110	327	330	0.91	54	54	0
115	315	315	0	54	51	3.00
120	300	300	0	48	48	0
125	288	285	1.04	48	45	3.00
130	270	270	0	42	42	0
134	255	258	1.16	42	40	2.00
140	240	240	0	36	36	0
145	225	225	0	36	33	3.00
150	210	210	0	30	30	0
155	195	195	0	30	27	3.00
160	180	180	0	24	24	0
166	162	162	0	24	21	3.00
170	150	150	0	18	18	0
175	135	135	0	18	15	3.00
180	120	120	0	12	12	0
185	105	105	0	12	9	3.00
188	90	96	6.25	6	7	1
190	0	0	0	0	0	0

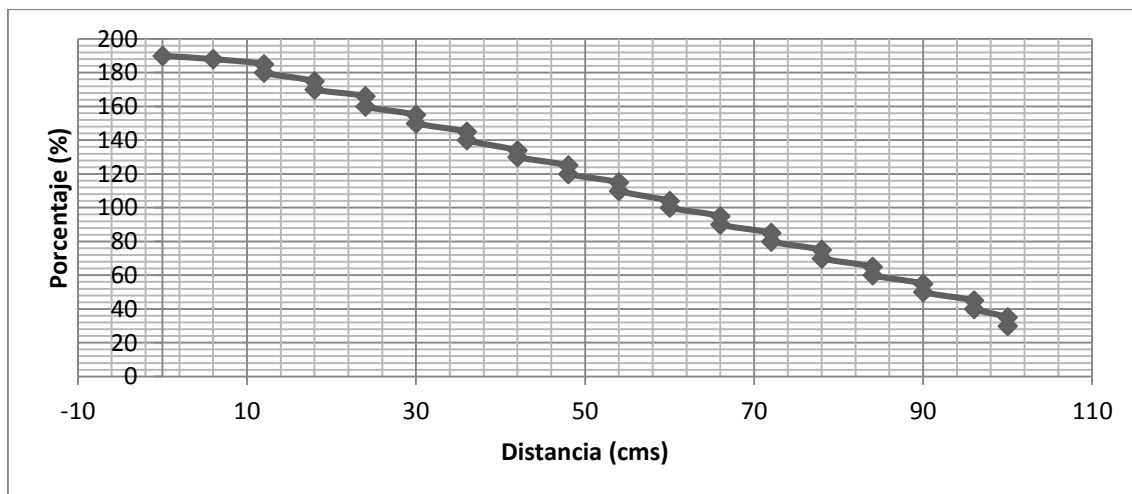
La Gráfica 6 representa los valores experimentales obtenidos durante la etapa de pruebas para obtener la distancia del sensor ultrasónico MB7389 a columna de agua. Utilizando la distancia en la fórmula 4 se obtuvo el volumen de agua aproximado en cisterna mostrado en la LCD.

**Gráfico 6.** Volumen aproximado de agua en cisterna obtenido a través de la distancia medida del sensor ultrasónico MaxSonar MB7389 a columna de agua en cisterna por medio de comunicación serial con microcontrolador PIC18F25k20 para una columna de agua de 1.60 metros de altura.



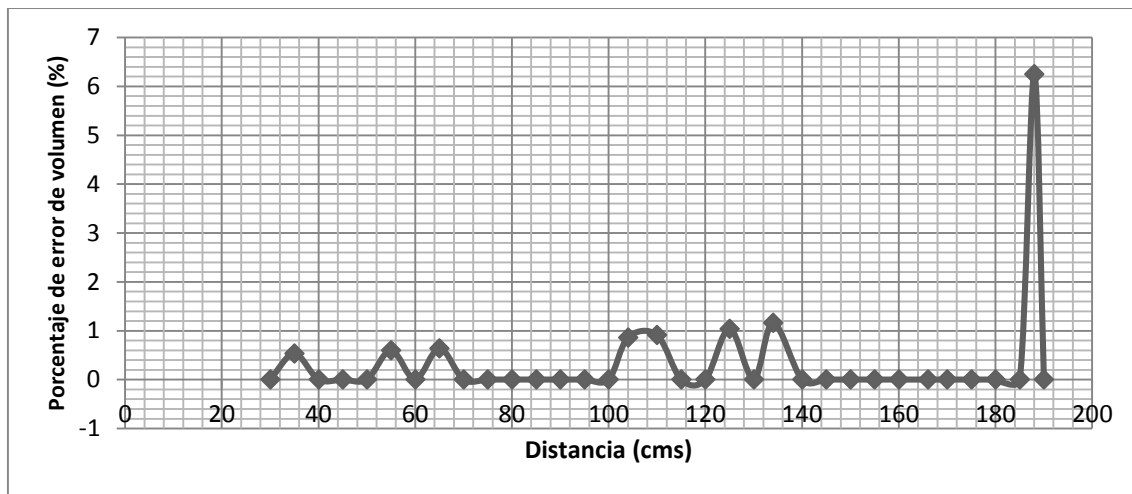
La Gráfica 7 representa los valores experimentales obtenidos durante la etapa de pruebas para obtener la distancia del sensor ultrasónico MB7389 a columna de agua. Utilizando la distancia en la fórmula 3 se obtuvo el porcentaje de agua aproximado en cisterna mostrado en la LCD.

**Gráfico 7.** Porcentaje aproximado de agua en cisterna obtenido a través de la distancia medida del sensor ultrasónico MaxSonar MB7389 a columna de agua en cisterna por medio de comunicación serial con microcontrolador PIC18F25k20 para una columna de agua de 1.90 metros de altura.



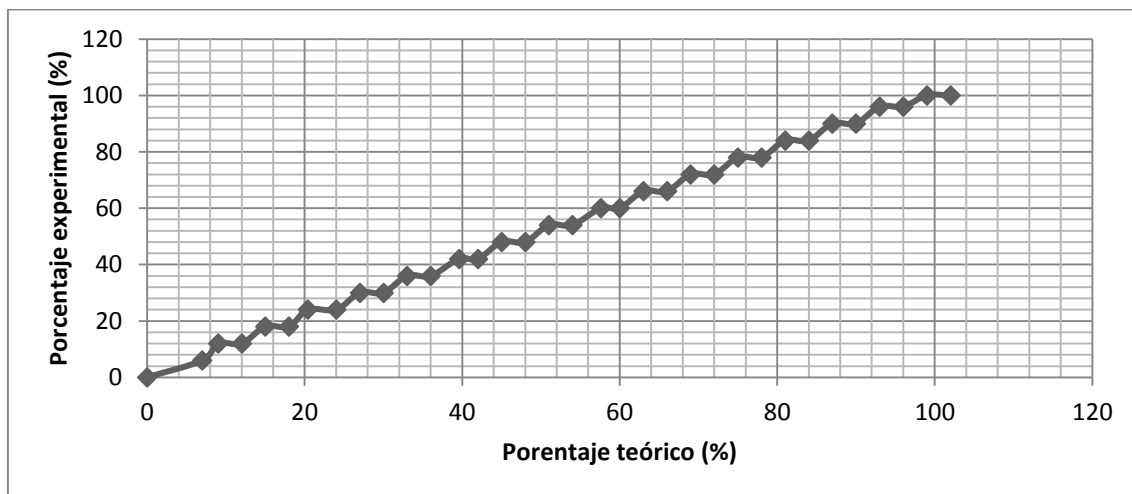
La Gráfica 8 representa el porcentaje de error del valor experimental vs el valor teórico para volumen de agua en la cisterna obtenido de la fórmula 4 y cuyos valores se pueden observar en la tabla 13, valor experimental obtenido por comunicación serial para el volumen mostrado en la pantalla LCD.

**Gráfico 8.** Porcentaje de error de valor teórico obtenido por medio de fórmula 4 vs valor experimental de volumen (galones) obtenido por medio de la distancia de sensor ultrasónico MB7389 obtenido por comunicación serial con PIC18F25k20 para una columna de agua de 1.90 metros de altura.



La Gráfica 9 muestra la relación del valor experimental de porcentaje de agua en cisterna de agua obtenido durante las mediciones y cuyo valor es mostrado en la pantalla LCD y el valor teórico obtenido de la fórmula 3 y cuyos valores se pueden observar en la Tabla 13.

**Gráfico 9.** Valor experimental de porcentaje de agua en cisterna obtenido a través de la distancia medida del sensor ultrasónico MaxSonar MB7389 a columna de agua en cisterna por medio de comunicación serial con microcontrolador PIC18F25k20 vs valor teórico de porcentaje de agua en cisterna obtenido por medio de la fórmula 3 para una columna de agua de 1.90 metros de altura.



## B. Resultado de módulo de alimentación

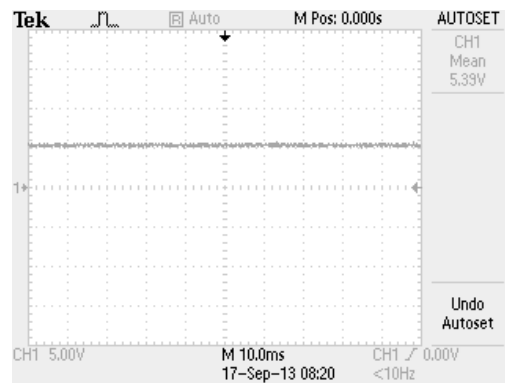
La Figura 44 muestra la señal de voltaje de salida del transformador utilizado para alimentar el circuito del panel principal.

**Figura 44.** Voltaje de salida de transformador.



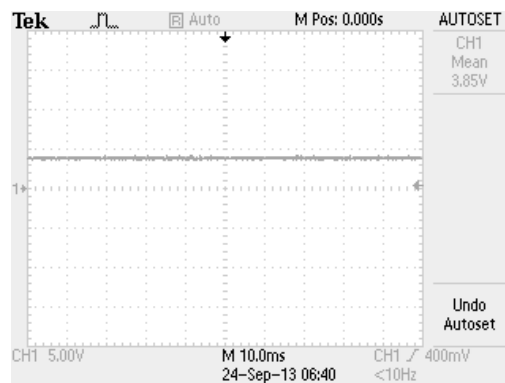
La Figura 45 muestra la señal de voltaje de salida del regulador de voltaje KA7805

**Figura 45.** Voltaje de salida de KA7805



La Figura 46 muestra la señal de voltaje de salida del regulador de voltaje EZ158CT

**Figura 46.** Voltaje de salida de EZ158CT.



### C. Interfaz con el usuario en circuito

La Figura 47 muestra la hora desplegada en la LCD en el panel principal. El formato es hora / minuto / segundo.

**Figura 47.** Hora de panel principal en LCD.



La Figura 48 muestra la fecha desplegadas en la LCD en el panel principal. El formato es día / mes / año.

**Figura 48.** Fecha de panel principal en LCD.



La Figura 49 muestra la opción “Nivel Analógico” desplegadas en la LCD en el panel principal. En pantalla se despliega el porcentaje obtenido del pin analógico del sensor MB7389 y obtenido por el pin 4 (RA2) del PIC18F25K20 y el volumen (galones) correspondientes a cada medición obtenida.

**Figura 49.** Nivel analógico de panel principal en LCD.



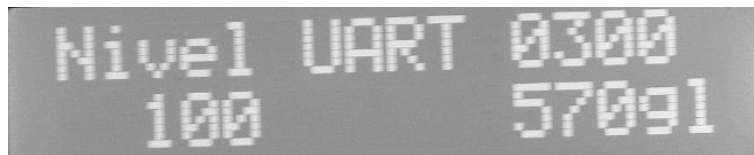
La Figura 50 muestra la opción “Límite Tanque” desplegadas en la LCD en el panel principal. En pantalla se despliega el porcentaje indicado por el usuario ( $10 < \% < 90$ ) como se indicó en la sección de metodología que está destinada a explicar este módulo. Adicionalmente se muestra el volumen (galones) correspondientes al porcentaje indicado como una forma de mostrarle al usuario cual es su reserva en caso de ocurrir un evento de alarma.

**Figura 50.** Límite de cisterna indicado por usuario en panel central y desplegado en LCD.



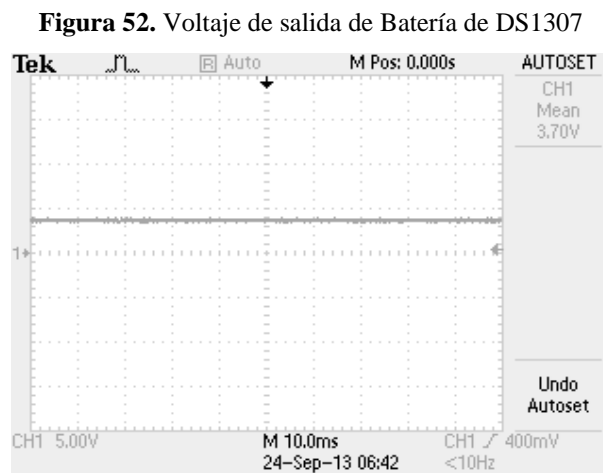
La Figura 51 muestra la opción “Nivel UART” desplegadas en la LCD en el panel principal. En pantalla se despliega el porcentaje correspondiente al nivel de agua que se mide de la cisterna con el pin de salida serial del sensor MB7389 por medio de comunicación serial con el PIC18F25k20. También se muestra el volumen (galones) que a diferencia del módulo analógico se obtienen por medio de la medición obtenida de la distancia mostrada en la parte superior derecha de la imagen mostrada a continuación.

**Figura 51.** Nivel obtenido por comunicación serial con sensor MB7389 y PIC18F25k20 en panel central y desplegado en LCD.



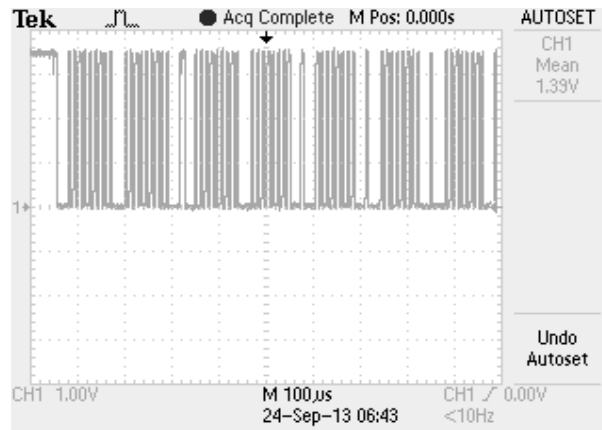
## D. Resultado de Módulo DS1307

La Figura 52 muestra la señal de voltaje de salida de la batería de respaldo al integrado DS1307



La Figura 53 muestra la señal de pin SCL (Reloj Serial) de comunicación I2C de PIC18F25k20 y DS1307

**Figura 53.** Señal de pin SCL (Reloj Serial) de comunicación I2C de PIC18F25k20 y DS1307



La Figura 54 muestra la señal de pin SDA (Datos Serial) de comunicación I2C de PIC18F25k20 y DS1307.

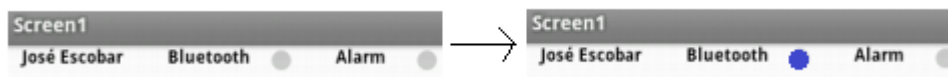
**Figura 54.** Señal de pin SDA (Datos Serial) de comunicación I2C de PIC18F25k20 y DS1307.



## E. Aplicación para teléfono móvil

**1. Comunicación Inalámbrica Bluetooth.** Cuando se establece la conexión entre el circuito y el teléfono móvil, en la aplicación se muestra un LED llamado Bluetooth en color azul como se muestra en la Figura 55.

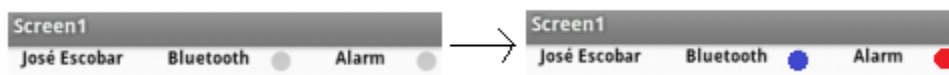
**Figura 55.** Conexión por Bluetooth entre circuito y aplicación en teléfono móvil.



**2. Eventos.** En respuesta a un nivel igual o menor al límite establecido en el panel por el usuario (el valor establecido de forma inicial es de 30%) se producen los siguientes avisos al usuario:

1. Alarma visual en la que el LED llamado “Alarm” en la aplicación cambia a color rojo como se muestra en la siguiente figura. Además, en el panel se activa de forma intermitente, un LED de color rojo como se muestra en la Figura 56.

**Figura 56.** Evento de alarma en aplicación de teléfono móvil.



2. El teléfono móvil emite una vibración durante 500 milisegundos.
3. Almacena la fecha y la hora a la que se produjo la alarma en la lista “Alarm”.
4. Si se ha adherido en la lista “Add User” el número de teléfono de algún contacto disponible en la memoria del teléfono en el que se encuentra instalada la aplicación, se enviará un mensaje de texto (SMS) indicando la alarma al usuario. Esto permite eliminar la limitante de 5 metros de alcance del módulo de comunicación inalámbrica Bluetooth HC – 05.

Si el nivel de agua está por encima del nivel límite establecido, el LED “Alarm” se mostrará en color verde como se muestra en la Figura 57.

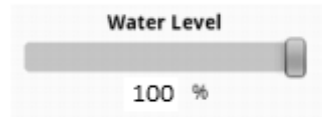
**Figura 57.** Evento de no alarma en aplicación de teléfono móvil.



Si la aplicación se está ejecutando se mostrará en tiempo real el nivel aproximado de agua ( $0 < \% < 100$ ) en la aplicación de teléfono. Este porcentaje es enviado cada minuto por el circuito. Es decir cada minuto se envía un byte que indica el nivel de agua que se está midiendo con el sensor MB7389.

En la pantalla principal de la aplicación se muestra en forma de barra y como porcentaje en texto como se muestra en la Figura 58.

**Figura 58.** Porcentaje de agua mostrado en aplicación de teléfono móvil.



Cada minuto es enviado del panel principal al teléfono móvil el valor de nivel que está siendo registrado por el sensor MB7389. La lista a la que se accede por medio del botón % List en la aplicación en el teléfono se muestra en la Figura 59.

**Figura 59.** Lista de nivel de agua (%) en aplicación de teléfono móvil para Android.



Cuando se genera un evento de alarma, la fecha y la hora se almacenan en la lista de alarma, a la que se accede por medio del botón Alarm en la aplicación de teléfono móvil como se muestra en la Figura 60.

**Figura 60.** Lista de eventos generados por alarma en aplicación de teléfono móvil para Android.



Al presionar algún elemento en la lista de porcentaje o de alarma, el dato es almacenado en un servidor través del servicio brindado por App Inventor (TinyWebDB) Web Database Service. A esta lista de valores almacenados se puede acceder a través de:

- Botón web en aplicación de teléfono móvil.
- Dirección web <http://08335tesis.appspot.com/>

La Figura 61 muestra la primera versión de la página que contendrá información sobre las mediciones realizadas (historial) y del proyecto en general.

**Figura 61.** Presentación de historial en página de internet de servido.

Key	Value	Created (GMT)	
(2 ) 25/09/2013 16:53:28)	"Alarma"	Sept. 25, 2013, 11:03 p.m.	Delete
(5 ) 25/09/2013 16:53:37)	"Alarma"	Sept. 25, 2013, 11:03 p.m.	Delete
(4 ) 25/09/2013 16:56:59 60 %)	"No alarma"	Sept. 25, 2013, 11:01 p.m.	Delete
(3 ) 25/09/2013 16:55:59 0 %)	"No alarma"	Sept. 25, 2013, 11:01 p.m.	Delete
(6 ) 25/09/2013 16:58:59 54 %)	"No alarma"	Sept. 25, 2013, 11:01 p.m.	Delete
(2 ) 25/09/2013 16:54:59 78 %)	"No alarma"	Sept. 25, 2013, 11 p.m.	Delete
(4 ) 24/09/2013 21:16:59 100 %)	"No alarma"	Sept. 25, 2013, 3:29 a.m.	Delete
(2 ) 24/09/2013 21:18:37)	"Alarma"	Sept. 25, 2013, 3:29 a.m.	Delete
(1 ) 24/09/2013 18:55:07)	"Alarma"	Sept. 25, 2013, 12:55 a.m.	Delete
(3 ) 24/09/2013 18:52:59 100 %)	"No alarma"	Sept. 25, 2013, 12:54 a.m.	Delete
(4 ) 24/09/2013 18:54:00 100 %)	"No alarma"	Sept. 25, 2013, 12:54 a.m.	Delete

La columna Key contiene el dato obtenido de la lista Alarm o % List. La columna Value contiene el texto “Alarma” si el dato es producido por un evento de alarma o “No Alarma” si el dato corresponde a una medición realizada de forma normal. La columna Created (GMT) contiene la hora a la que se adjuntó el dato a la lista en la página del servidor y la última columna nos da la opción de borrar el dato al que pertenece en la fila.

## VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para llevar a cabo el desarrollo de un sistema que brindase información a un usuario cualquiera acerca del nivel de agua en una cisterna en tiempo real, se planteó como solución el uso de un sensor ultrasónico como instrumento de medición de nivel. Para presentar los valores al usuario se utilizó una pantalla LCD colocada en un panel principal y como intermediario entre el panel principal y una base de datos en internet, se planteó el uso de un teléfono móvil aprovechando la capacidad de procesamiento, el uso de la red telefónica y la posibilidad de diseñar una interfaz que permitiese presentar al usuario los valores obtenidos de forma intuitiva y amigable.

El sensor seleccionado (MB7389) proporciona tres salidas en diferentes formatos que representan la distancia entre el sensor y la columna de agua, estas son: analógica, señal digital serial TTL y ancho de pulso. Inicialmente se planteó utilizar la señal analógica como la señal de entrada al microcontrolador para obtener el valor de distancia. Los valores de distancia obtenidos durante la etapa de medición por medio de la señal analógica, muestran un comportamiento lineal con respecto a la señal analógica de voltaje del sensor. Dicho comportamiento fue observado en el osciloscopio durante la etapa inicial de pruebas en el laboratorio. Esta señal se conecta al pin RA2 del microcontrolador, donde es muestreada y posteriormente convertida a una representación binaria por medio del módulo ADC. Esta señal es utilizada para obtener el volumen y el porcentaje que representa la reserva de agua en la cisterna. Una distancia mínima de 30 centímetros entre el sensor ultrasónico y la columna se representa como un 0 y una distancia máxima de 5 metros se representa como 1023. Al intentar adaptar la señal a un rango de 30 centímetros a 1.6 metros, la escala se conservó pero no se obtuvo la exactitud esperada. Es decir, la cantidad de valores correspondiente a este rango, se conservó pero no se logró una mayor resolución que la preestablecida para este rango.

Con la señal digital serial TTL, conectada al módulo UART del microcontrolador, se obtuvieron valores más precisos con la posibilidad de escalar convenientemente la señal obtenida. Esto fue posible gracias a que dentro de esta señal el sensor envía 6 caracteres ASCII, correspondiendo cuatro de estos a la distancia dentro de un rango de 0.30 metros a 5 metros. La exactitud obtenida utilizando esta señal es de 1 milímetro, lo que corresponde con lo indicado en la hoja de datos del sensor ultrasónico. Al obtener el volumen y el porcentaje de agua a partir de la distancia se obtuvieron datos con un porcentaje de error inferior que utilizando la señal analógica. Una vez comprobado que la señal digital serial TTL del sensor brinda una mayor exactitud y permite escalarla de forma más sencilla, se optó por utilizar la señal digital serial TTL del sensor ultrasónico. Una vez obtenido el valor de la distancia a partir de esta señal, se procedió a realizar una segunda prueba utilizando una distancia mayor a 1.6 metros para corroborar la información obtenida. La Gráfica 4 muestra la relación entre el valor experimental observado en la pantalla LCD y el valor teórico para porcentaje obtenidos de la fórmula 5 para 1.60 metros. Se representa de esta forma ya que a medida que el valor de porcentaje experimental y teórico se reduce, el porcentaje de error aumenta de forma exponencial sin que la diferencia entre ambos valores sea mayor a 5. Por ejemplo para un valor experimental mostrado en la LCD de 100% y un valor teórico de 96% el porcentaje de error es de 4%, mientras que para un valor experimental

mostrado en la LCD de 4% y teórico de 2% el porcentaje de error es de 50% (Tabla 12). En este caso la diferencia entre el valor teórico y experimental representa de forma más adecuada el factor de error del valor experimental mostrado al usuario en la pantalla LCD y el valor real.

La validez de los datos obtenidos durante las pruebas realizadas, dependen directamente de los valores de distancia obtenidos del sensor ultrasónico por comunicación serial ya que de este se derivan los valores de volumen y porcentaje mostrados en la pantalla LCD, en la interfaz del teléfono móvil y en los datos almacenados en la base de datos. Debido a que la etapa de pruebas se realizó únicamente en una localidad, es decir la residencia del ponente, no se puede asegurar que el porcentaje de error en la medición se conserve en otros sistemas. Se deben tomar en cuenta otras variables externas de las que depende la medición como lo es la geometría de la cisterna. Las mediciones se realizaron pensando únicamente en las dimensiones de la cisterna en el área de pruebas por lo que esto representa una debilidad ya que para ser colocado en otra localidad, se deben tomar las dimensiones y geometría de la cisterna y desarrollar la lógica en el programa de instrucciones del microcontrolador. Para comprobar la fiabilidad de los valores obtenidos del sensor ultrasónico se deben comparar los valores obtenidos con el sensor ultrasónico con los obtenidos utilizando otros instrumentos utilizados comúnmente en la medición de nivel de agua.

Durante el periodo de pruebas en cisterna que abarca del 25 de noviembre del 2013 al 4 de diciembre del 2013, se observó que el servicio brindado por la empresa de agua es irregular ya que el servicio de distribución de agua es brindado de forma intermitente. Se observó que el agua es servida generalmente los días lunes, miércoles y viernes durante las primeras horas de la mañana y la siguiente semana el agua fue servida los mismos días en horas de la tarde. Sin un sistema de alarma, al no brindarse el servicio de distribución de agua el hogar en el que se realizaron las pruebas contaría con 36 horas de abastecimiento a una velocidad de consumo de 210 litros por día por habitante, este dato fue obtenido de la factura de agua y sacando el promedio de consumo del mes de julio al mes de octubre.

Durante la etapa de pruebas del módulo de comunicación inalámbrica entre el módulo HC-05 y la computadora se utilizó la terminal USART de mikroC a 9600 bps a través de la placa de desarrollo easyPIC7 de mikroElektronika. Durante la etapa de pruebas del mismo módulo para lograr la comunicación entre el panel principal y el teléfono móvil, se utilizó la aplicación para Android de teléfono Bluetooth SPP. Al utilizar esta aplicación en modo Normal Mode y Command Line se pudieron realizar pruebas de comunicación con el fin de asegurar que los valores recibidos en el teléfono eran los esperados. Esto permitió realizar avances sin contar aún con la aplicación del teléfono terminada.

La aplicación desarrollada para el teléfono móvil, agregó funcionalidad permitiendo presentar al usuario los valores obtenidos de distancia enviados a través del modulo de comunicación inalámbrica Bluetooth (HC-05) en un entorno más amigable al usuario. Se creó la lista de alarmas que almacena la hora y fecha exacta en la que ocurre un evento de alarma, es decir cuando el nivel de agua detectado por el sensor ultrasónico es menor o igual al límite establecido por el usuario en el panel principal. También se creó la lista de porcentaje que se actualiza cada minuto. Estos datos son almacenados en una base de datos en internet de forma automática y a la que el usuario tiene acceso por medio de un botón llamado *web* en la aplicación del teléfono o a través de una computadora con acceso a internet. La limitante importante es que el teléfono debe estar

dentro de un radio menor a 10 metros del módulo HC-05 para poder establecer la comunicación inalámbrica. La captura y almacenamiento de datos se realizan únicamente si el teléfono móvil se encuentra activo, dentro del radio de alcance del módulo HC-05 y si la aplicación se encuentra operando. El almacenamiento de datos en la base de datos en internet depende directamente de que el teléfono móvil tenga acceso y se encuentre conectado a una red *wifi*. Aunque cumple con los objetivos establecidos de mostrar el nivel de agua en tiempo real, la necesidad de estar censando por parte del usuario resta autonomía al proyecto.

Una de las dificultades técnicas afrontadas, se dio en el módulo de alimentación. Originalmente se pensó en utilizar una batería cuadrada para no depender de una conexión a una fuente de voltaje externa. Tras realizar pruebas y observar que la batería cuadrada no duraba demasiado tiempo debido al consumo del circuito, se optó por cambiarla por un transformador comercial de 12V DC @ 1 Amperio. Gracias a este transformador se solucionó el problema de alimentación aunque se agregó la necesidad de contar con un tomacorriente cercano al lugar donde se debe colocar el dispositivo.

Durante las pruebas se observó que la mejor posición para colocar el sensor ultrasónico es el centro de la tapadera debido a que la interferencia ocasionada por tuberías o por el chorro de agua es menor en este punto. Debido a la forma de cono de la señal emitida por el sensor, colocarlo en los extremos del tanque ocasionaría una lectura errónea. El porcentaje de error observado entre el valor teórico y experimental (gráfico 8) se debe a que el diámetro de la cisterna no es uniforme a lo largo de su altura y existen segmentos en los que se presentan irregularidades colocadas por el fabricante además de que los cálculos se realizan únicamente con números enteros en el microcontrolador.

El mayor problema afrontado en relación con la programación del microcontrolador y su lógica, se dió con la LCD, específicamente con la instrucción `Lcd_Init()`; en mikroC. El problema fue que al compilar el programa, este no desplegaba nada en la LCD y el programa no se ejecutaba. Tras realizar numerosas pruebas como agregar o quitar código, comentar instrucciones y llamados a métodos, se observó que la instrucción de inicialización de la LCD era la causante de todos los problemas, esto se comprobó a través del DEBUGGER de mikroC. La solución planteada a este problema fue la realizar la inicialización con código assembler, cambiar a una pantalla monocromática con comunicación serial como la que se cuenta en la placa de desarrollo easyPIC6 o utilizar la pantalla GLCD que tendría la ventaja de unificar el teclado y la pantalla. Finalmente por falta de tiempo y al no ser una prioridad y un objetivo específico el realizar un menú sofisticado, se optó por desplegar un menú más sencillo al que originalmente se contempló. Esta instrucción presentó los mismos problemas cuando se intentó realizar operaciones aritméticas para obtener el valor de volumen y porcentaje con números flotantes o decimales. Debido a lo anterior recomiendo tomar en consideración otro método para desplegar el menú y demás valores a desplegar en el panel principal.

El uso de un protoboard para desarrollar las pruebas, en términos generales facilitó mucho el desarrollo del proyecto, presentando únicamente un problema en la conexión de la batería del DS1307 que ocasiona que el RTC se reinicie a su condición inicial (hora = 00:00:00 y fecha = 00/00/00).

La etapa de desarrollo de la aplicación del teléfono móvil no presentó mayor problema más allá de no contar con los conocimientos previos necesarios. El trabajo se facilitó gracias a la colaboración que da el MIT, a través de su servicio gratuito que brinda una plataforma para que usuarios de teléfono móvil con

sistema operativo Android, desarrollen sus aplicaciones. Es gracias a ellos y su asociación con Google que el proyecto cuenta con una base de datos gratuita. Como se mencionó con anterioridad, la dificultad de usar estos recursos en internet, es la falta de conocimiento previo, experiencia y que al ser un servicio gratuito, se encuentra limitado en cuanto a la sofisticación del programa que se desarrolla y a la capacidad de almacenamiento gratuita en el servidor en línea. A medida que uno va haciendo uso de más recursos y necesitando mayor espacio de almacenamiento el costo por estos recursos deja de ser gratuito.

Durante las pruebas realizadas en el acceso de la cisterna (tapadera de acceso), se colocó el sensor ultrasónico dentro de los límites de esta sección y no sobrepasando los 40 centímetros de distancia entre el nivel máximo de agua y el sensor ultrasónico, con ello se determinó que al colocar el sensor en el centro de la circunferencia creada por la forma de la sección en donde se coloca la tapadera, se produce la menor causante de lecturas erróneas de distancia. Si el centro del sensor ultrasónico se aproxima demasiado al borde de la cisterna, la tubería de ingreso de agua o el flotador, pueden obtenerse lecturas erróneas de distancia debido a que obstruyen directamente la señal ultrasónica emitida por el sensor. También se observó el comportamiento de la lectura del sensor ultrasónico durante el llenado de la cisterna para determinar la fluctuación en la medición de distancia ocasionada por el oleaje causado por el chorro de agua, siendo la variación observada de 1 milímetro. Esta variación no representa una fuente de error ya que para obtener volumen y porcentaje se consideraron las tres cifras más significativas de distancia enviadas del sensor ultrasónico al microcontrolador.

El costo del prototipo desarrollado tomando en cuenta únicamente los materiales fue de Q2, 113.00. Para poder rentabilizar y generar ganancias en la etapa de desarrollo el prototipo debería tener un costo tres veces mayor al del costo de los materiales. Hay que recordar que los recursos gratuitos en internet y la mano de obra en el desarrollo del software y construcción del hardware fueron aportados por el estudiante. En muchas ocasiones el costo de un depósito de agua ya representa una inversión importante y difícilmente asumible por la gran mayoría de personas que cuentan con un servicio de distribución de agua regular en la Ciudad de Guatemala. El problema se agrava en el interior del país, en donde las dificultades económicas y la poca infraestructura no garantizan el abastecimiento de agua y en donde además del uso doméstico, es necesario contar con depósitos de agua para tareas de ganadería y agricultura.

Por último considero que es válido aprovechar estos recursos en internet solo en una etapa inicial de desarrollo de un proyecto. Conforme el proyecto crezca en complejidad y las necesidades de almacenamiento de información aumenten, será necesario recurrir a software con licencia, pago de espacio de almacenamiento en un servidor y utilización de un lenguaje de programación que permita desarrollar cualquier aplicación para teléfono móvil sin estar limitado al sistema que este utiliza y que nos permita desarrollar proyectos con la complejidad que se necesite. En conjunto el proyecto cumple con sus objetivos, aunque es necesario continuar trabajando para mejorar su funcionalidad, autonomía, complejidad y versatilidad.

## IX. CONCLUSIONES

- 1) El dispositivo desarrollado cumple con su objetivo; mostrar en tiempo real el nivel de agua en el panel principal, comunicarse con una aplicación en un teléfono móvil, almacenar en una base de datos en internet y emitir una señal de luz intermitente en el panel principal o a través de la aplicación en el teléfono.
- 2) Fue posible diseñar y construir un sistema de medición de nivel de agua no invasivo que requirió de poca infraestructura adicional al sistema de almacenamiento en el área de pruebas utilizando un sensor ultrasónico.
- 3) El centro del área de acceso a la cisterna es el punto en el que se encuentra la menor interferencia entre el censor ultrasónico y la columna de agua ocasionado por los bordes del depósito, tuberías y flotador por lo que es la mejor posición para colocar el sensor ultrasónico.
- 4) El costo del dispositivo desarrollado lo hace económicamente poco atractivo para los individuos interesados en implementarlo en sus hogares.
- 5) Contar con una base de datos en internet permitió llevar un registro de los datos de nivel de agua y alarma, aunque al ser la única forma de almacenar información se resta autonomía al dispositivo desarrollado.
- 6) Aunque irregular, el servicio de distribución de agua en el área de pruebas garantizó reservas mayores a 50% durante la etapa de monitoreo en el sistema de recolección de agua.

## **X. RECOMENDACIONES**

- Se deberá incluir un módulo interno de almacenamiento de datos por medio de una tarjeta SD o similar para aumentar la autonomía del sistema y contar con una base de datos de respaldo.
- Se optimizará la comunicación del sistema con el entorno al migrar a un modo de comunicación directa del panel principal a internet, eliminado el módulo de comunicación inalámbrica Bluetooth y conservando la aplicación en el teléfono móvil.
- Al realizar el intercambio y almacenamiento de forma directa a través de internet aumentará la autonomía y funcionalidad del dispositivo.
- Se deberán realizar pruebas en más locaciones y comparar los valores obtenidos de volumen y porcentaje con los valores obtenidos de otros instrumentos de medición de nivel de agua.
- Utilizar una pantalla GLCD, que permitiría unificar el teclado y la pantalla en un solo módulo.
- Aprovechar la disponibilidad de servicios que brinda gratuitamente, almacenar datos en los servidores siempre y cuando, cumpla con las especificaciones de almacenamiento previstas.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

- ABCElectronica. (s.f.). *ABC Proyectos electrónicos*. (ABC electronica) Recuperado el 25 de Septiembre de 2013, de [abcelectronica.net](http://abcelectronica.net)
- antechsv. (2003). *Instrumentos para medición y control de nivel*. (antech) Recuperado el 21 de Septiembre de 2013, de <http://mediciondenivelesantech.blogspot.com/>
- Bastian, P. (6 de Junio de 2001). Circuitos CMOS. En *Electronica* (pág. 229). Madrid (España): Casa del Libro. Recuperado el 11 de Septiembre de 2013, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Complementary\\_metal\\_oxide\\_semiconductor](http://es.wikipedia.org/wiki/Complementary_metal_oxide_semiconductor)
- Corporat, F. S. (1 de Enero de 1999). *Datasheet Archive*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2013, de <http://www.datasheetarchive.com/dl/Datasheet-018/DSA00321450.pdf>
- Corporation, F. S. (10 de Septiembre de 2001). *fairchildsemi*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2013, de Datasheets for electronics components: <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/fairchild/KA7805.pdf>
- Corporation, S. (1 de Enero de 2006). *ALLDATASHEET*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2013, de <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/205898/SEMTECH/EZ1585CT-X.X.html>
- cursomicros. (2009). *Control de Teclado Matricial*. (cursomicros) Recuperado el 16 de Septiembre de 2013, de <http://www.cursomicros.com/avr/puertos/teclado-matricial.html>
- David Wolber, H. A. (24 de Julio de 2013). *Google App Inventor, Create your Own Android Apps*. Gravenstein Highway North, Sebastopo: O'Reilly Media, Inc. Recuperado el 21 de Septiembre de 2013, de [http://es.wikipedia.org/wiki/App\\_Inventor](http://es.wikipedia.org/wiki/App_Inventor)
- documents, T. (s.f.). *www.tecnoficio.com*. (Techincal Documents) Recuperado el 16 de Septiembre de 2013, de <http://www.tecnoficio.com/docs/doc60.php>
- EastRising. (s.f.). *LCD Module ERM1602SBS-2 specifications*. Recuperado el 11 de Septiembre de 2013, de <http://www.google.com.gt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0C8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.abcelectronica.net%2Fapp%2Fdownload%2F5706320019%2FLCD16x2manual.pdf%3Ft%3D1345755277&ei=CSIxUrT9H4rI9QTEr4HwBg&usg=AFQjCNGbygulqCz7qfNobT6EopfhVivU-Q&bvm>
- Engineering, M. (16 de Septiembre de 2013). *LCD2S-162YHY*. (Modtronix Engineering) Recuperado el 16 de Septiembre de 2013, de

- [http://www.modtronix.com/product\\_info.php?products\\_id=266](http://www.modtronix.com/product_info.php?products_id=266)
- Escuela Técnica Superior de Ingenieros, U. d. (2010). *Tema 5: Medida de nivel*. (Instrumentación Industrial - Curso 2010 -11) Recuperado el 21 de Septiembre de 2013, de <http://nyquist.us.es/pepemaestre/INSTRUMENTACION/Tema5.pdf>
- FJRamirez. (06 de Julio de 2012). *Resistencia Pull Up y Pull Down*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2013, de <http://www.tuelectronica.es/tutoriales/electronica/resistencia-pull-up-y-pull-down.html>
- Gutierrez, J. A. (2007). *El mundo informático*. (WordPress) Recuperado el 21 de Septiembre de 2013, de <http://jorgesaavedra.wordpress.com/2007/05/05/lenguajes-de-programacion/>
- H-Aléco. (4 de Febrero de 2009). *Índice de protección (IP)*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2013, de [http://www.haleco.es/wpc/img\\_basse\\_def/NORM\\_IP\\_es.pdf](http://www.haleco.es/wpc/img_basse_def/NORM_IP_es.pdf)
- Hermosa Donate, A. (24 de Julio de 2013). Código BCD. En *Electrónica Digital Práctica: Tecnología y Sistemas* (pág. 6 a 7). Barcelona (España): Boixareu Editores. Recuperado el 14 de Septiembre de 2013, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Decimal\\_codificado\\_en\\_binario](http://es.wikipedia.org/wiki/Decimal_codificado_en_binario)
- Herrera Pérez, E. (29 de Agosto de 2004). Distorsión por Ruido e Interferencia. En *Comunicaciones II, Comunicación Digital y Ruido* (pág. 5 a 6). México, D.F.: LIMUSA, Noriega Editores. Recuperado el 16 de Septiembre de 2013, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Ruido\\_%28comunicaci%C3%B3n%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Ruido_%28comunicaci%C3%B3n%29)
- IE3003, C. d. (2010). Variables de Proceso - Nivel. Guatemala.
- inc, M. (2005). *HRXL-MaxSonar - WR/WRC Series*. (MaxBotix inc, high performance ultrasonic rangefinders) Recuperado el 21 de Septiembre de 2013, de <http://www.maxbotix.com/>
- Inc., M. T. (2010). *Microchip PIC18F25K20*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2013, de <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41303G.pdf>
- integrated, m. (29 de Marzo de 2001). *Crystal considerations with maxim Real Time clock*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2013, de <http://www.maximintegrated.com/app-notes/index.mvp/id/58>
- integrated, m. (2008). *www.maximintegrated.com*. Recuperado el 11 de Septiembre de 2013, de <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1307.pdf>
- Inventor, M. A. (2012). *App Inventor*. (Massachusetts Institute of Technology) Recuperado

- el 21 de Septiembre de 2013, de <http://appinventor.mit.edu/explore/content/what-app-inventor.html>
- José Manuel Huidobro, J. M. (2 de Septiembre de 2013). Redes Bluetooth. En *Sistemas Telemáticos 3era Edición*. (pág. 110 a 116). Madrid (España): Thompson Ediciones, Paraningo S.A. Recuperado el 11 de Septiembre de 2013, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
- Martínez, M. U. (17 de Junio de 2013). Reloj en tiempo real (RTC). En *Arquitectura del PC, Volumen III*. (pág. 13 a 15). Casa del Libro. Recuperado el 17 de Septiembre de 2013, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Reloj\\_en\\_tiempo\\_real](http://es.wikipedia.org/wiki/Reloj_en_tiempo_real)
- Masadelante. (1999). *¿Qué significa Bluetooth?* (Masadelante, servicios y recursos para tener éxito en internet. ) Recuperado el 16 de Septiembre de 2013, de <http://www.masadelante.com/faqs/que-es-bluetooth>
- Muñoz, M. J. (21 de Agosto de 2013). *PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LAS PANTALLAS DE CRISTAL LÍQUIDO (LCD)*. (Universidad Complutense de Madrid. El Rincón de la Ciencia) Recuperado el 16 de Septiembre de 2013, de <http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/Curiosid2/rc-111/rc-111b.htm>
- S., P. A. (2004). *Introducción al microcontrolador*. Asunción, Paraguay: Lycos.
- Scanner, R. (10 de Marzo de 2013). *FSK, GFSK, MSK, GMSK y otros modos. Análisis de señal*. (Textos Científicos) Recuperado el 16 de Septiembre de 2013, de <http://signals.radioscanner.ru/info/item67/>
- Studio, I. (18 de Junio de 2010). *HC-05 Bluetooth to serial port module*. Recuperado el 11 de Septiembre de 2013, de [ftp://imall.iteadstudio.com/Modules/IM120723009/DS\\_IM120723009.pdf](ftp://imall.iteadstudio.com/Modules/IM120723009/DS_IM120723009.pdf)
- TARINGA, i. c. (2010). *como funciona el bluetooth*. (TARINGA, inteligencia colectiva) Recuperado el 16 de Septiembre de 2013, de <http://www.taringa.net/posts/info/5526921/Como-funciona-el-bluetooth.html>
- Toca, D. C. (Enero de 2012). *Creación de un Reloj-Calendario con el I2C PCF8583P*. (Desarrollo y contrucción de prototipos electrónicos) Recuperado el 21 de Septiembre de 2013, de <http://davidcominotoca1992.wordpress.com/2012/01/07/creacion-de-un-reloj-calendario-con-el-i2c-pcf8583p/>
- Tools, M. D. (1998). *Microcontrolador PIC16F887*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2013, de <http://www.mikroe.com/chapters/view/81/capitulo-3-microcontrolador->

pic16f887/#c3v8

Tyton, H. (6 de Septiembre de 2013). *Definición y Tabla del Grado de Protección (IP)*.

Recuperado el 14 de Septiembre de 2013, de

[http://www.hellermanntyton.es/site/binaries/content/assets/downloads/es/el-catalogo-2011---2012/ht\\_es\\_chapter7.2.pdf](http://www.hellermanntyton.es/site/binaries/content/assets/downloads/es/el-catalogo-2011---2012/ht_es_chapter7.2.pdf)

weblog, W. (28 de Junio de 2009). *Proyeck Jam Digital II*. (Wspambudi's weblog)

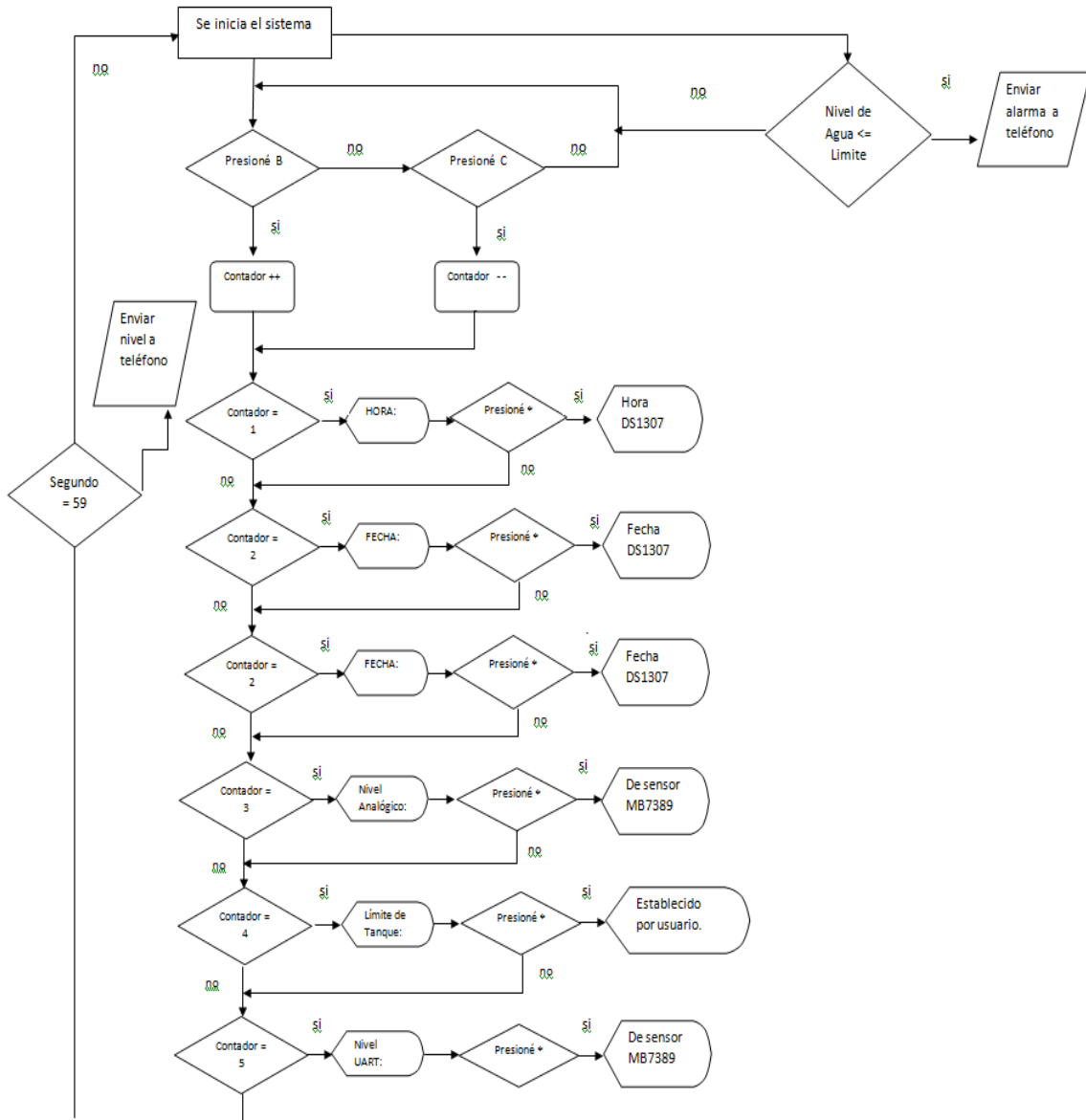
Recuperado el 16 de Septiembre de 2013, de

<http://wahyusp.wordpress.com/2009/06/28/proyek-jam-digital-ii-ds1307/>

## XII. APÉNDICE

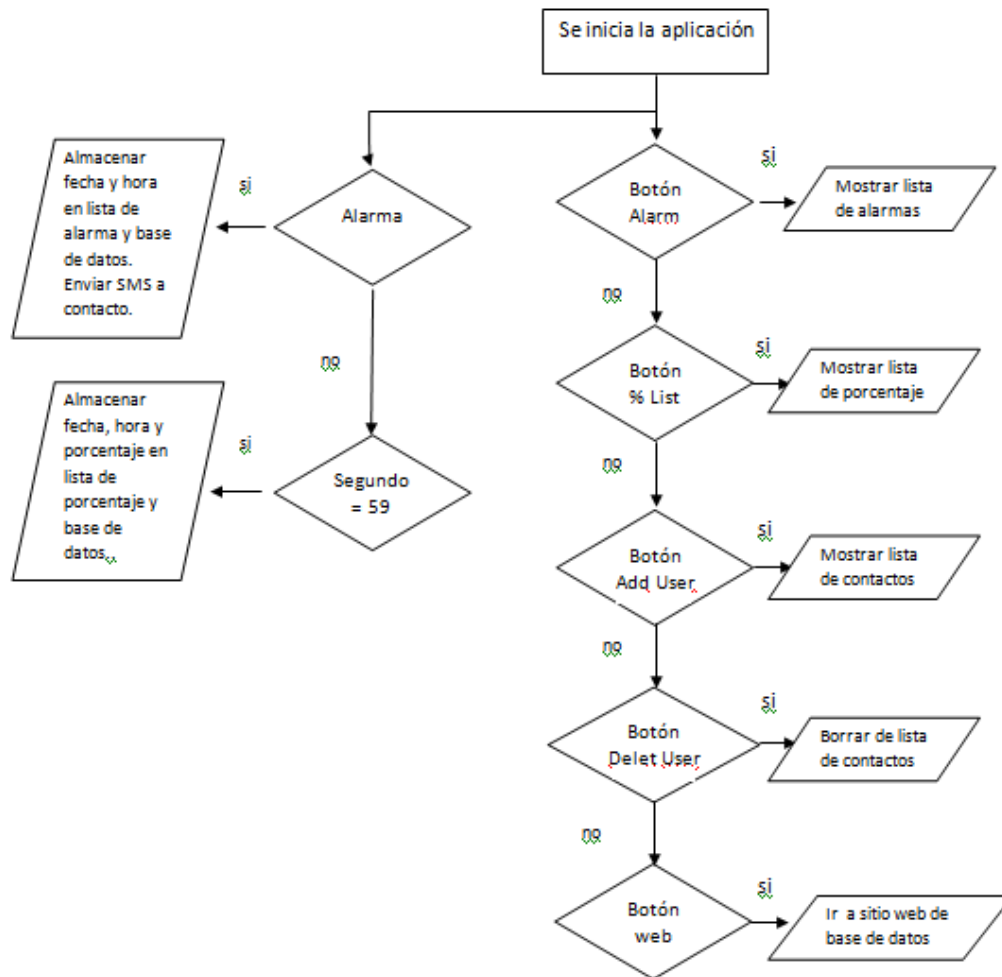
A continuación se muestra el diagrama de flujo de la lógica utilizada en el programa de instrucciones del microcontrolador PIC18F25k20.

**Figura 62.** Diagrama de flujo de lógica de programa de microcontrolador PIC18F25k20.



A continuación se muestra el diagrama de flujo de la lógica utilizada en el programa de la aplicación del teléfono móvil.

**Figura 63.** Diagrama de flujo de lógica de programa de aplicación en teléfono móvil.



Para obtener más información del proyecto, por favor visitar el sitio en internet:  
<http://joseescobar08335.blogspot.com>

## XIII. GLOSARIO

<b>AC</b>	Corriente Alterna
<b>Amp</b>	Amperio
<b>ASCII</b>	American Standard Code for Information Interchange. Es un código de caracteres basado en el alfabeto latino.
<b>BCD</b>	<i>Binary Coded Decimal</i> . Estándar para representar números decimales en el sistema binario
<b>CMOS</b>	<i>Complementary metal Oxide Semiconductor</i>
<b>DC</b>	Corriente Directa
<b>EEPROM</b>	<i>Electrically Erasable Programmable read only</i> . Tipo de memoria ROM que puede ser programada, borrada y reprogramada eléctricamente.
<b>EUSART</b>	<i>Enhanced Universal Synchronous Receiver Transmitter</i> . Interfaz de comunicación serie.
<b>I2C</b>	<i>Inter-Integrated Circuit</i> . Modo de comunicación síncrona y bidireccional que se utiliza en la transmisión de datos
<b>LCD</b>	<i>Liquid crystal display</i> . Pantalla de cristal líquido.
<b>MSSP</b>	<i>Master synchronous Serial Port</i> . Módulo que permite la comunicación de alta velocidad entre un microcontrolador y otros periféricos o microcontroladores.
<b>RAM</b>	<i>Random access memory</i> Memoria de trabajo del sistema operativo.
<b>ROM</b>	<i>Read only memory</i> . Memoria de solo lectura.
<b>RS232</b>	Recommended Standard 232. Interfaz que asigna una norma para el intercambio de una serie de datos binarios entre una terminal de datos y un equipo de comunicación de datos.
<b>TTL</b>	<i>Transistor-transistor logic</i> . Tecnología de construcción de circuitos electrónicos digitales.