



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERIA EN MECATRÓNICA

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO EN MECATRÓNICA

TEMA

**DETECCIÓN DE FUGAS EN LA TUBERÍA DE LA RED PRINCIPAL DEL SISTEMA
DE AGUA POTABLE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE
SUMAK YAKU – ARAQUE – OTAVALO**

AUTOR: HENRY DANIEL CERVANTES TAFUR.

DIRECTOR: ING. JORGE TERÁN BENALCAZAR

IBARRA - ECUADOR

JULIO, 2012

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

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

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100258158-3
APELLIDOS Y NOMBRES:	CERVANTES TAFUR HENRY DANIEL
DIRECCIÓN	CDLA. DEL CHOFER, BRASIL 5-20 PANAMÁ
E-MAIL	henrycervantestafur@hotmail.com
TELÉFONO MÓVIL	084970328 / 062640369

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DETECCIÓN DE FUGAS EN LA TUBERÍA DE LA RED PRINCIPAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE SUMAK YAKU – ARAQUE – OTAVALO
AUTOR:	CERVANTES TAFUR HENRY DANIEL
FECHA:	2012/07/06
PROGRAMA:	PREGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MECATRONICA
DIRECTOR:	ING. JORGE TERÁN

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Henry Daniel Cervantes Tafur, con cédula de identidad Nro. 100258158-3, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

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

Yo, Henry Daniel Cervantes Tafur, con cédula de identidad Nro. 100258158-3, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículos 4,5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado “Detección de fugas en la tubería de la red principal del sistema de agua potable de la junta administradora de agua potable Sumak Yaku – Araque – Otavalo”, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital en la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

(Firma) _____

Nombre: Cervantes Tafur Henry Daniel

Cédula: 100258158-3

Ibarra, a los 6 días del mes de Julio de 2012

DECLARACIÓN

Yo, HENRY DANIEL CERVANTES TAFUR declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado, ni calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Henry Daniel Cervantes Tafur

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Henry Daniel Cervantes Tafur, bajo mi supervisión.

Ing. Jorge Terán

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

A mi papá que, nunca se despreocupa de sus hijos en cualquier parte que estemos y siempre se hace presente con una llamada diciendo “Que fue mijo, ¿Cómo estás?”. A mi mami que en silencio eternamente está velando por el bienestar de sus hijos y sin importar nada, se esfuerza para que salgamos adelante. Mis papás que hasta se dieron tiempo para acompañarme y para ayudarme con sus consejos y su mano de obra, todo para que logre cumplir este reto, este sueño. Me siento orgulloso de ustedes.

A mis hermanos Jassón y Katy, ustedes son quienes con su presencia me obligan a terminar la carrera, a ser profesional, porque así, ustedes no pueden dejar sus estudios hasta que me superen jaja, ánimo con sus estudios porque se que lo lograrán.

A toda mi familia, al Ing. Raúl Yépez, Sr. Antonio Vásquez y al MSC. Bolívar Batallas que confiaron en mi capacidad y me apoyaron, a mis abuelitas y abuelitos “papito Antonio” (+) y “papito Hugo” (+) que a pesar de no estar ya con migo son la guía de la calidad de hombre que quiero llegar a ser, y a mis amigos, que me apoyan y soportan mis alegrías y tristezas, pero sobre todo a Monita, Cristian, Diani, Don Alfonsito Estévez, Sra. Edicita, Vinicio y Rita que en estos últimos diez años de mi vida se convirtieron en mi soporte y aliento en momentos en los que ya quería abandonar todo, especialmente tú Monita Esteves Pereira, porque haces cosas que superan todo lo que se puede esperar de alguien que te aprecia.

A mis directores de tesis (sin querer queriendo fueron dos) Ing. Milton Gavilanes e Ing. Jorge Terán, por la predisposición y entereza que tuvieron, y a todos mis profesores quienes cumplieron su trabajo y me brindaron una plataforma sólida de conocimientos con la que me impulsaron a desarrollarme profesionalmente.

Muchas Gracias a todos y especialmente a ti Señor, tú que miras en lo secreto sabes por qué.

Esta tesis la dedico a todos ustedes, que son quienes apoyaron el hombro para que yo alcanzara esta meta.

Henry

CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
ÍNDICE DE TABLAS.....	14
RESUMEN.....	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO 1. AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO.....	1
1.1 ORIGEN DEL AGUA	2
1.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO	2
1.2.1 ALMACENAMIENTO DE AGUA BRUTA.....	2
1.2.2 CAPTACIÓN.....	3
1.2.3 TRATAMIENTO	3
1.2.4 ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA.....	4
1.2.5 RED DE DISTRIBUCIÓN.....	4
1.3 IMPACTO AMBIENTAL DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	8
1.3.1 MANEJO DE RECURSOS TERRESTRES E HIDRÁULICOS	8
CAPÍTULO 2. DETECCIÓN DE FUGAS	10
2.1 DETECTORES DE FUGA EN EL MERCADO	11
2.2 PARÁMETROS DEL FLUÍDO.....	12
2.2.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA	12

2.2.2	PROPIEDADES QUÍMICAS DEL AGUA.....	14
2.3	COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE LOS FLUIDOS	15
2.3.1	FLUIDOS IDEALES	15
2.4	PARÁMETROS DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN.....	19
2.4.1	PARÁMETROS DE LA TUBERÍA DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN. .	19
2.4.2	PRESIÓN DEL SISTEMA	21
2.4.3	DISPOSICIÓN GEOGRÁFICA DEL SISTEMA	21
2.5	ESTADO DE MOTORES Y BOMBAS	24
2.5.1	ESTADO MECÁNICO Y ELÉCTRICO	24
2.6	PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SENSORES.....	25
2.7	ENERGÍA SOLAR Y GENERACIÓN ELÉCTRICA	25
2.7.1	RADIACIÓN SOLAR.....	26
2.7.2	GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DEL SOL	27
CAPÍTULO 3.	DISEÑO DE LOS INSTRUMENTOS	30
3.1	DESCRIPCION DE BLOQUES DEL DETECTOR DE FUGAS	31
3.2	DIAGRAMAS ESQUEMATICOS ELECTRÓNICOS DEL DETECTOR DE FUGAS.....	33
3.2.1	MODULO DE ALIMENTACIÓN.....	33
3.2.2	TRANSMISOR DE PRESIÓN.....	34
3.2.3	MÓDULO DE TRATAMIENTO DE SEÑAL.....	35

3.2.4	MODULO DE PROCESAMIENTO DE DATOS	36
3.2.5	MÓDULO DE PULSADORES DE AJUSTE DE SET POINT	37
3.2.6	CONEXIÓN DE LA PANTALLA DE CRISTAL LÍQUIDO	37
3.2.7	MÓDULO DE ENTRADA / SALIDA DIGITAL DE DATOS.....	38
3.2.8	MÓDULO DE SALIDA ANÁLOGA DE DATOS	39
3.3	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA.....	40
3.3.1	DISEÑO DE BASE SOPORTE DE PANELES FOTOVOLTAICOS....	44
3.4	DISEÑO DE LAS TARJETAS DE CIRCUITO IMPRESO	44
CAPÍTULO 4. CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS DE LAS TARJETAS ELECTRÓNICAS E IMPLEMENTACIÓN		
49		
4.1	CONSTRUCCIÓN DE LAS TARJETAS ELECTRÓNICAS	50
4.2	PRUEBA DE LAS TARJETAS ELECTRÓNICAS	54
4.2.1	FUENTE	54
4.2.2	PRUEBA DE EL MÓDULO DE TRATAMIENTO DE SEÑAL (ESTACIÓN DOS Y TRES)	55
4.2.3	PRUEBA DE LA LCD (ESTACIÓN DOS Y TRES).....	56
4.2.4	PRUEBA DE PULSADORES (ESTACIÓN DOS Y TRES).....	56
4.2.5	PRUEBA DE PROCESAMIENTO DE DATOS (ESTACIÓN DOS Y TRES) 57	
4.2.6	PRUEBA DE E/S DIGITALES (ESTACIÓN DOS Y TRES).....	58

4.2.7 PRUEBA DE SALIDA ANÁLOGA (ESTACIÓN DOS Y TRES).....	58
4.2.8 PRUEBA DE TRANSMISOR DE PRESIÓN (ESTACIÓN DOS Y TRES)	59
4.3 IMPLEMENTACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS	60
4.3.1 IMPLEMENTACIÓN EN ESTACIÓN DOS	60
4.3.2 IMPLEMENTACIÓN EN ESTACIÓN TRES.....	61
CAPÍTULO 5. EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	63
5.1 PRUEBA Y RESULTADOS DEL DISPOSITIVO DE LA ESTACIÓN DOS	64
5.2 PRUEBAS Y RESULTADOS DEL DISPOSITIVO DE LA ESTACIÓN TRES.....	65
5.3 PRUEBAS DEL SISTEMA COMPLETO DE AUTOMATIZACIÓN	66
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO.....	72
6.1 CONCLUSIONES	73
6.2 TRABAJO A FUTURO.....	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
Anexo 1 TABLA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS	76
Anexo 2 PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR DE LA ESTACIÓN 2.....	77
Anexo 3 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	80
Anexo 4 HOJA DE DATOS DEL TRANSMISOR DE PRESIÓN.....	81

Anexo 5 HOJA DE DATOS DE LOS MÓDULOS DE GENERACIÓN SOLAR82

Anexo 6 MANUAL DE INSTRUCCIONES DEL CONTROLADOR DE CARGA
SOLAR83

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>FIGURA 2.1 DETECTOR ACÚSTICO</i>	11
<i>FIGURA 2.2 DETECTOR POR ULTRASONIDO</i>	11
<i>FIGURA 2.3 GRÁFICA REPRESENTATIVA ECUACIÓN DE LA CONTINUIDAD</i>	16
<i>FIGURA 2.4 GRÁFICA REPRESENTATIVA ECUACIÓN DE BERNOULLI</i>	17
<i>FIGURA 2.5 PLANO REPRESENTATIVO</i>	20
<i>FIGURA 2.6 PISCINA RECOLECTORA EN VERTIENTE DE AGUA</i>	22
<i>FIGURA 2.7 GRUPOS MOTOR-BOMBA EN LA VERTIENTE DE ÁRAQUE</i>	22
<i>FIGURA 2.8 GRUPOS MOTOR-BOMBA ESTACIÓN DOS</i>	23
<i>FIGURA 2.9 TANQUES GEMELOS</i>	23
<i>FIGURA 2.10 FUENTE: ATLAS DE INSOLACIÓN CIE, 2008</i>	26
<i>FIGURA 2.11 MAPA SOLAR DEL ECUADOR, FUENTE: ATLAS DE INSOLACIÓN CIE, 2008</i>	27
<i>FIGURA 2.12 PARTES DE UN PANEL FOTOVOLTAICO</i>	28
<i>FIGURA 2.13 BANCO DE BATERÍAS</i>	28
<i>FIGURA 2.14 CONTROLADOR DE CARGA</i>	29
<i>FIGURA 2.15 SISTEMA BÁSICO E ILUSTRATIVO DE PARTES DE UN SISTEMA SOLAR</i>	29
<i>FIGURA 3.1 MÓDULOS QUE FORMAN EL DETECTOR DE FUGAS SEGUNDA ESTACIÓN</i>	31
<i>FIGURA 3.2 MÓDULOS QUE CONFORMAN EL DETECTOR DE FUGAS DE LA ESTACIÓN TRES</i>	32
<i>FIGURA 3.3 CIRCUITO ELECTRÓNICO DEL MÓDULO DE ALIMENTACIÓN</i>	34

<i>FIGURA 3.4 TRANSMISOR DE PRESIÓN</i>	35
<i>FIGURA 3.5 CIRCUITO ELECTRÓNICO DEL MÓDULO DE TRATAMIENTO DE SEÑAL</i>	36
<i>FIGURA 3.6 CIRCUITO ELECTRÓNICO DEL MÓDULO DE PROCESAMIENTO</i>	36
<i>FIGURA 3.7 CIRCUITO ELECTRÓNICO DEL MÓDULO DE PULSADORES</i>	37
<i>FIGURA 3.8 CIRCUITO ELECTRÓNICO DE LA CONEXIÓN DE LA LCD</i>	38
<i>FIGURA 3.9 CIRCUITO DE ENTRADA / SALIDA DIGITAL</i>	39
<i>FIGURA 3.10 CIRCUITO ELECTRÓNICO DE SALIDA ANÁLOGA DE DATOS</i>	40
<i>FIGURA 3.11 CURVA CARACTERÍSTICA DEL PANEL SOLAR</i>	43
<i>FIGURA 3.12 ORGANIZACIÓN DE PANELES EN UNA ESTRUCTURA</i>	44
<i>FIGURA 3.13 DISEÑO CIRCUITO IMPRESO FUENTE DE POTENCIA ESTACIÓN 2</i>	45
<i>FIGURA 3.14 DISEÑO CIRCUITO IMPRESO DE MÓDULOS ESTACIÓN 2</i>	46
<i>FIGURA 3.15 DISEÑO CIRCUITO IMPRESO DE MÓDULOS ESTACIÓN 3</i>	47
<i>FIGURA 4.1 TARJETA PRINCIPAL ESTACIÓN DOS</i>	50
<i>FIGURA 4.3 TARJETA PRINCIPAL ESTACIÓN TRES</i>	51
<i>FIGURA 4.2 MÓDULO FUENTE ESTACIÓN DOS</i>	51
<i>FIGURA 4.4 MÓDULO FUENTE ESTACIÓN TRES</i>	52
<i>FIGURA 4.5 TABLERO INDUSTRIAL ESTACIÓN DOS</i>	53
<i>FIGURA 4.6 TABLERO INDUSTRIAL ESTACIÓN TRES</i>	54
<i>FIGURA 4.7 PRUEBA DE TRANSMISOR DE PRESIÓN</i>	59

FIGURA 4.8 PANELES INSTALADOS SOBRE EL TECHO.....	62
FIGURA 4.9 CAJA DE CONEXIONES DE LOS PANELES SOLARES	62
FIGURA 5.1 GRÁFICO DE DATOS DE PRESIÓN EN EL PRIMER TRAMO.....	64
FIGURA 5.2 GRÁFICO DE DATOS DE PRESIÓN EN EL SEGUNDO TRAMO	65
FIGURA 5.3 TRAMA DE DATOS Y SU CLASIFICACIÓN.....	66
FIGURA 5.4 FUNCIONAMIENTO DE MOTORES Y NIVELES EN TANQUES.....	67
FIGURA 5.5 FALLA DE TUBERÍA DE ZONA 1 A ZONA 2.....	67
FIGURA 5.6 FALLA DE TUBERÍA DE ZONA 2 A ZONA 3.....	68
FIGURA 5.7 FALLA TÉRMICA MOTOR 1 ZONA 1.....	68
FIGURA 5.8 FALLA TÉRMICA MOTOR 2 ZONA 1	69
FIGURA 5.9 FALLA TÉRMICA MOTOR 1 ZONA 2	69
FIGURA 5.10 FALLA TÉRMICA MOTOR 2 ZONA 2	70
FIGURA 5.11 MEDICIÓN DEL SISTEMA PRINCIPAL DE BOMBEO LAS 24 HORAS	70

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 PARÁMETROS DE LAS TUBERÍAS DEL SISTEMA.....	19
TABLA 2.2 PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LOS MOTORES.....	24
TABLA 2.3 PARÁMETROS DE TRABAJO DE LOS SENSORES.....	25
TABLA 3.1 CARGAS DE CONSUMO MÁXIMAS.....	40
TABLA 2 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN SOLAR.....	41
TABLA 3 DIMENSIONES FÍSICAS DE LAS TARJETAS ELECTRÓNICAS.....	48
TABLA 4 PRUEBA DE LINEALIDAD DE RCV 420.....	55
TABLA 5 PRUEBA DE DIGITALIZACIÓN.....	57
TABLA 6 PRUEBA DE TRANSMISOR DE PRESIÓN.....	59
TABLA 7. RESUMEN DE PRUEBAS DE TARJETAS ELECTRÓNICAS.....	60

RESUMEN

La planta de captación de agua perteneciente a la junta administradora de agua potable Sumak-Yaku está ubicada en la orilla del lago San Pablo en la comunidad Araque en la provincia de Imbabura, ésta consta de tres estaciones, en la primera estación se encuentra la vertiente de donde se toma el agua y se la impulsa con un grupo motor-bomba 400 metros hacia la segunda estación en donde se almacena en dos tanques, desde aquí una parte del líquido se distribuye por gravedad a las comunidades cercanas y otra parte es bombeada 400 metros más, hacia la tercera estación en donde se tiene dos tanques (tanques gemelos), desde estos tanques se distribuye por gravedad para el resto de comunidades.

En el primer tramo de tubería antes de la llegada de agua a los tanques de la segunda estación, se coloca un dispositivo detector de fugas por caída de presión, este inicia el trabajo de detección en cuanto recibe la orden del sistema principal de control de bombeo que indica que ha iniciado el bombeo, y hasta cuando este lo determine. Durante la detección, el dispositivo toma datos de presión y la compara con el punto de control establecido por el usuario, en caso de ser menor durante 15 segundos, se activa una bandera (alarma) con la cual se tomara las respectivas acciones. El proceso es igual para el segundo tramo, en la tercera estación no se cuenta con energía eléctrica por lo que se implemento un sistema solar de generación eléctrica para poder alimentar los dispositivos.

Todo esto para dar buen servicio a 9300 usuarios de las 8 comunidades, sin contaminación ni pérdidas económicas, por lo que al realizar esta detección de fugas resulta de alto impacto social.

ABSTRACT

The water collection plant belonging to the water management board Sumak-Yaku is located on the border of San Pablo Lake, it's in Araque community in the province of Imbabura, it consists of three stations, at the first station is the side where the water is taken and pumped with a motor-pump group 400 meters to the second station where it is stored in two tanks, from where some of the liquid is distributed by gravity to nearby communities and rest of the liquid is pumped 400 meters, to the third station where there are two tanks (twin tank), from these tanks the water is distributed by gravity to the other communities.

In the first section of pipe before the water arrive to the tanks of the second station, place a leak detection pressure drop device, it starts the scan job with the order of the main system control, it indicated that it has started pumping, and it indicated that it has finished pumping. During detection, the device takes pressure data and compared with the control set point selected by the user, if the data is less to the set point during than 15 seconds, it activates a flag (alarm) with which to take the respective actions. The process is the same for the second section, in the third station there is no electricity so I implemented a solar power generation to power the devices.

All this to give good service to 9300 users of 8 communities without contamination or economic losses, so when making the detection of leakage is high social impact.

PRESENTACIÓN

El agua limpia es un recurso indispensable para el ser humano, por lo que las contaminaciones provocadas por aberturas pequeñas o grandes en las tuberías de distribución pueden desembocar en intoxicaciones masivas, por otra parte no pueden seguir existiendo ineficiencias en los sistemas de distribución de agua y su consecuente pérdida de ganancias asociada a las fugas de los sistemas de agua. Incrementar el bombeo, los tratamientos y los costos operativos hace que estas pérdidas sean prohibitivas. Para combatir la pérdida de agua, muchas empresas se encuentran desarrollando métodos para detectar, localizar y corregir fugas.

De las muchas opciones disponibles para la conservación del agua, la detección de fugas es un primer paso lógico. Un programa de detección de fugas puede ser altamente visible, animando a las personas a pensar acerca de la conservación del agua antes que se les pida tomar acción para reducir sus propios niveles de consumo de agua.

La junta administradora de agua Sumak-Yaku da servicio a aproximadamente 9300 usuarios de las 8 comunidades por lo que al realizar esta detección de fugas resulta de alto impacto social.

Este proyecto está estructurado en seis capítulos que en una forma clara y ordenada concluyen en un dispositivo versátil que fácilmente se adecua a las necesidades de la junta administradora de agua potable Sumak Yaku, y que puede adecuarse a cualquier otro sistema de bombeo de agua.

CAPÍTULO 1. AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO

En este capítulo se iniciará con un estudio breve de las fuentes de agua, de los procesos básicos de un sistema de distribución de agua para el consumo humano, además de los componentes de la red de distribución, también se conocerá el posible impacto que provoca un sistema de abastecimiento de agua potable en la productividad del suelo, en el habitat, y en el ambiente en general.

1.1 ORIGEN DEL AGUA

Los sistemas de abastecimiento de agua potable se pueden clasificar por la fuente de agua de la que se obtienen:

- Agua de lluvia almacenada en aljibes. Esta no necesariamente forma parte de un aljibe, ya que estos actualmente en las zonas urbanas son construidos.
- Agua proveniente de manantiales naturales, donde el agua subterránea aflora a la superficie;
- Agua subterránea, captada a través de pozos o galerías filtrantes;
- Agua superficial (lleva un previo tratamiento), proveniente de ríos, arroyos, embalses o lagos naturales;
- Agua de mar.

Según el origen del agua, para transformarla en agua potable deberá ser sometida a tratamientos, que van desde la simple desinfección y filtración, hasta la desalinización.

1.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

El sistema de abastecimiento de agua potable más complejo, que es el que utiliza aguas superficiales, consta de cinco partes principales:

- Almacenamiento de agua bruta;
- Captación;
- Tratamiento;
- Almacenamiento de agua tratada;
- Red de distribución abierta

1.2.1 ALMACENAMIENTO DE AGUA BRUTA

El almacenamiento de agua bruta se hace necesario cuando la fuente de agua no tiene un caudal suficiente durante todo el año para suplir la cantidad de agua

necesaria. Para almacenar el agua de los ríos o arroyos que no garantizan en todo momento el caudal necesario se construyen embalses.

En los sistemas que utilizan agua subterránea, el acuífero funciona como un gran tanque de almacenamiento, la mayoría de las veces con recarga natural, sin embargo hay casos en que la recarga de los acuíferos se hace por medio de obras hidráulicas especiales.

1.2.2 CAPTACIÓN

La captación de un manantial debe hacerse con todo cuidado, protegiendo el lugar de afloramiento de posibles contaminaciones, delimitando un área de protección cerrada, además se debe cuidar la salida de agua, (comúnmente se lo conoce con el nombre de ojo de agua) de no causar sobrepresión porque podría perderse.

La captación de las agua superficiales se hace a través de las bocatomas, en algunos casos se utilizan galerías filtrantes paralelas al curso de agua para captar las aguas que resultan así con un filtrado preliminar.

La captación de las aguas subterráneas se hace a través de pozos o galerías filtrantes.

1.2.3 TRATAMIENTO

El tratamiento del agua para hacerla potable es la parte más delicada del sistema. El tipo de tratamiento es muy variado en función de la calidad del agua bruta. Una planta de tratamiento de agua potable completa generalmente consta de los siguientes componentes:

- Reja para la retención de material grueso, tanto flotante como de arrastre de fondo;
- Desarenador, para retener el material en suspensión de tamaño fino;
- Floculadores, donde se adicionan químicos que facilitan la decantación de sustancias en suspensión coloidal y materiales muy finos en general;
- Decantadores, o sedimentadores que separan una parte importante del material fino;
- Filtros, que terminan de retirar el material en suspensión;
- Dispositivo de desinfección.

1.2.4 ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA

El almacenamiento del agua tratada tiene la función de compensar las variaciones horarias del consumo, y almacenar un volumen estratégico para situaciones de emergencia, como por ejemplo incendios. Existen dos tipos de tanques para agua tratada, tanques apoyados en el suelo y tanques elevados, cada uno dotado de dosificador o hipoclorador para darle el tratamiento y volverla apta para el consumo humano

1.2.5 RED DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución se inicia en la primera casa de la comunidad; la línea de distribución se inicia en el tanque de agua tratada y termina en la primera vivienda del usuario del sistema. Consta de:

1.2.5.1 Estaciones de bombeo;

Las estaciones de bombeo son estructuras destinadas a elevar un fluido desde un nivel energético inicial a un nivel energético mayor. Su uso es muy extendido en los varios campos de la ingeniería, así, se utilizan en:

- Redes de abastecimiento de agua potable, donde su uso es casi obligatorio, salvo en situaciones de centros poblados próximos de cadenas montañosas, con manantiales situados a una cota mayor;
- Red de alcantarillado, cuando los centros poblados se sitúan en zonas muy planas, para evitar que las alcantarillas estén a profundidades mayores a los 4 - 5 m;
- Sistema de riego, en este caso son imprescindibles si el riego es con agua de pozos no artesanos
- Sistema de drenaje, cuando el terreno a drenar tiene una cota inferior al recipiente de las aguas drenadas;
- En muchas plantas de tratamiento tanto de agua potable como de aguas servidas, cuando no puede disponerse de desniveles suficientes en el terreno;
- Un gran número de plantas industriales.

Generalmente las estaciones de bombeo constan de las siguientes partes:

- Rejas
- Cámara de succión
- Las bombas propiamente dichas
- Línea de impulsión.
- Servicios auxiliares:
 - Dispositivos de protección contra el golpe de ariete;
 - Línea de alimentación de energía eléctrica o instalación para almacenamiento de combustible;
 - Sistema de monitoreo y telecomunicaciones

1.2.5.2 Tuberías principales, secundarias y terciarias.

La tubería es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos. Se suele elaborar con materiales muy diversos. Cuando el líquido transportado es petróleo, se utiliza la denominación específica de oleoducto. Cuando el fluido transportado es gas, se utiliza la denominación específica de

gasoducto. También es posible transportar mediante tubería materiales que, si bien no son un fluido, se adecúan a este sistema: hormigón, cemento, cereales, documentos encapsulados, etc.

Hay tres métodos de fabricación de tubería.

- Sin costura (sin soldadura). La tubería se forma a partir de un lingote cilíndrico el cual es calentado en un horno antes de la extrusión. En la extrusión se le deforma con rodillos y posteriormente se hace el agujero mediante un penetrador. La tubería sin costura es la mejor para la contención de la presión gracias a su homogeneidad en todas sus direcciones. Además es la forma más común de fabricación y por tanto la más comercial.
- Con costura longitudinal. Se parte de una lámina de chapa la cual se dobla dándole la forma a la tubería. La soldadura que une los extremos de la chapa doblada cierra el cilindro. Por tanto es una soldadura recta que sigue toda una generatriz. Variando la separación entre los rodillos se obtienen diferentes curvas y con ello diferentes diámetros de tubería. Esta soldadura será la parte más débil de la tubería y marcará la tensión máxima admisible.
- Con soldadura helicoidal (o en espiral). La metodología es la misma que el punto anterior con la salvedad de que la soldadura no es recta sino que recorre la tubería siguiendo la tubería como si fuese roscada.

Las tuberías se construyen en diversos materiales en función de consideraciones técnicas y económicas. Suele usarse el hierro fundido, acero, latón, cobre, plomo, hormigón, polipropileno, PVC, polietileno de alta densidad (PEAD), etc.

Actualmente, los materiales más comunes con los que se fabrican tubos para la conducción de agua son: cobre, PVC, polipropileno, PEAD y acero.

Los materiales más comunes para el desalojo de aguas servidas son: hierro fundido, PVC, hormigón o fibrocemento. Los nuevos materiales que están reemplazando a los tradicionales son el PEAD (Polietileno de Alta Densidad) y PP (Polipropileno), que presentan una mayor resistencia frente a ácidos, bases y alcoholes, tiene una baja conductividad eléctrica, no es atacada en ninguna forma por la corrosión, es resistente a movimientos sísmicos, alta resistencia mecánica y ductilidad, es de menor costo de adquisición e instalación y lo mejor de todo es que son productos reciclables, todo esto converge a una larga vida útil.

Para gas suelen ser de cobre o acero (dúctil o laminar según las presiones aplicadas), dependiendo del tipo de instalación, aunque si son de un material metálico es necesario realizar una conexión a la red de toma de tierra. También se están comenzando a hacer de PRFV en el caso de tuberías de conducción con requerimientos térmicos y mecánicos menos exigentes que además soportan altas presiones

En la industria por ejemplo en el transporte de vapor de alta energía se emplea acero aleado con cromo y molibdeno.

Para grandes caudales de agua (refrigeración) se emplea hierro fundido dúctil (hasta 2m de diámetro) o acero al carbono. En el caso de la última, la tubería se fabrica a partir de chapa doblada que posteriormente es soldada (tubería con costura).

En el ámbito de la producción de energía hidráulica se las llama tubería forzada.

Dada la variedad de productos transportados se encuentran materiales muy distintos para atender a las necesidades de corrosión, temperatura y presión. Cabe reseñar materiales como el Monel o el Inconel para productos muy corrosivos.

1.3 IMPACTO AMBIENTAL DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Los proyectos de agua potable incluyen los siguientes elementos: la construcción, expansión o rehabilitación de represas y reservorios, pozos y estructuras receptoras, tuberías principales de transmisión y estaciones de bombeo, obras de tratamiento y sistemas de distribución; las provisiones para la operación y mantenimiento de cualquiera de las instalaciones arriba mencionadas; el establecimiento o fortalecimiento de las funciones de colocación de medidores, facturación y colección de pagos; y el fortalecimiento administrativo global de la empresa de agua potable.

Si bien un sistema de abastecimiento de agua potable tiene sin lugar a dudas un impacto sumamente positivo en la salud y el bienestar de muchas personas, la construcción de sus diversos componentes acarrea, potencialmente, algunos problemas que son los siguientes:

1.3.1 MANEJO DE RECURSOS TERRESTRES E HIDRÁULICOS

Los impactos ambientales directos e inmediatos de estas alteraciones pueden ser agrupadas en cuatro categorías.

1.3.1.1 Pérdida del hábitat

Cualquiera de las actividades de construcción se proyectará en la pérdida del hábitat. La gravedad del impacto depende del tipo de hábitat a ser convertido, así como la manera en que ha de realizarse la conversión.

1.3.1.2 Pérdida de la productividad del suelo

Afloramiento de sal en terrenos con deficiencia de drenaje. Determinados suelos de bosque, al ser desprovistos de su cubierta natural, sufren lateralización o se hacen propensos a la rápida erosión, volviéndose esencialmente improductivos. También reduce su productividad la eliminación del humus durante la nivelación.

1.3.1.3 Hidrología modificada

El desmonte, aplanamiento, relleno, pavimentación o construcción de edificios alteran las configuraciones superficiales de aflujo y filtración. Los resultados incluyen la formación localizada de estanques e inundaciones, una mayor frecuencia o magnitud de éstas últimas aguas abajo, una baja en el nivel freático, la disminución de la recarga del agua subterránea y el aumento de flujos reducidos en los arroyo

1.3.1.4 Contaminación del suelo

El suelo puede ser contaminado mediante la salinización si los sistemas de riego no son diseñados y operados correctamente. Puede ser contaminado por la eliminación de desechos peligrosos u operación inapropiada de los sistemas de eliminación de los desechos sólidos y las aguas servidas dentro de la tierra.

1.3.1.5 Desmonte de la tierra (deforestación)

Manejo posterior al desmonte, las prácticas inapropiadas de manejo posterior al desmonte, como el no estercolar la tierra, el no emplear prácticas de conservación del suelo y la quema repetida, a menudo han resultado en la reducción de la fertilidad del suelo hasta el punto en que la producción económica agrícola no puede ser sostenida. El abandono y la infestación de montes son los resultados finales.

CAPÍTULO 2. DETECCIÓN DE FUGAS

Este capítulo nos muestra los dispositivos de detección de fugas más representativos que existen en el mercado, contiene los parámetros físicos y químicos del fluido, también, el estudio de parámetros ambientales y parámetros técnicos de la zona objeto de este proyecto, estado de grupos moto-bombas e información necesaria de irradiación solar en Ecuador y componentes para generación de energía eléctrica fotovoltaica con el fin de obtener referencias para el diseño del dispositivo de detección de fugas que se ajuste a las necesidades.

2.1 DETECTORES DE FUGA EN EL MERCADO

En el mercado existen varias firmas que comercializan detectores de fugas de agua, existen varios métodos para detectar fugas por ejemplo los geófonos, las cámaras TV de inspección, cámaras termográficas, gas trazador, presión hidrostática, etc. de los cuales los más destacados y comercializados son los que se fundamentan en el principio de ultrasonido. Con un costo que varía dependiendo del método que usan, estos dispositivos son complicados de utilizar, necesitan de un técnico especializado además si bien ayudan a encontrar la fuga, el proceso es netamente manual puesto que para encontrar la fuga es necesario que el operador del instrumento recorra la tubería por lo que el proceso se torna lento e ineficiente para nuestros requerimientos.

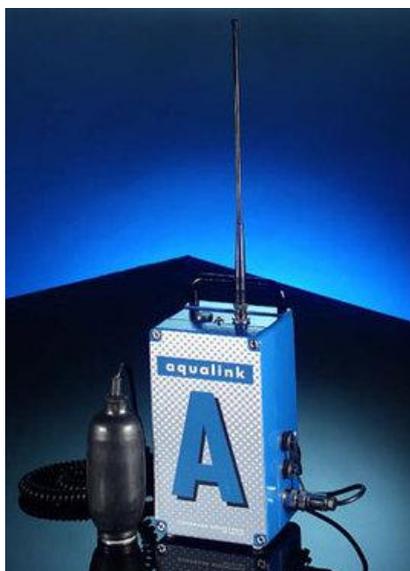


Figura 2.2 Detector por ultrasonido



Figura 2.1 Detector acústico

Sin embargo resultan muy precisos al momento de encontrar el punto exacto de la falla, por lo que se puede recomendar como un complemento para este proyecto.

2.2 PARÁMETROS DEL FLUÍDO

2.2.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA

- 1) Estado físico: sólida, líquida y gaseosa
- 2) Color: incolora
- 3) Sabor: insípida
- 4) Olor: inodoro
- 5) Densidad: 1 g. /c.c. a 4°C
- 6) Punto de congelación: 0°C
- 7) Punto de ebullición: 100°C
- 8) Presión crítica: 217,5 atm.
- 9) Temperatura crítica: 374°C

El agua químicamente pura es un líquido inodoro e insípido; incoloro y transparente en capas de poco espesor, toma color azul cuando se mira a través de espesores de seis y ocho metros, porque absorbe las radiaciones rojas. Sus constantes físicas sirvieron para marcar los puntos de referencia de la escala termométrica Centígrada. A la presión atmosférica de 760 milímetros el agua hierve a temperatura de 100°C y el punto de ebullición se eleva a 374°, que es la temperatura crítica a que corresponde la presión de 217,5 atmósferas; en todo caso el calor de vaporización del agua asciende a 539 calorías/gramo a 100°.

Mientras que el hielo funde en cuanto se calienta por encima de su punto de fusión, el agua líquida se mantiene sin solidificarse algunos grados por debajo de la temperatura de cristalización (agua subenfriada) y puede conservarse líquida a

-20° en tubos capilares o en condiciones extraordinarias de reposo. La solidificación del agua va acompañada de desprendimiento de 79,4 calorías por cada gramo de agua que se solidifica. Cristaliza en el sistema hexagonal y adopta formas diferentes, según las condiciones de cristalización.

A consecuencia de su elevado calor específico y de la gran cantidad de calor que pone en juego cuando cambia su estado, el agua obra de excelente regulador de temperatura en la superficie de la Tierra y más en las regiones marinas.

El agua se comporta anormalmente; su presión de vapor crece con rapidez a medida que la temperatura se eleva y su volumen ofrece la particularidad de ser mínimo a la de 4°. A dicha temperatura la densidad del agua es máxima, y se ha tomado por unidad. A partir de 4° no sólo se dilata cuando la temperatura se eleva, sino también cuando se enfría hasta 0°: a esta temperatura su densidad es 0,99980 y al congelarse desciende bruscamente hacia 0,9168, que es la densidad del hielo a 0°, lo que significa que en la cristalización su volumen aumenta en un 9 por 100.

Las propiedades físicas del agua se atribuyen principalmente a los enlaces por puente de hidrógeno, los cuales se presentan en mayor número en el agua sólida, en la red cristalina cada átomo de la molécula de agua está rodeado tetraédricamente por cuatro átomos de hidrógeno de otras tantas moléculas de agua y así sucesivamente es como se conforma su estructura. Cuando el agua sólida (hielo) se funde la estructura tetraédrica se destruye y la densidad del agua líquida es mayor que la del agua sólida debido a que sus moléculas quedan más cerca entre sí, pero sigue habiendo enlaces por puente de hidrógeno entre las moléculas del agua líquida. Cuando se calienta agua sólida, que se encuentra por debajo de la temperatura de fusión, a medida que se incrementa la temperatura por encima de la temperatura de fusión se debilita el enlace por puente de hidrógeno y la densidad aumenta más hasta llegar a un valor máximo a la temperatura de 3.98°C y una presión de una atmósfera. A temperaturas mayores de 3.98 °C la densidad del agua líquida disminuye con el aumento de la temperatura de la misma manera que ocurre con los otros líquidos.

2.2.2 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL AGUA

- Reacciona con los óxidos ácidos
- Reacciona con los óxidos básicos
- Reacciona con los metales
- Reacciona con los no metales
- Se une en las sales formando hidratos
- Los anhídridos u óxidos ácidos reaccionan con el agua y forman ácidos oxácidos.
- Los óxidos de los metales u óxidos básicos reaccionan con el agua para formar hidróxidos. Muchos óxidos no se disuelven en el agua, pero los óxidos de los metales activos se combinan con gran facilidad.
- Algunos metales descomponen el agua en frío y otros lo hacían a temperatura elevada.
- El agua reacciona con los no metales, sobre todo con los halógenos, por ej.: Haciendo pasar carbón al rojo sobre el agua se descompone y se forma una mezcla de monóxido de carbono e hidrógeno (gas de agua).
- El agua forma combinaciones complejas con algunas sales, denominándose hidratos.

En algunos casos los hidratos pierden agua de cristalización cambiando de aspecto, y se dice que son eflorescentes, como le sucede al sulfato cúprico, que cuando está hidratado es de color azul, pero por pérdida de agua se transforma en sulfato cúprico anhidro de color blanco.

Por otra parte, hay sustancias que tienden a tomar el vapor de agua de la atmósfera y se llaman hidrófilas y también higroscópicas; la sal se dice entonces que delicuesce, tal es el caso del cloruro cálcico.

El agua es un compuesto tan versátil principalmente debido a que el tamaño de su molécula es muy pequeño, a que su molécula es buena donadora de pares de electrones, a que forma puentes de hidrógeno entre sí y con otros compuestos que tengan enlaces como: N-H, O-H y F-H, a que tiene una constante dieléctrica

muy grande y a su capacidad para reaccionar con compuestos que forman otros compuestos solubles.

El agua es, quizá el compuesto químico más importante en las actividades del hombre y también más versátil, ya que como reactivo químico funciona como ácido, álcali, ligando, agente oxidante y agente reductor.

2.3 COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE LOS FLUIDOS

2.3.1 FLUIDOS IDEALES

El movimiento de un fluido real es muy complejo. Para simplificar su descripción consideremos el comportamiento de un fluido ideal cuyas características son las siguientes:

- Fluido no viscoso. Se desprecia la fricción interna entre las distintas partes del fluido
- Flujo estacionario. La velocidad del fluido en un punto es constante con el tiempo
- Fluido incompresible. La densidad del fluido permanece constante con el tiempo
- Flujo irrotacional. No presenta torbellinos, es decir, no hay momento angular del fluido respecto de cualquier punto.

2.3.1.1 Ecuación de la continuidad

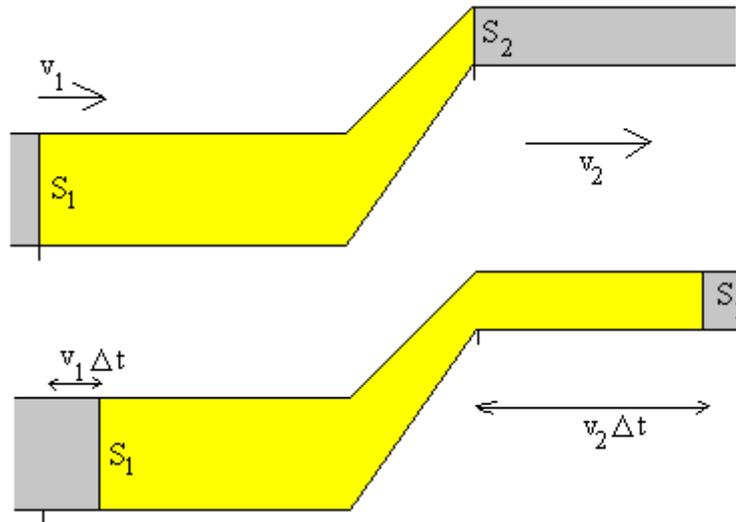


Figura 2.3 Gráfica representativa ecuación de la continuidad

Consideremos una porción de fluido en color amarillo en la figura, el instante inicial t y en el instante $t + \Delta t$.

En un intervalo de tiempo Δt la sección S_1 que limita a la porción de fluido en la tubería inferior se mueve hacia la derecha $\Delta x_1 = v_1 \Delta t$. La masa de fluido desplazada hacia la derecha es

$$-\Delta m_1 = \rho * S_1 \Delta x_1 = \rho * S_1 v_1 \Delta t \quad \text{Ecuación 1}$$

Análogamente, la sección S_2 que limita a la porción de fluido considerada en la tubería superior se mueve hacia la derecha $\Delta x_2 = v_2 \Delta t$. en el intervalo de tiempo Δt . La masa de fluido desplazada es $\Delta m_2 = \rho S_2 v_2 \Delta t$. Debido a que el flujo es estacionario la masa que atraviesa la sección S_1 en el tiempo Δt , tiene que ser igual a la masa que atraviesa la sección S_2 en el mismo intervalo de tiempo. Luego

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 \quad \text{Ecuación 2}$$

Esta relación se denomina ecuación de continuidad.

En la figura, el radio del primer tramo de la tubería es el doble que la del segundo tramo, luego la velocidad del fluido en el segundo tramo es cuatro veces mayor que en el primero.

2.3.1.2 Ecuación de Bernoulli

Evaluemos los cambios energéticos que ocurren en la porción de fluido señalada en color amarillo, cuando se desplaza a lo largo de la tubería. En la figura, se señala la situación inicial y se compara la situación final después de un tiempo Δt . Durante dicho intervalo de tiempo, la cara posterior S_2 se ha desplazado $v_2 \Delta t$ y la cara anterior S_1 del elemento de fluido se ha desplazado $v_1 \Delta t$ hacia la derecha.

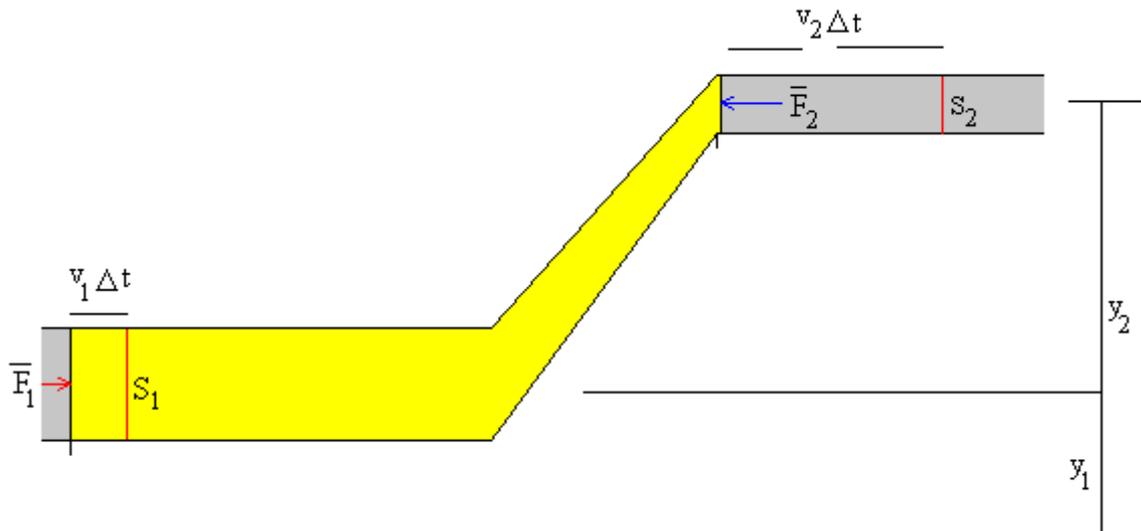


Figura 2.4 Gráfica representativa ecuación de Bernoulli

El elemento de masa Δm se puede expresar como:

$$\Delta m = \rho S_2 v_2 \Delta t = \rho S_1 v_1 \Delta t = \rho \Delta V \quad \text{Ecuación 3}$$

Comparando la situación inicial en el instante t y la situación final en el instante $t + \Delta t$. Observamos que el elemento Δm incrementa su altura, desde la altura y_1 a la altura y_2

La variación de energía potencial es:

$$\Delta E_p = \Delta m \cdot g \cdot y_2 - \Delta m \cdot g \cdot y_1 = \Delta V \cdot (y_2 - y_1) \cdot g \quad \text{Ecuación 4}$$

El elemento Δm cambia su velocidad de v_1 a v_2 ,

La variación de energía cinética es:

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} \Delta m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \Delta m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \rho \cdot \Delta V \cdot (v_2^2 - v_1^2) \quad \text{Ecuación 5}$$

El resto del fluido ejerce fuerzas debidas a la presión sobre la porción de fluido considerado, sobre su cara anterior y sobre su cara posterior $F_1 = p_1 S_1$ y $F_2 = p_2 S_2$.

La fuerza F_1 se desplaza $\Delta x_1 = v_1 \Delta t$. La fuerza y el desplazamiento son del mismo signo

La fuerza F_2 se desplaza $\Delta x_2 = v_2 \Delta t$. La fuerza y el desplazamiento son de signos contrarios.

El trabajo de las fuerzas exteriores es:

$$W_{ext} = F_1 \cdot \Delta x_1 - F_2 \cdot \Delta x_2 = (p_1 - p_2) \cdot \Delta V \quad \text{Ecuación 6}$$

El teorema del trabajo-energía nos dice que el trabajo de las fuerzas exteriores que actúan sobre un sistema de partículas modifica la energía del sistema de partículas, es decir, la suma de las variaciones de la energía cinética y la energía potencial del sistema de partículas

$$W_{ext} = E_f - E_i = (E_k + E_p)_f - (E_k + E_p)_i = \Delta E_k + \Delta E_p \quad \text{Ecuación 7}$$

Simplificando el término ΔV y reordenando los términos obtenemos la ecuación de Bernoulli

$$p_1 + \rho g y_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \rho g y_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad \text{Ecuación 8}$$

2.4 PARÁMETROS DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN.

Inicialmente el sistema de bombeo y almacenamiento de agua tiene varios inconvenientes, al estar atravesando varios terrenos en los que se desarrolla la actividad agrícola y por los que transita maquinaria pesada, el sistema está sometido a constantes fisuras y en el peor de los casos rupturas de sus tuberías, por otra parte las tuberías antiguas y pobremente construidas, el inadecuado control de la corrosión, el mantenimiento pobre de válvulas y el daño mecánico son algunos de los factores contribuyentes a las fugas. Una consecuencia de la fuga de agua, aparte de la pérdida de los recursos de agua y de las pérdidas por costos operativos, es la reducción de la presión en el sistema de abastecimiento, normalmente se trataría de elevar la presión para compensarlo aunque esto empeoraría las fugas, sin embargo no es posible porque este sistema no dispone de funciones de regulación de parámetros y trabaja con sus bombas a la máxima capacidad.

2.4.1 PARÁMETROS DE LA TUBERÍA DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN.

Se divide en dos tramos

Tabla 2.1 Parámetros de las tuberías del sistema

	Primer tramo		Segundo tramo	
Longitud	218m	170m	200m	252m
Diámetro	200mm	200mm	150mm	150mm
Material	ACERO	PVC	Hierro HG	PVC

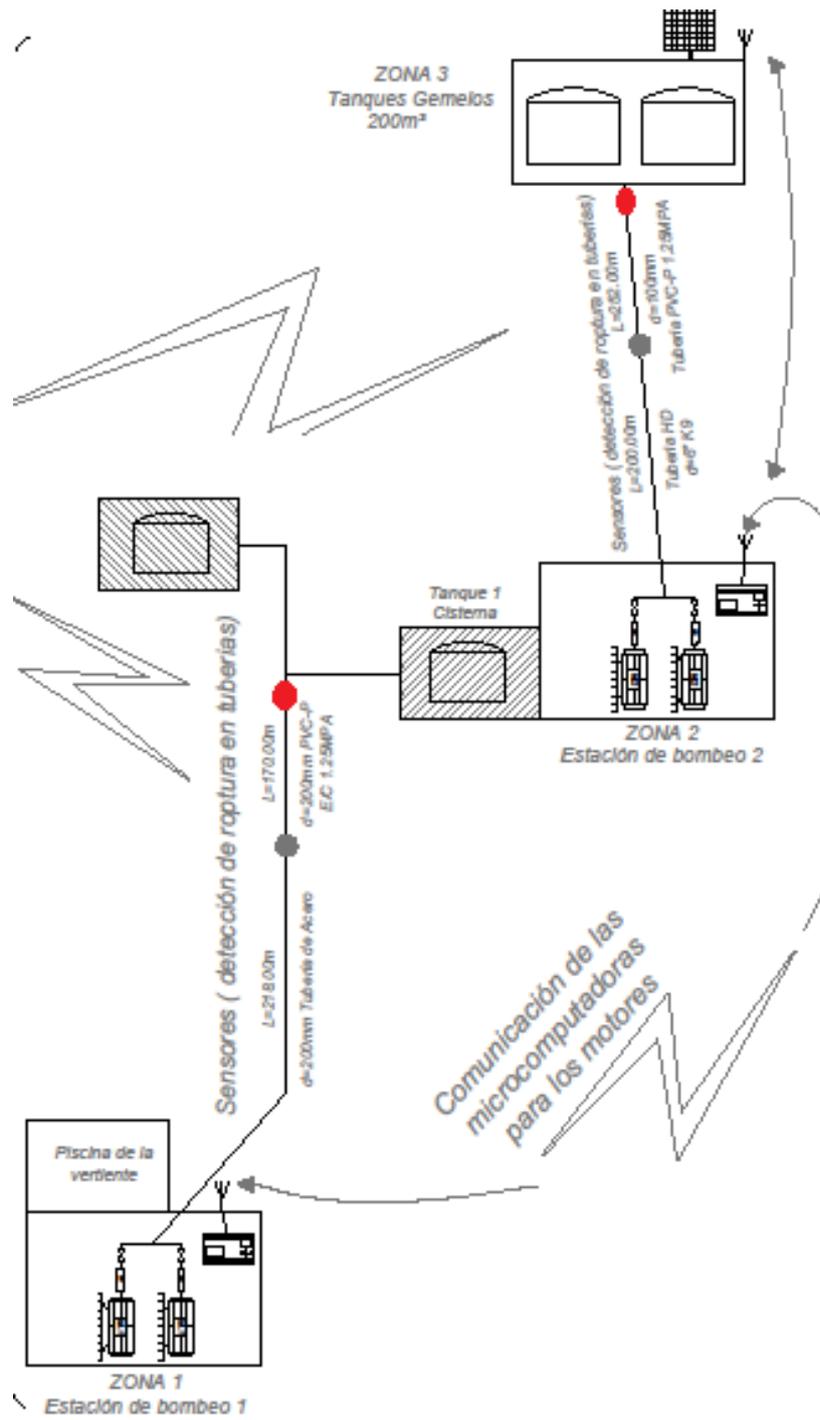


Figura 2.5 Plano representativo

2.4.2 PRESIÓN DEL SISTEMA

Las tuberías seleccionadas están diseñadas para resistir 12.5MPa ó 1812.9PSI de acuerdo con el fabricante, sin embargo la presión manométrica máxima observada a la salida de las bombas es aproximadamente 195 Psi que es la presión con la que trabajan.

2.4.3 DISPOSICIÓN GEOGRÁFICA DEL SISTEMA

A orillas de lago San Pablo en el cantón Otavalo se encuentra la comunidad de Araque, en donde existen varias vertientes de agua, en la vertiente más representativa ubicada en las coordenadas $0^{\circ} 12'32''N$ $78^{\circ} 12'25''W$ (ver *Figura 2.6*) se construyó una piscina recolectora y se ubicaron dos bombas (ver *Figura 2.7*), con ellas se eleva el fluido hasta dos tanques reservorios ubicados 91m sobre este nivel en las coordenadas $0^{\circ} 12' 43''N$ $78^{\circ} 12' 30''W$, en este sitio se ubica un dispositivo de detección de fugas, este cubrirá el primer tramo de tubería que va desde las bombas de la vertiente hasta la bifurcación en Y de desfogue a los tanques intermedios (Zona 2, Ver *Figura 2.5* en punto rojo), aquí tenemos dos bombas más (Ver *Figura 2.8*) con las que se eleva el fluido hasta otros dos tanques reservorios llamados "Tanques Gemelos" (Ver *Figura 2.9*) ubicados 116 m más arriba en las coordenadas $0^{\circ} 12' 51''N$ $78^{\circ} 12' 18''W$, en este punto no se cuenta con energía eléctrica de la red pública, aquí se ubica otro dispositivo de detección de fugas, este cubrirá el segundo tramo de tubería que va desde las bombas de la zona 2 hasta la salida a los tanques gemelos (Zona 3, Ver *Figura 2.5* en el punto rojo), en esta parte en vista de que no llega la energía eléctrica de la red pública, para poder alimentar a los equipos, se instala un sistema de generación fotovoltaica que es la fuente de energía más adecuada por las condiciones naturales de la zona.



Figura 2.6 Piscina recolectora en vertiente de agua



Figura 2.7 Grupos motor-bomba en la vertiente de Araque



Figura 2.8 Grupos motor-bomba estación dos



Figura 2.9 Tanques Gemelos

2.5 ESTADO DE MOTORES Y BOMBAS

Los motores eléctricos de la estación uno (vertiente) son de 300KW cada uno (ver *Figura 2.7*) y los motores eléctricos de la estación dos son de 200KW cada uno.

2.5.1 ESTADO MECÁNICO Y ELÉCTRICO

Presenta fugas en los sellos mecánicos prensa estopa, en las cuatro bombas (estación 1 y estación 2)

Tienen buen aspecto, no están corroídas

Los parámetros eléctricos del motor son:

Tabla 2.2 Parámetros eléctricos de los motores

Estación 1 (dos motores iguales)	
Potencia	300KW
Fp	85.5
Voltaje	460V
Frecuencia de trabajo	60Hz
Estación 2 (dos motores iguales)	
Potencia	90 KW
Fp	85.5
Voltaje	460V
Frecuencia de trabajo	60Hz

2.6 PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SENSORES

Los sensores que van a colocarse estarán funcionando bajo las siguientes condiciones:

Tabla 2.3 Parámetros de trabajo de los sensores

Parámetros físicos	
Presión máxima	14 bar
Temperatura ambiente mínima	1 °C
Temperatura ambiente máxima	25 °C
Humedad Relativa promedio	Entre 76% y 79%
Altura (msnm)	Entre 2300 y 2500
Biodiversidad	Flora y Fauna controladas
Alimentación Solar	
Radiación	5450 Wh/m ²
Contaminación	Nula
Ángulo de incidencia solar	De 10 a 160 °C
Parámetros Eléctricos	
Consumo energético tablero	Determinado sig. Cap.

2.7 ENERGÍA SOLAR Y GENERACIÓN ELÉCTRICA

Ecuador se encuentra en una zona privilegiada por los recursos naturales, por lo que tiene un alto potencial para generar energía eléctrica limpia a partir de recursos renovables, existen fundamentalmente tres fuentes de energía: el sol, energía nuclear y geotermia, y finalmente en menor cantidad la energía producida por movimientos lunares. La energía solar directa o indirecta es la fuente principal de energía del planeta, una de estas formas de energía es la radiación solar.

2.7.1 RADIACIÓN SOLAR

La zona de Imbabura presenta una alta incidencia de radiación solar, aproximadamente un promedio anual de insolación global de 5450 Wh/m²/día Ver *Figura 2.10*, de acuerdo al Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica creado por el CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad)

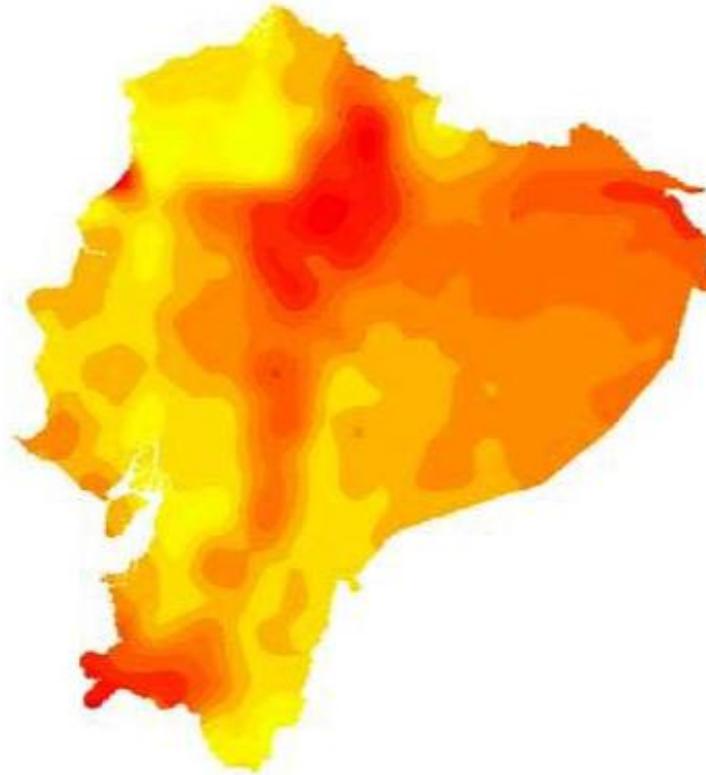


Figura 2.10 Fuente: Atlas de Insolación CIE, 2008

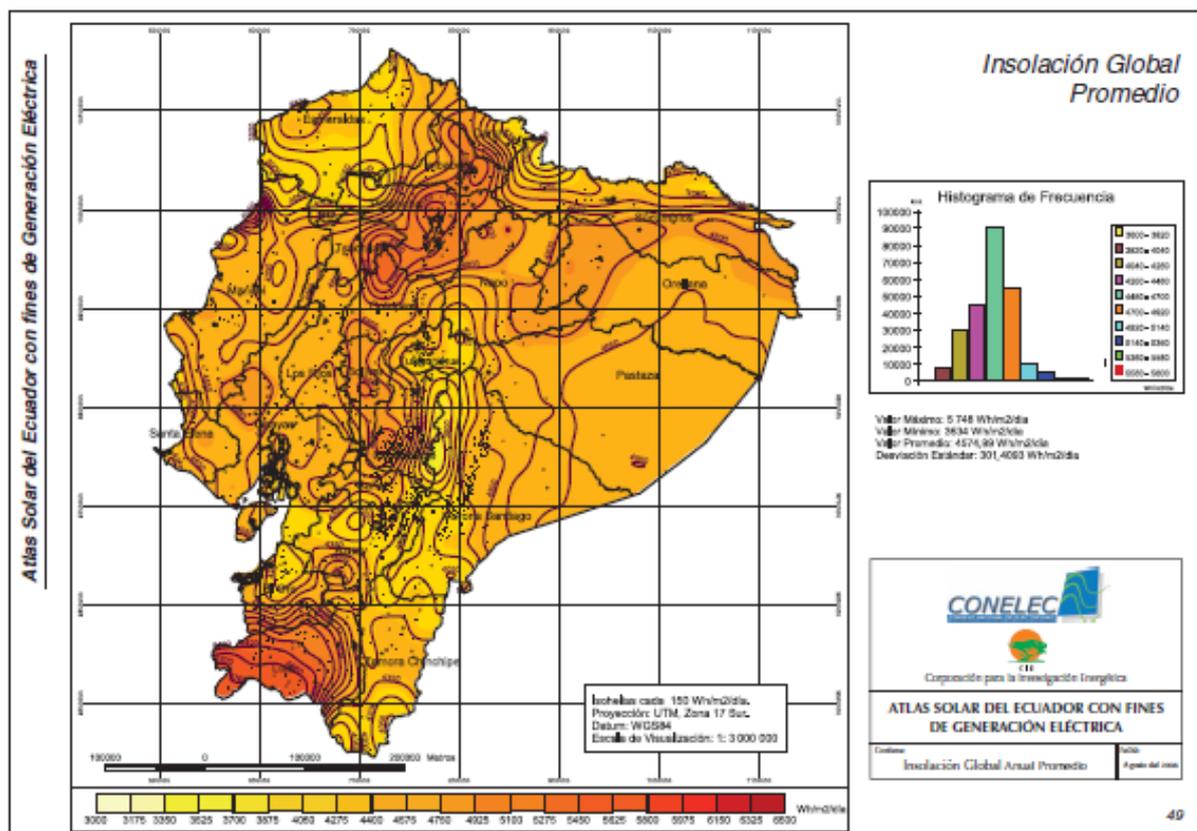


Figura 2.11 Mapa solar del Ecuador, Fuente: Atlas de Insolación CIE, 2008

2.7.2 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DEL SOL

La generación se da lugar por efecto de un fenómeno físico llamado “efecto fotovoltaico”, a través de celdas fotovoltaicas convierte la luz del sol en electricidad. Estas celdas están conformadas en capas por células fotovoltaicas fabricadas de silicio puro con adición de impurezas de boro y fósforo y son capaces de generar cada una corrientes de 2 a 4 amperios, a un voltaje de 0.46 a 0.48 voltios a partir de la radiación luminosa, Una parte de la radiación se pierde por reflexión o por atravesar la celda, sin embargo, la mayor parte de radiación incidente provoca un salto de electrones de una capa a la otra generando una corriente proporcional a la incidencia de radiación.

Para que la energía eléctrica producida pueda ser aprovechada por el hombre, son necesarios varios elementos (ver Figura 2.15):

- Un Generador solar, que son paneles fotovoltaicos, en el mercado se los encuentra en varios valores de potencia y voltaje de trabajo, su costo inicial es muy alto, pero en el tiempo la inversión se justifica.

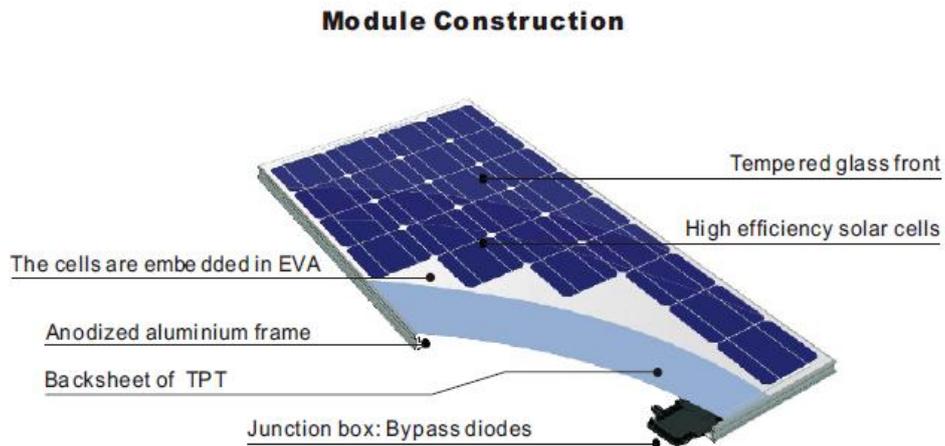


Figura 2.12 Partes de un panel fotovoltaico

- Un acumulador, es un banco de baterías que se encarga de almacenar la energía producida por el generador y en la noche o días nublados cede energía a la carga.



Figura 2.13 Banco de baterías

- Un regulador de carga que protege al acumulador de sobrecargas o grandes descargas asegurando máxima eficiencia.



Figura 2.14 Controlador de carga

- Un inversor que transforma la corriente continua de 12 o 24 V en alterna de 110 o 220 V, este dispositivo es opcional y depende de el requerimiento de los equipos a alimentarse (carga)

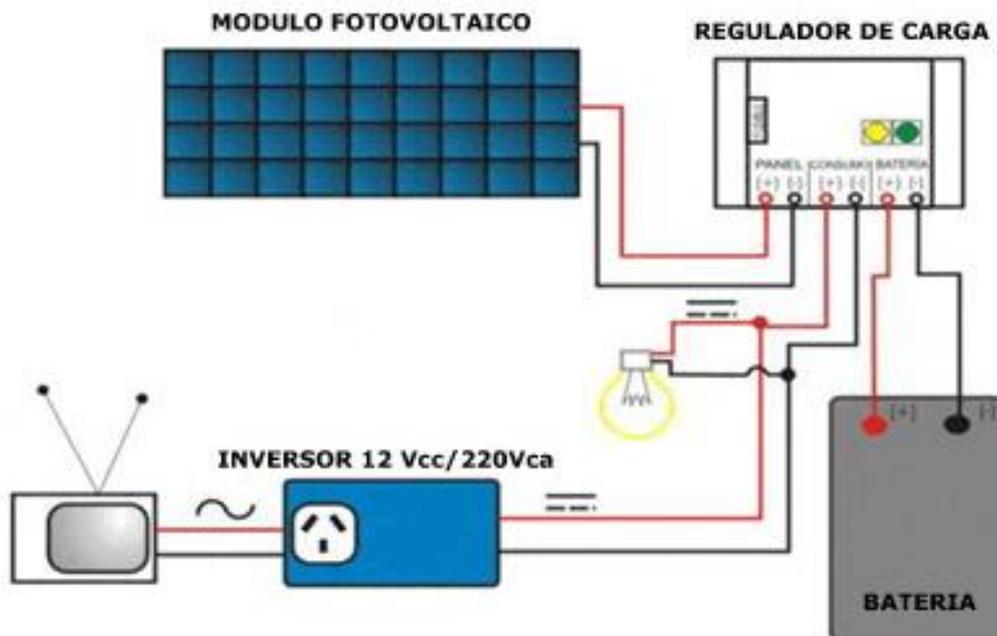


Figura 2.15 Sistema básico e ilustrativo de partes de un sistema solar

CAPÍTULO 3. DISEÑO DE LOS INSTRUMENTOS

En esta parte se diseña el instrumento que responde a los parámetros preestablecidos.

Es necesario diseñar dos instrumentos con ligeras variaciones, que respondan a los distintos ambientes en los que se desempeñan.

Se realiza una descripción de bloques de los dispositivos, para originar el diagrama esquemático electrónico de cada bloque, se dimensiona el sistema de generación eléctrica fotovoltaica y se procede al diseño de las tarjetas de circuito impreso.

El detector propuesto de fuga significativa o ruptura de tubería trabaja fundamentándose en la conservación de presión en un punto a lo largo del tiempo, este instrumento detectara fugas por caída de presión en un ambiente de fluido en movimiento por lo que tiene respuesta inmediata, evitando así pérdidas.

3.1 DESCRIPCION DE BLOQUES DEL DETECTOR DE FUGAS

El detector de fugas se encuentra dividido en módulos de acuerdo a la función que realizan, esto nos permite un mejor análisis y verificación de operación, los módulos se muestran en la *Figura 3.1* y en la *Figura 3.2* Módulos que conforman el detector de fugas de la estación tres

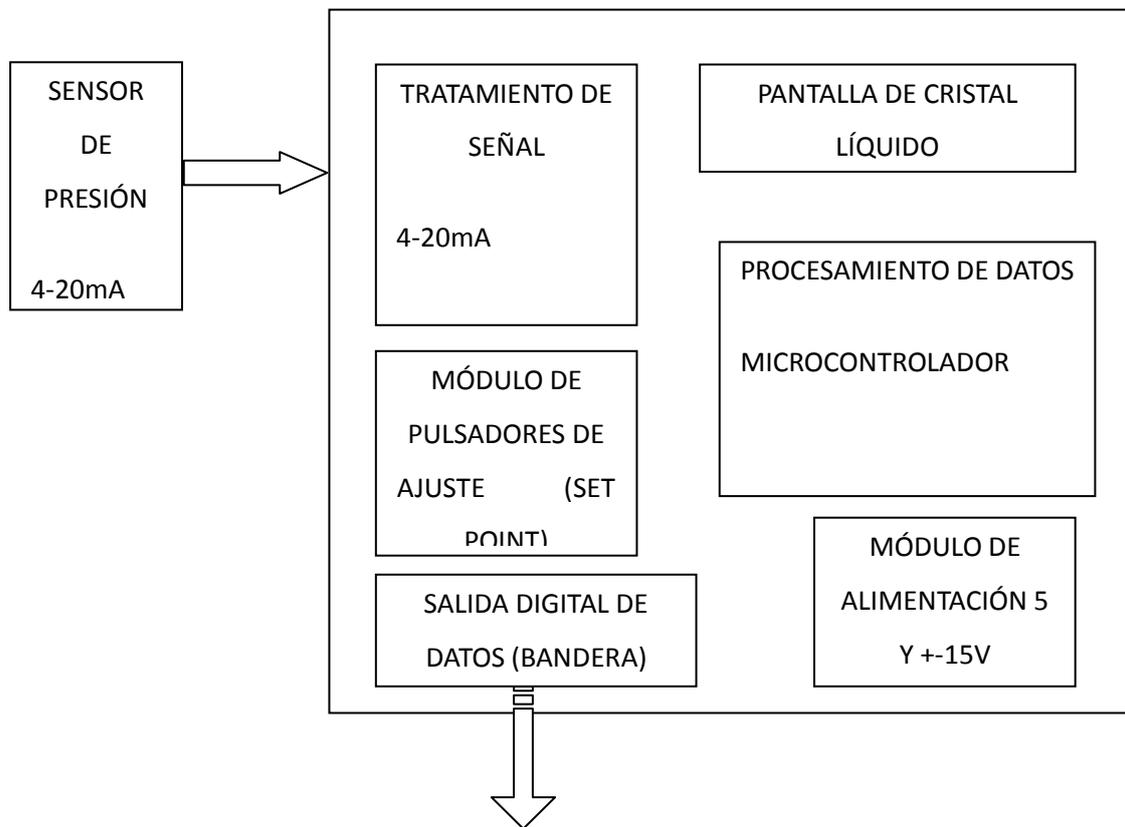


Figura 3.1 Módulos que forman el detector de fugas segunda estación

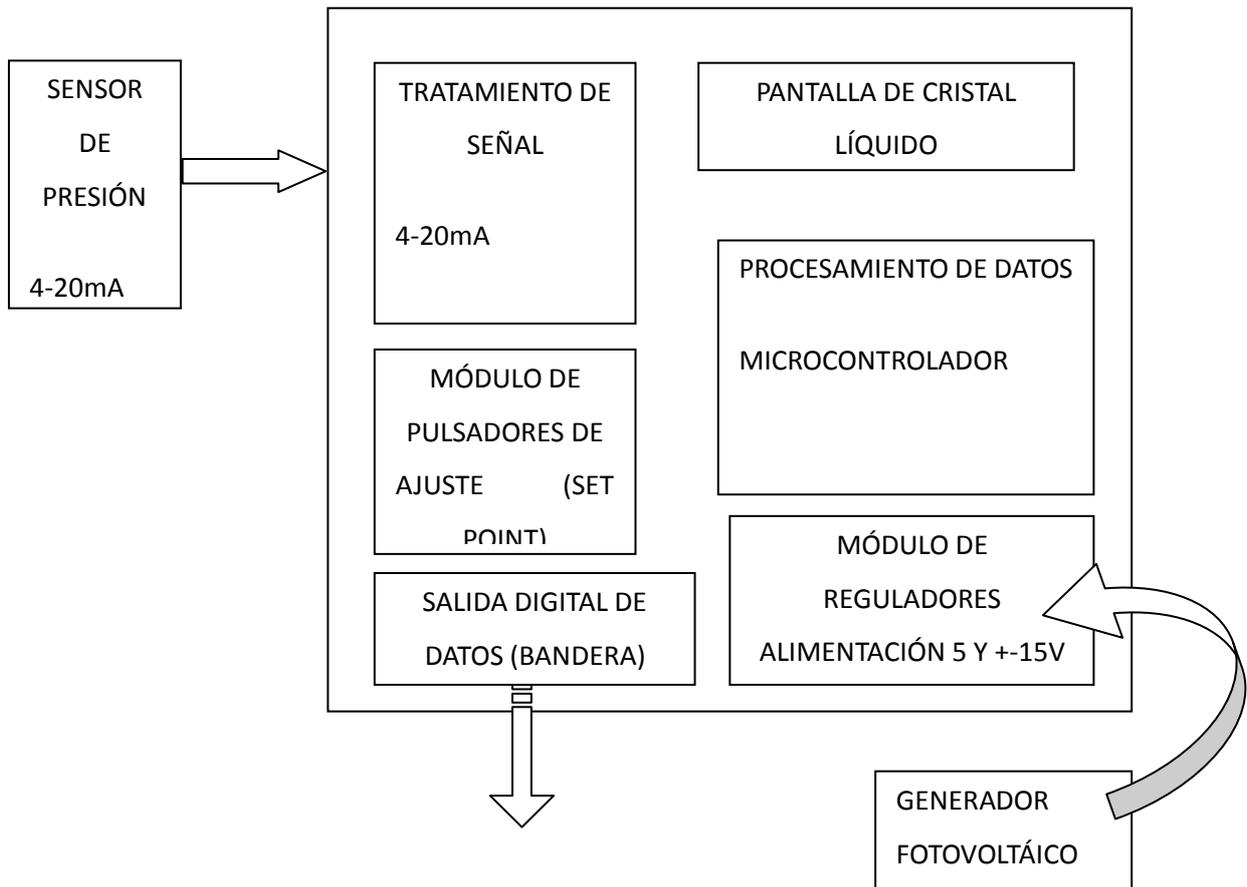


Figura 3.2 Módulos que conforman el detector de fugas de la estación tres

Todos los módulos se encuentran en una sola tarjeta, teniendo fuera de ella únicamente el sensor de presión, la fuente de alimentación y la pantalla de cristal líquido. Los dos dispositivos a instalarse son básicamente similares, su diferencia radica en la entrada de energía eléctrica al módulo de alimentación.

3.2 DIAGRAMAS ESQUEMATICOS ELECTRÓNICOS DEL DETECTOR DE FUGAS

Los diagramas esquemáticos se realizaron en LiveWire y para generar las tarjetas de circuito impreso se usa PCB Wizard.

3.2.1 MODULO DE ALIMENTACIÓN

El módulo de alimentación proporciona los niveles de voltajes necesarios para el funcionamiento del microcontrolador y de los circuitos adicionales. En este módulo, los elementos principales son los reguladores de voltaje LM7805, LM7815, LM7915. (Ver *Figura 3.3*) los mismos que permiten una corriente máxima de 1 A, por lo que también se incluye un transistor de potencia el cual permite incrementar la corriente de salida, además tienen protección térmica.

El módulo de la estación dos es ligeramente diferente al módulo de la estación tres. En la segunda estación la fuente de energía eléctrica es la red pública, se alimenta con 110 V usando dos transformadores de 4 A, uno con 24 V en el bobinado secundario y otro con 12V en el bobinado secundario, se rectifica para obtener corriente continua y se regula para obtener 24V, +15V, -15V y 5V. Cada regulador tiene su disipador de calor y adicionalmente se instaló un ventilador para asegurar un buen desempeño de los reguladores.

En la tercera estación la fuente de energía eléctrica es el sistema de energía solar del cual se obtiene en corriente continua 28V, +16V y -16V, se usan reguladores disipados y un transistor de potencia para obtener los voltajes y corrientes deseados, esta fuente también cuenta con un ventilador pero su activación es controlada por el microcontrolador, se enciende únicamente cuando el dispositivo detector de fugas sale del modo de bajo consumo (modo Sleep).

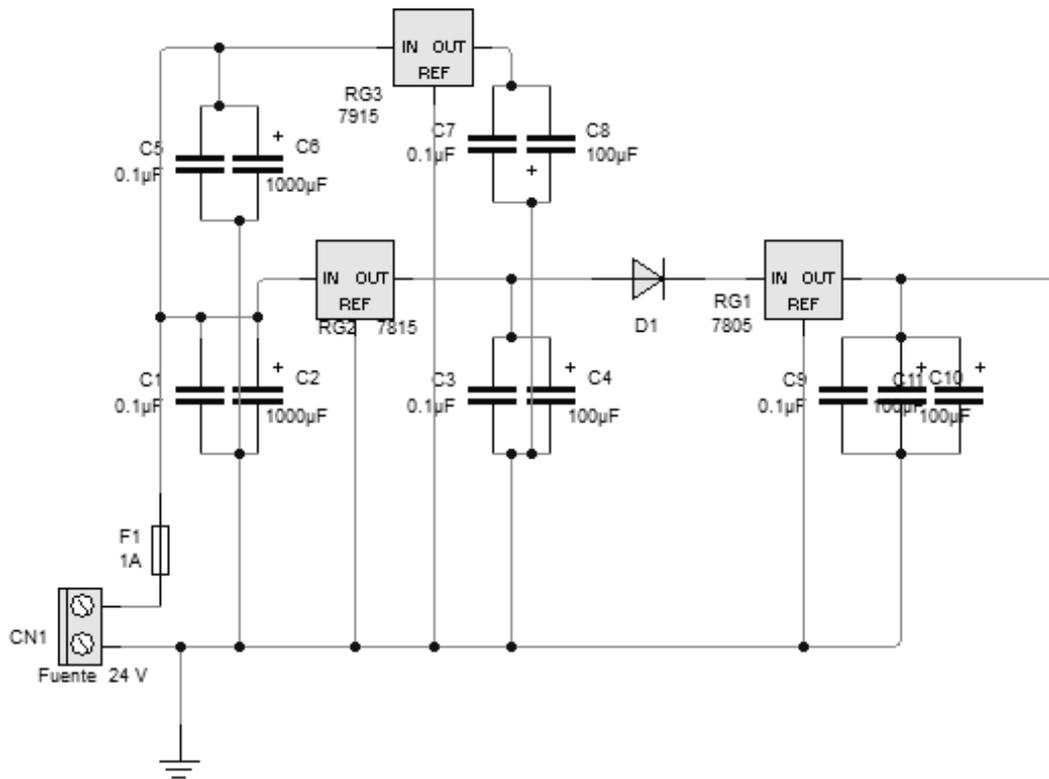


Figura 3.3 Circuito electrónico del módulo de alimentación

Los capacitores a la entrada de los reguladores cancelan inductancias presentes y los capacitores que se encuentran a la salida de los reguladores, mejoran la respuesta transitoria

El Diodo D1 protege al circuito de alimentación contra inversiones de polaridad.

3.2.2 TRANSMISOR DE PRESIÓN

Es un instrumento de fabricación China ver *Figura 3.4*, el modelo es CS-PT 1000, sus características son:

- Measurement Range: 0 to 100 KPa, to 60 MPa
- Pressure Form: Gauge pressure or absolute pressure
- Accuracy 0.5 % F. S. And 0.2 % F. S. (including linearity, repeatability and hysteresis)
- Compensation Temperature: 0 to 70

- Operating Temperature: -40 to 125
- Allowed Overpressure: 1.5 times Full Scale
- Long Term Stability: <0.1% F. S. /year
- Response Time: 10 ms
- Output Signal 4 to 20 mA (two-wire type)
- Power supply: de 0 - 30 VDC



Figura 3.4 Transmisor de presión

3.2.3 MÓDULO DE TRATAMIENTO DE SEÑAL

La respuesta proveniente del transmisor de presión varía de 4 a 20 mA proporcionalmente a la presión, para receptor esta señal en el convertidor ADC del microcontrolador es necesario mudar a variación de voltaje

Este módulo está basado en el circuito integrado RCV420 el cual es un receptor de lazo de corriente de precisión de 4 a 20mA, este integrado convierte la señal de corriente de 4 – 20mA a una señal de voltaje de 0 a 5V

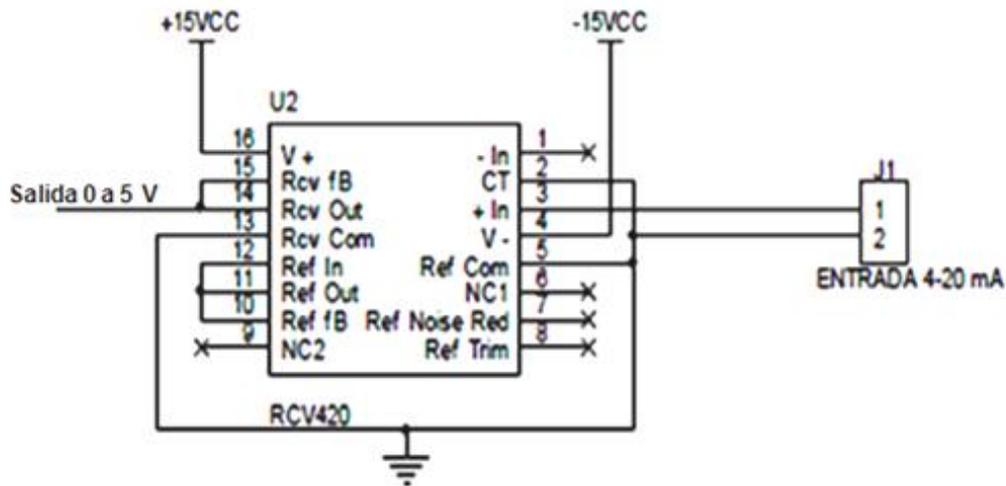


Figura 3.5 Circuito electrónico del módulo de tratamiento de señal

3.2.4 MODULO DE PROCESAMIENTO DE DATOS

Este módulo (Ver figura 3.5) es básicamente el cerebro del detector de fugas, es el microcontrolador con sus circuitos necesarios

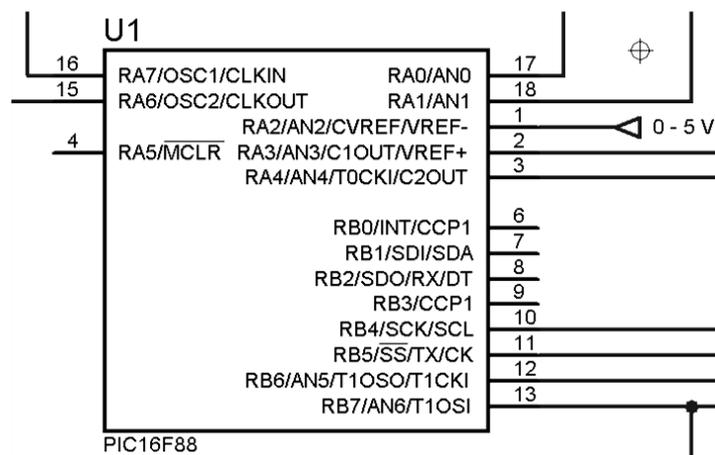


Figura 3.6 Circuito electrónico del módulo de procesamiento

Cada uno de los circuitos integrados tiene un capacitor cerámico de desacoplamiento de 100nF en sus terminales de alimentación.

Por los requerimientos del proyecto, el microcontrolador escogido es el pic 16F88, éste posee un oscilador interno de 4 MHz por lo que no necesita de circuitos osciladores externos.

Para el segundo dispositivo se incrementó el uso de dos pines adicionales para el control del backlight de la LCD y para el control del encendido apagado de un ventilador, esto con el fin de administrar de manera eficiente la energía.

3.2.5 MÓDULO DE PULSADORES DE AJUSTE DE SET POINT

Este módulo son esencialmente los pulsadores que permiten calibrar los puntos de operación del detector de fugas una vez ya instalado. (Ver *Figura 3.7*)

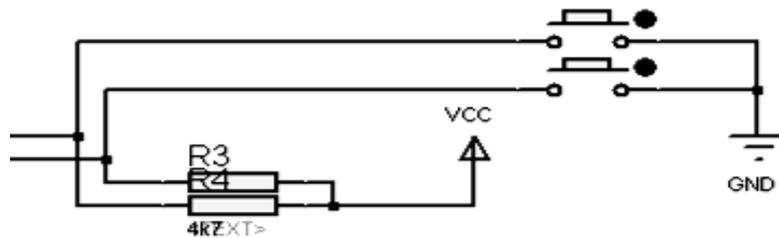


Figura 3.7 Circuito electrónico del módulo de pulsadores

3.2.6 CONEXIÓN DE LA PANTALLA DE CRISTAL LÍQUIDO

El detector de fugas dispone de una pantalla de cristal líquido (LCD) de 16 caracteres x 2 líneas, que sirve para visualizar los datos obtenidos del sensor. El puerto A del pic es utilizado como bus de datos y de control para configurar la LCD (Ver figura 3.7).

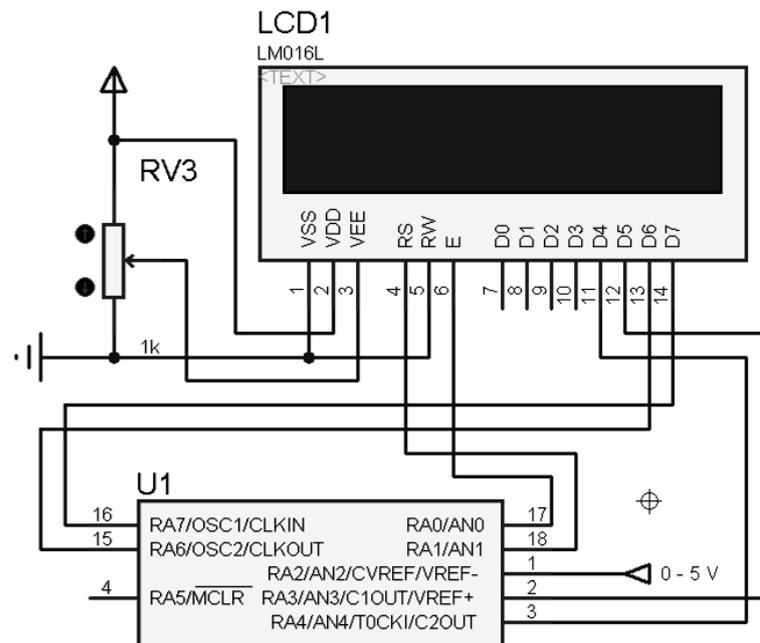


Figura 3.8 Circuito electrónico de la conexión de la LCD

3.2.7 MÓDULO DE ENTRADA / SALIDA DIGITAL DE DATOS

En esta etapa, se puede diferenciar claramente la única salida digital (ver *Figura 3.9*), esta es un contacto de relé la cual se activa a través de un transistor.

Tenemos también dos señales digitales de entrada que son usadas para entrar y salir (reset de alarma) del modo de bajo consumo de energía.

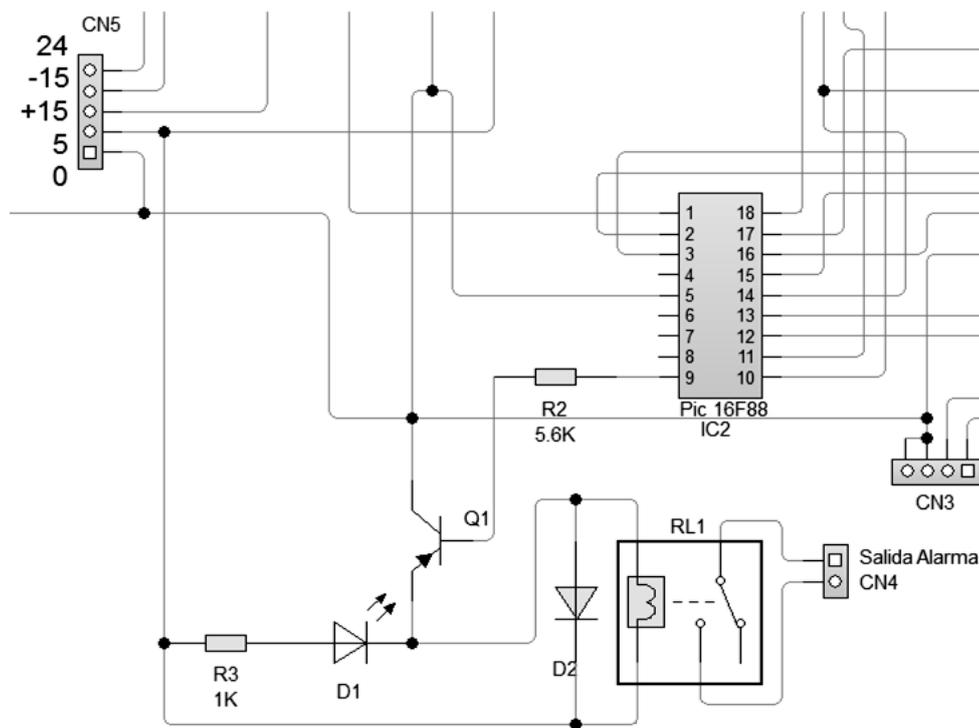


Figura 3.9 Circuito de entrada / salida digital

3.2.8 MÓDULO DE SALIDA ANÁLOGA DE DATOS

En este módulo la señal proviene del sensor de presión CS-PT1000, es una señal de corriente de 4 a 20 mA, gracias al uso del circuito integrado receptor convertidor del lazo de corriente RCV 420 que se utilizó, la señal análoga se la convierte a una señal de 0 a 5V y se la toma paralelamente a la entrada análoga del microcontrolador (ver *Figura 3.10*), sin causar alteraciones ni pérdidas de información, para ser transmitida a la oficina central por el sistema de comunicaciones complementario a este proyecto.

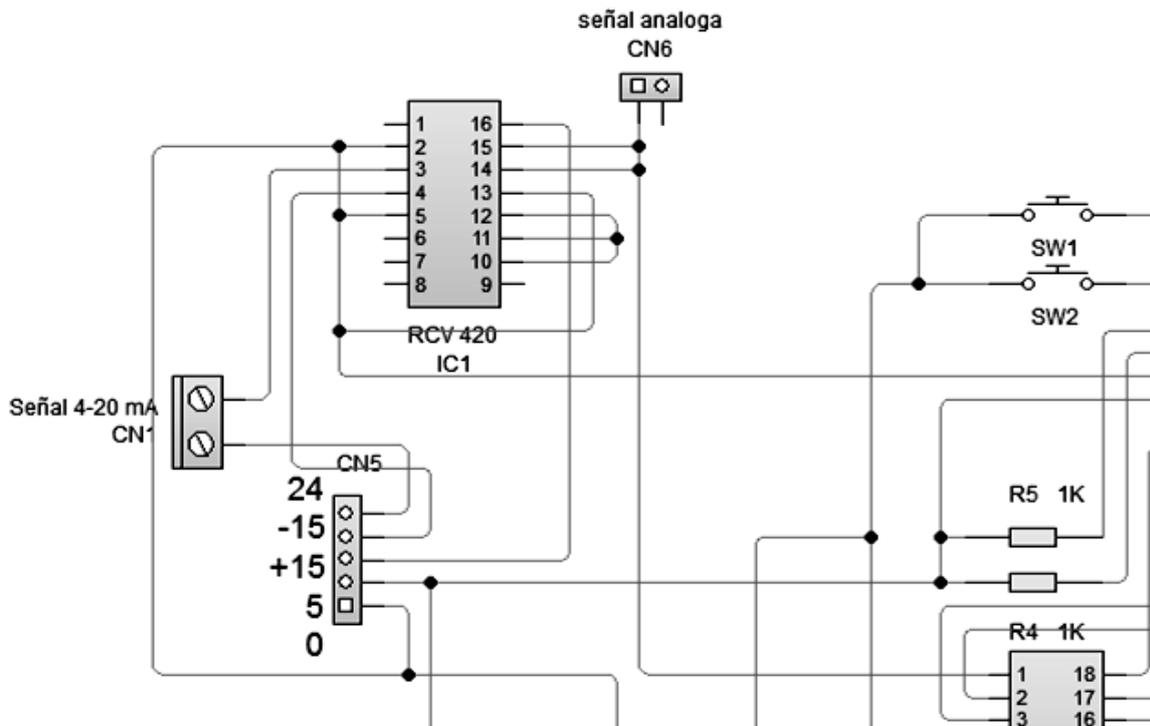


Figura 3.10 Circuito electrónico de salida análoga de datos

3.3 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA

Para dimensionar el sistema de generación fotovoltaica es necesario conocer la demanda de energía por parte de los equipos y la energía solar real disponible; de acuerdo a esto tenemos:

Tabla 3.1 Cargas de consumo máximas

Equipo	V(V)	I (A)	Potencia (W) máxima	Utilización (hora/día)	Wh/día
Detector de fuga	5	0.080	0.40	3	1.20
Detector de fuga	24	0.025	0.60	3	1.80
Detector de fuga	±12	0.010	0.12	3	0.36
Comunicaciones	5	1.25	7.50	3	22.5
Total					25.86

A partir de este valor y del valor de radiación promedio del sitio, se calcula el número de paneles solares requerido y el banco de baterías. Este cálculo se lo resume en la siguiente tabla:

Tabla 2 dimensionamiento del sistema de generación solar

Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico			
Determinación de las cargas			
Nº	Datos	Valor	Descripción
1	Cargas en CC (Wh/día)	25,86	
2	Cargas en CA (Wh/día)	48,00	1 carga 110V 20W x 2h /día + factor de perdidas en inversor
Corriente pico del modulo			
3	Cargas total (Wh/día)	73,86	Sumatoria de cargas CC + CA
4	Tensión CC del sistema (V)	24,00	Dato requerido
5	Carga diaria corriente CC (Ah)	3,08	Nº 3 / Nº 4
6	Factor de seguridad(perdidas)	1,20	Pérdidas del sistema
7	Carga corriente corregida (Ah)	3,70	Nº 5 * Nº 6
8	Radiación solar (KWh/m2)	5,40	Valor obtenido del atlas solar
9	Corriente pico del sistema (A)	0,68	Nº 7 / Nº 8
Dimensionamiento de modulo FV			
9	Corriente pico del sistema (A)	0,68	
10	corriente pico modulo (A)	0,55	Información del módulo
11	Arreglo de módulos	1,24	Nº 9 / Nº 10
12	módulos en paralelo	1,00	Redondear Nº 11
4	Tensión CC nominal del sistema (V)	24,00	
13	Tensión CC nominal del modulo (V)	12,00	Información del módulo
14	Módulos en serie	2,00	Nº 4 / Nº 5
15	Número total de módulos	2,00	Nº 12 * Nº 14
Dimensionamiento del banco de baterías			
7	Carga CC Total diaria (Ah)	3,70	
16	Días de reserva	3,00	De acuerdo a la nubosidad del lugar estudiado
17	Capacidad nominal Banco Bat requerida(Ah)	11,10	Nº 7 * Nº 16
18	Profundidad de descarga	0,80	Información de baterías
19	Capacidad corregida Banco Baterías (Ah)	13,88	Nº 17 / Nº 18
20	Capacidad nominal batería (Ah)	7,00	Información de baterías

21	Arreglo de batería en paralelo	1,98	Nº 19 / Nº20
22	Redondeo paralelo	2,00	Redondear Nº21
4	Tensión CC nominal del sistema (V)	24,00	
23	Tensión CC nominal de batería (V)	12,00	Información de batería
24	Número baterías en serie	2,00	Nº 4 / Nº23
25	Número total de baterías	4,00	Nº 22 * Nº24
Dimensionamiento del Inversor			
26	Carga máxima continua CA(W)	0	NA
27	Carga máxima pico CA(W)	0	NA
28	Carga máxima continua del inversor (W)	0	NA
29	Capacidad máxima pico CA del inversor (W)	0	NA
Capacidad de la unidad de control			
9	Corriente pico del sistema (Ah)	0,68	

Por lo tanto, para poder cubrir la demanda de 73,86 Wh/día teniendo en cuenta toda la carga en corriente continua más una posible carga en corriente alterna de 48Wh/día (por ejemplo: una luminaria de 20W, 110V durante dos horas día), o un excedente de 48Wh/día en CC(por ejemplo: 10 luminarias de leds de 5W), se deben usar dos módulos fotovoltaicos conectados en serie de 12V cada uno para obtener 24V, en el mercado se encuentran paneles de varias denominaciones, para nuestro efecto se selecciona el panel “ZT-10 poly” de Zytech modules (Ver Figura 3.11), es de 12V y de 0.55 A de corriente pico.

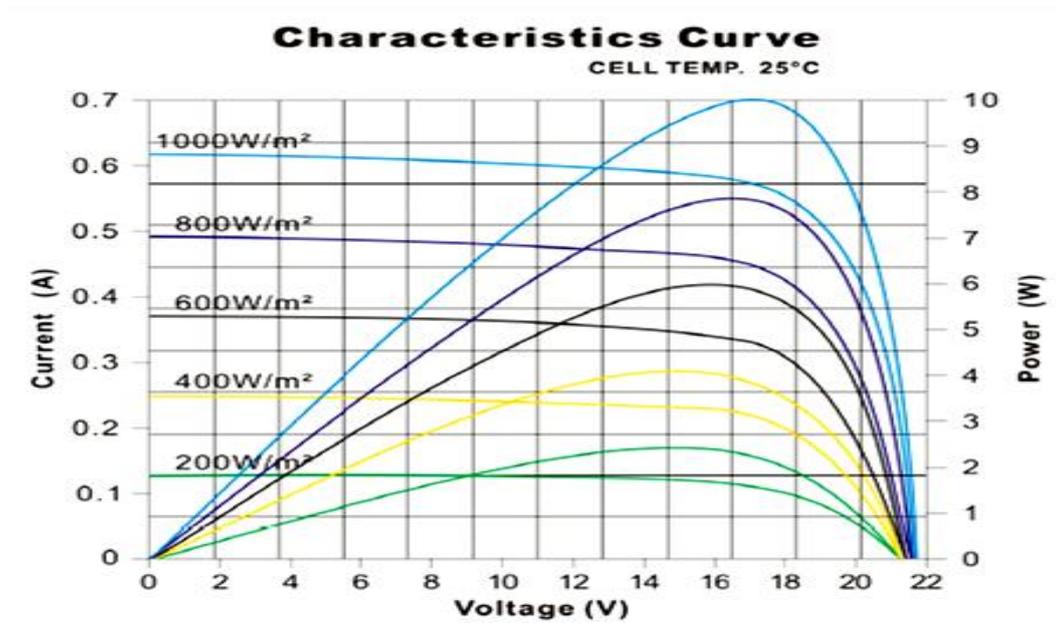


Figura 3.11 Curva característica del panel solar

El banco de baterías, para tener una autonomía (días de reserva) de 3 días dio como resultado de los cálculos un grupo de cuatro baterías de gel, dos grupos en paralelo de dos baterías en serie de 12V y 7Ah que es común en el mercado (Ver Figura 2.13).

Para escoger el controlador de carga se tiene en cuenta el valor de corriente pico del sistema, este es 0,68 Ah, en el mercado el de menor capacidad es de 5 Ah este es de marca Phocos serie CML 05 (Ver

Figura 2.14).

Sin embargo, respondiendo a requerimientos especiales de conexión de las tarjetas electrónicas tales como la necesidad de una fuente dual de $\pm 12V$, y teniendo como base los datos arrojados de los cálculos, se usaron cuatro paneles solares, cuatro baterías y dos controladores de carga.

3.3.1 DISEÑO DE BASE SOPORTE DE PANELES FOTOVOLTAICOS

Para organizar la instalación de los paneles se fabrica un soporte adecuado para su fijación entre ellos y anclaje al piso, debido a que la estructura estará ubicada a la intemperie, el soporte se construye con perfiles de aluminio para evitar problemas de corrosión, los paneles se separan aproximadamente 10cm entre ellos para reducir la resistencia al viento (Ver Figura 3.2)



Figura 3.12 Organización de paneles en una estructura

3.4 DISEÑO DE LAS TARJETAS DE CIRCUITO IMPRESO

Después de verificar el funcionamiento de los circuitos electrónicos por medio de simulaciones en el programa Proteus, se fabrican las placas de circuito impreso a partir de los diseños esquemáticos, estas se realizan con ayuda del software PCB Wizard, todas las tarjetas se realizan en baquelitas de una cara.

Se organiza a conveniencia los componentes para compactar la placa y se realiza un auto ruteo para que PCB Wizard genere automáticamente las pistas, siempre

es necesario complementar el proceso manualmente con las pistas que el programa no logra encaminar.

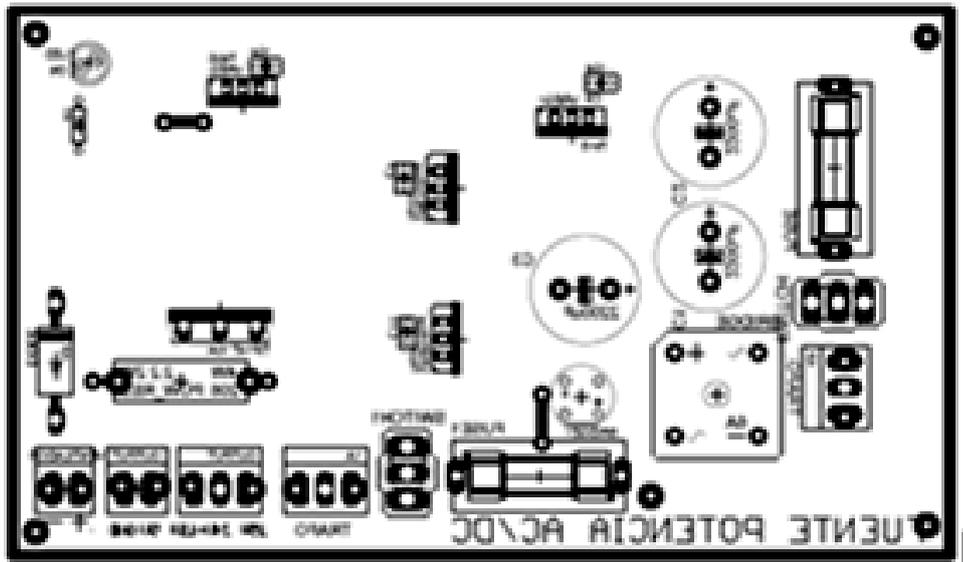
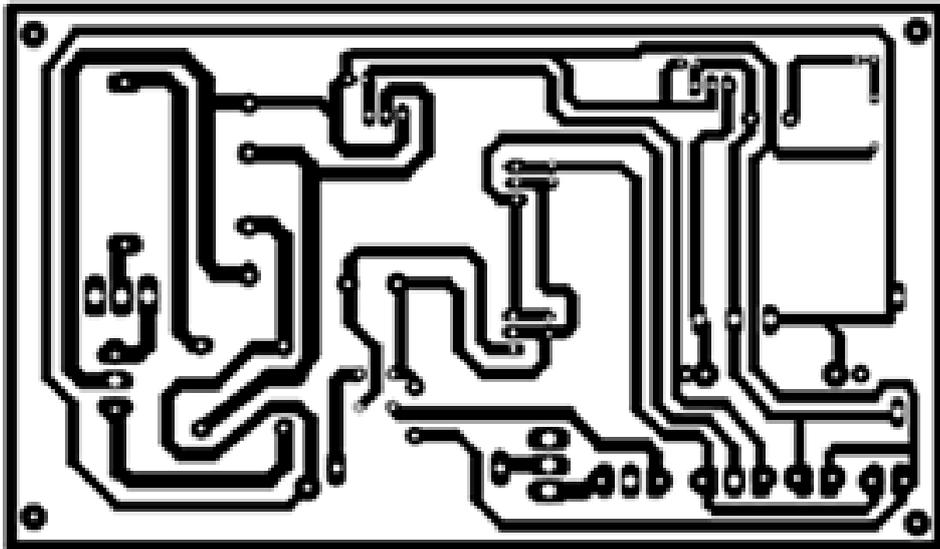


Figura 3.13 Diseño Circuito impreso Fuente de potencia Estación 2

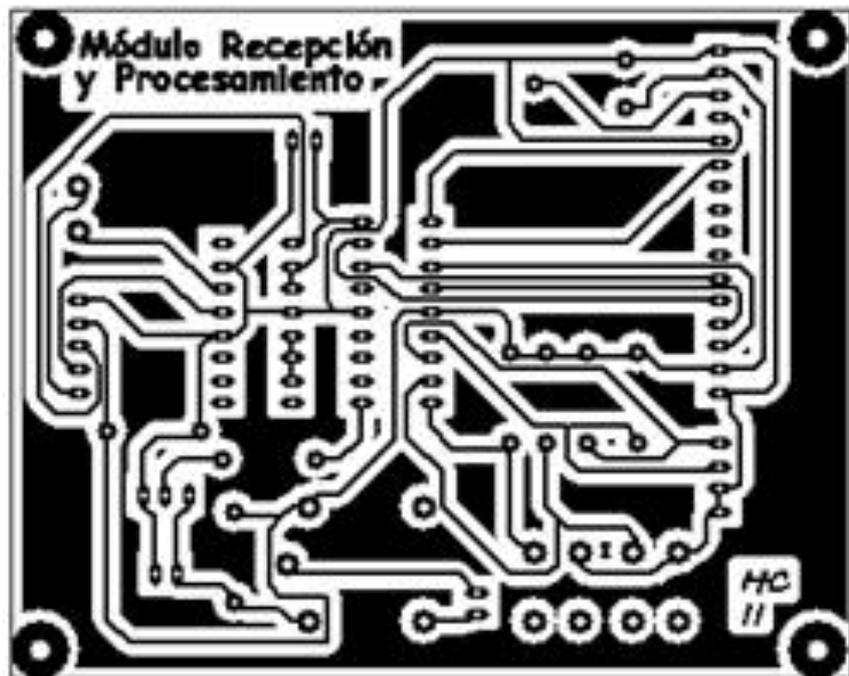


Figura 3.14 Diseño circuito impreso de módulos Estación 2

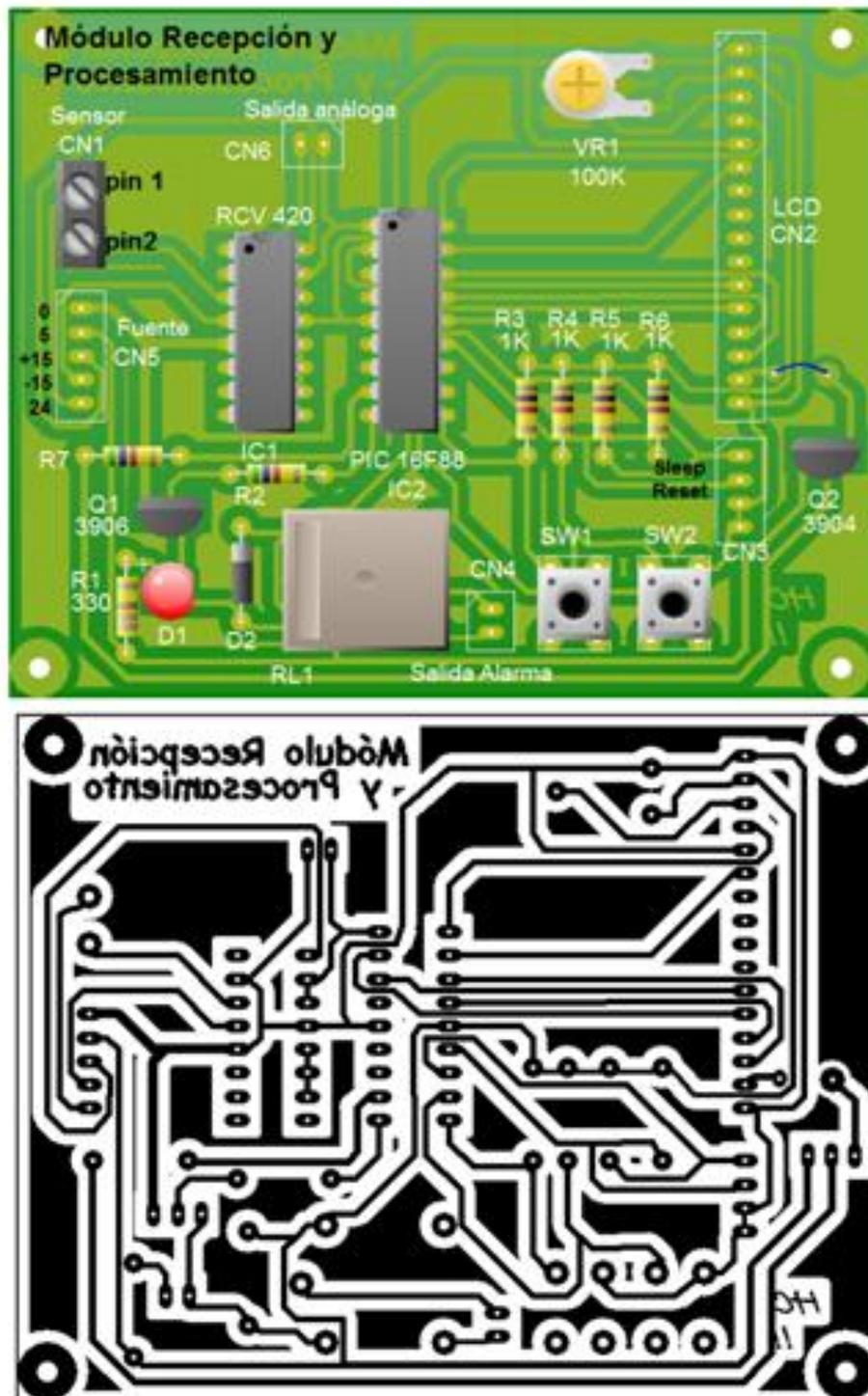


Figura 3.15 Diseño circuito impreso de módulos Estación 3

Las medidas de las tarjetas electrónicas son:

Tabla 3 Dimensiones físicas de las tarjetas electrónicas

Tarjeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Ver
Fuente estación 2	12	8	Figura 3.13
Principal estación 2	7	7	Figura 3.14
Principal estación 3	7	7	Figura 3.15
Fuente estación 3	14	10	

CAPÍTULO 4. CONSTRUCCIÓN, PRUEBAS DE LAS TARJETAS ELECTRÓNICAS E IMPLEMENTACIÓN

Se describe el proceso de fabricación de las placas electrónicas diseñadas en el capítulo anterior, la construcción de los tableros industriales, luego se describe las pruebas realizadas a cada uno de los módulos antes de ser instalados, por último se detalla la manera de implementación de las partes del dispositivo.

4.1 CONSTRUCCIÓN DE LAS TARJETAS ELECTRÓNICAS

Para obtener la tarjeta: Primero se imprime el diseño obtenido en PCB Wizard en papel couché (papel satinado o de revista), ojo se debe imprimir en equipo laser, se recorta la baquelita del tamaño ya definido, luego se traspasa el diseño por contacto aplicando calor sobre el papel hacia la placa, se lava la placa para quitar el exceso de papel quedando en la baquelita únicamente las pistas dibujadas, luego se sumerge la baquelita en una solución formada por agua (H_2O) y cloruro férrico ($FeCl_3$) en donde se corroe el cobre no impreso. Una vez que la solución realizó su trabajo, se lava la placa, se comprueba continuidad en las pistas y se procede a perforar y soldar los componentes electrónicos.

Las tarjetas fabricadas son:

Tarjeta principal estación 2 (Ver *Figura 4.1*).

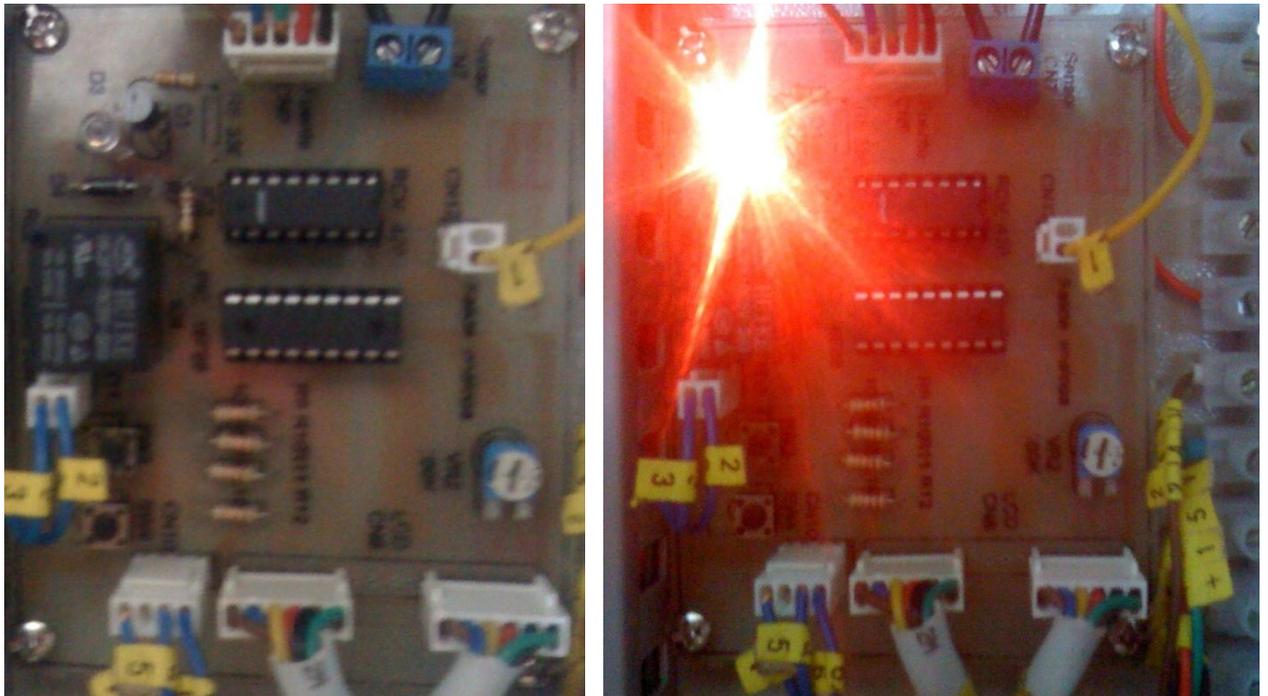


Figura 4.1 Tarjeta principal estación dos

Tarjeta Fuente estación 2 (Ver Figura 4.2).



Figura 4.2 Módulo Fuente Estación dos

Tarjeta principal estación 3 (Ver Figura 4.3).



Figura 4.3 Tarjeta principal estación tres

Tarjeta Fuente estación 3 (Ver *Figura 4.4*).



Figura 4.4 Módulo fuente estación tres

Las tarjetas respectivas a cada estación se montaron en una caja metálica de uso industrial en la que se adicionaron tarjetas electrónicas del sistema de comunicación (Proyecto complementario a este tema) por motivos principalmente de fuente de alimentación compartida además de reducción de espacio, estética y reducción de costos, aspecto muy significativo para la JAAP Sumak-Yaku y se conectaron con cable flexible #20 AWG. Ver *Figura 4.5* y *Figura 4.6*



Figura 4.5 Tablero industrial Estación dos

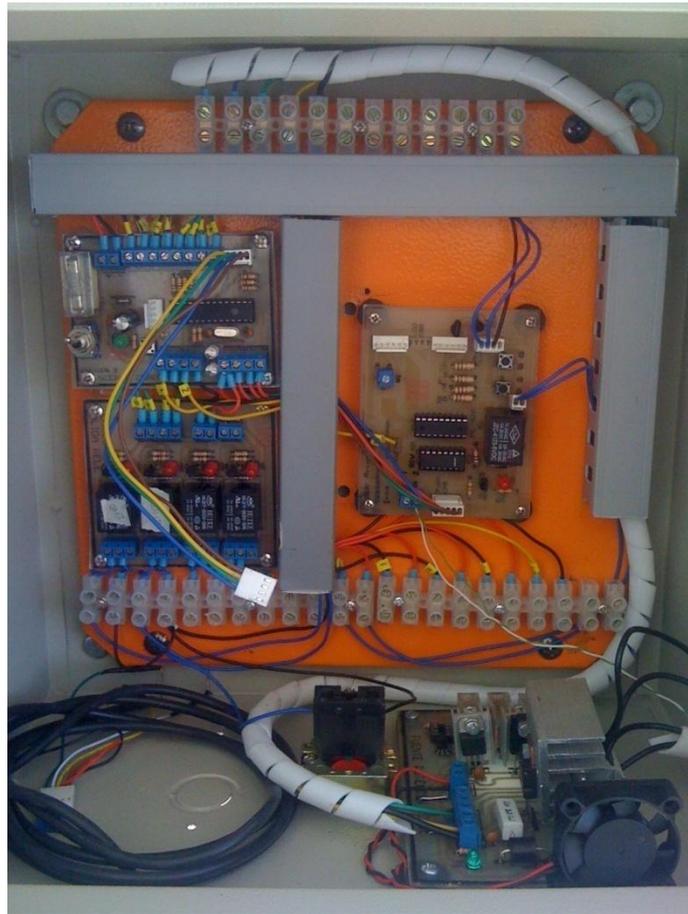


Figura 4.6 Tablero Industrial estación tres

4.2 PRUEBA DE LAS TARJETAS ELECTRÓNICAS

Para el funcionamiento del PIC 16F88 durante estas pruebas se grabó el programa original del dispositivo detector de fugas.

Una vez ensamblado, se procede a energizar el tablero y simular condiciones necesarias obteniendo los siguientes datos:

4.2.1 FUENTE

Esta prueba se dividió en dos partes: Estación dos y estación tres.

4.2.1.1 Fuente de estación dos

Se energizó con 110V y se midieron voltajes en las salidas, comprobando que estén en los rangos deseados, se dejó funcionando 12 horas continuas para comprobar sobrecalentamiento en los reguladores u otros problemas.

4.2.1.2 Fuente de estación tres

Se energizó con el sistema de alimentación solar y se midieron voltajes en las salidas, comprobando que estén en los rangos deseados, se dejó funcionando 5 horas continuas para comprobar sobrecalentamiento en los reguladores u otros problemas.

4.2.2 PRUEBA DE EL MÓDULO DE TRATAMIENTO DE SEÑAL (ESTACIÓN DOS Y TRES)

En esta prueba se verificó la linealidad del receptor de corriente RCV 420 enviando señales de corriente desde 4 hasta 20 mA con un generador de corriente obteniendo los siguientes datos:

Tabla 4 Prueba de linealidad de RCV 420

Entrada (mA)	Salida (V)
4	0.01
6	0.63
8	1.27
10	1.90
12	2.53
14	3.17
16	3.81
18	4.43
20	5.05

La salida en voltaje muestra que por cada 2mA de incremento el voltaje incrementa 0.63V linealmente por lo que este módulo funciona correctamente.

4.2.3 PRUEBA DE LA LCD (ESTACIÓN DOS Y TRES)

Debido a que el PIC 16F88 tiene únicamente dos puertos A y B, 18 pines y todo el puerto B se usó para las interrupciones, la LCD se conectó al puerto A, para esto se incluyó la librería `<flex_lib.c>` en donde se especifica la función de cada pin: (Ver *Figura 3.8 Circuito electrónico de la conexión de la LCD*).

```
#define LCD_DB4 PIN_A4
```

```
#define LCD_DB5 PIN_A3
```

```
#define LCD_DB6 PIN_A6
```

```
#define LCD_DB7 PIN_A7
```

```
#define LCD_RS PIN_A1
```

```
//#define LCD_RW PIN_A2
```

```
#define LCD_E PIN_A0
```

```
// If you only want a 6-pin interface to your LCD, then
```

```
// connect the R/W pin on the LCD to ground, and comment
```

```
// out the following line.
```

Se mostró en la LCD un mensaje programado en el microcontrolador para comprobar el funcionamiento.

4.2.4 PRUEBA DE PULSADORES (ESTACIÓN DOS Y TRES)

Los pulsadores se comprueban una vez energizada la tarjeta electrónica.

4.2.5 PRUEBA DE PROCESAMIENTO DE DATOS (ESTACIÓN DOS Y TRES)

El procesamiento se basa en la digitalización de los datos obtenidos por la entrada analógica del pic, para eso programa en el microcontrolador la siguiente

fórmula: (Ver $Voltaje = \frac{5.0*j}{1024}$

Ecuación 9 y $Presion = \frac{362.59*j}{1024}$

Ecuación 10)

$$Voltaje = \frac{5.0*j}{1024}$$

Ecuación 9

$$Presion = \frac{362.59*j}{1024}$$

Ecuación 10

De donde j es el promedio de 50 valores muestreados.

Se configura una conversión a 10 bits, se muestrea por el canal dos (pin A2) y se visualiza los resultados en la LCD como valores de Presión y de voltaje. Para comprobar que el procesamiento sea correcto se ingresan valores de voltaje que varían de 0V a 5V medidos con un multímetro y observamos los datos en la LCD (Ver *Tabla 5 Prueba de digitalización*)

Tabla 5 Prueba de digitalización

Entrada (V)	Lectura LCD (V)
0	0.1
1	1
2	1.99
3	2.99
4	4.00
5	4.98

Se obtienen resultados satisfactorios.

4.2.5.1 Prueba de memoria Eeprom (estación dos y tres)

Para esta prueba se energiza la tarjeta en la LCD nos muestra el valor del punto de control, con el uso de los pulsadores y se establece un valor de presión distinto (punto de control) el mismo que se graba en la eeprom, luego desenergizamos la placa y después de un momento la volvemos a energizar para verificar que el valor de presión antes establecido no ha cambiado. Resultado correcto.

4.2.6 PRUEBA DE E/S DIGITALES (ESTACIÓN DOS Y TRES)

Se tiene dos entradas digitales una es tomada por el microcontrolador como interrupción esta da la orden de salida del modo Sleep o también es reset de alarma y la otra no es una interrupción, nos permite llevar al sistema al modo de bajo consumo (sleep), para probarlas se las acciona individualmente y se observa los resultados en mensajes a través de la LCD.

Se tiene también una salida digital, es la alarma de fuga, como ya se dijo anteriormente es una salida por transistor a relé pero también tiene conectado un led indicador de fuga de color rojo, se la comprueba emulando nivel de presión menor al preestablecido en la eeprom.

En ambas pruebas, la salida y las entradas trabajan correctamente.

4.2.7 PRUEBA DE SALIDA ANÁLOGA (ESTACIÓN DOS Y TRES)

La salida análoga que sirve para el sistema de comunicaciones está conectada en paralelo a la señal análoga que ingresa al canal dos del microcontrolador, para la prueba de esta señal se conectó otro microcontrolador configurado el ADC para corroborar la lectura pero inicialmente el valor de la señal análoga se redujo a la mitad, este problema se debió a una falla en la conexión de las referencias de 0V de las fuentes de alimentación de los adquiridores de la señal, por lo que al usar una sola fuente para los dos dispositivos el problema fue solucionado y la señal ya no varía.

4.2.8 PRUEBA DE TRANSMISOR DE PRESIÓN (ESTACIÓN DOS Y TRES)

El Transmisor de presión se lo conecto con una tensión de 24V a una distancia de 50m con cable # 18AWG, para probar el transmisor, se monto en la tubería de agua través de una válvula con una Tee de 1/8" con rosca NPT, dimensión adecuada para los dispositivos de medición, con una de sus bocas conectada a la tubería, la otra al transmisor de presión y la ultima a un manómetro de presión el mismo que se usa como magnitud referencial, para probar el transmisor se energizo la tarjeta electrónica para observar en la LCD el valor de presión medido por el transmisor, se abrió la válvula y se comparó las lecturas obtenidas del manómetro con las lecturas del transmisor tomadas en la LCD, para varios valores se tubo:

Tabla 6 Prueba de Transmisor de Presión

—■— Transmisor PSI	0	22	33,28	35,33	40,01	41,23
—◆— Manómetro PSI	0	21	32	35	39	40

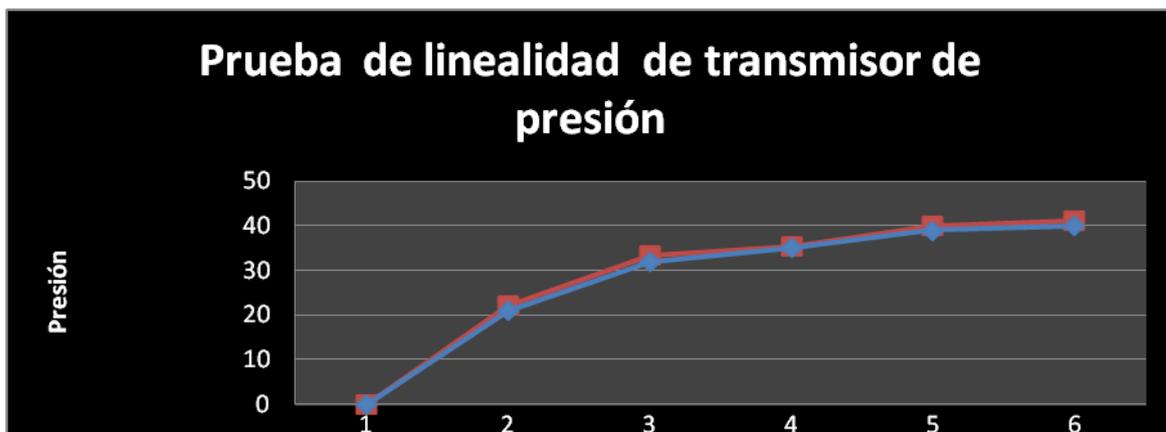


Figura 4.7 Prueba de Transmisor de Presión

De acuerdo a los datos obtenidos y teniendo en cuenta que la precisión del manómetro de presión está sujeta al error humano, el error máximo que se

muestra en los datos es de 1,28 PSI, los resultados son satisfactorios y suficientes para nuestro requerimientos.

En resumen:

Tabla 7. Resumen de pruebas de tarjetas electrónicas

Módulo (estación dos y tres)	Funciona
Fuente	Si
Tratamiento de señal	Si
Pantalla de cristal líquido	Si
Pulsadores	Si
Procesamiento de Datos	Si
Entrada / Salida Digital	Si
Salida análoga	Dio problemas pero se solucionó, Si
Transmisor de Presión	Si

4.3 IMPLEMENTACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS

4.3.1 IMPLEMENTACIÓN EN ESTACIÓN DOS

La caja metálica (tablero) donde se encuentra la tarjeta electrónica del dispositivo, se instaló en el cuarto de motores se la fijó a la pared con pernos de expansión, el transmisor de presión se instaló sobre la tubería de 200mm de diámetro a 50m del tablero, para lo cual se coloca un collarín a la medida con salida a $\frac{3}{4}$ ", se perfora la tubería un orificio de diámetro $\frac{3}{4}$ " y se coloca un adaptador bushing plástico de $\frac{3}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ " luego una válvula esférica de media vuelta de $\frac{1}{2}$ " con el fin de facilitar el montaje y desmontaje en caso de intercambio de transmisor sin afectar al sistema

de bombeo, luego otro adaptador bushing de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{1}{8}$ " y finalmente el transmisor de presión, para la conexión del transmisor como ya se indicó en la fase de pruebas se usa cable #18AWG el cual va enterrado a través de tubería conduit. Se construye una caja de bloque y cemento con una tapa metálica sobre esta parte de la tubería por seguridad del instrumento.

La alimentación eléctrica de 110V se la toma directamente del cajetín tomacorriente instalado en el cuarto de motores, el tablero o caja metálica está debidamente conectada a tierra.

4.3.2 IMPLEMENTACIÓN EN ESTACIÓN TRES

La caja metálica donde se encuentra la tarjeta electrónica del dispositivo, se instaló en el cuarto vacío disponible se la fijó a la pared con pernos de expansión, el transmisor de presión se instaló sobre la tubería de 100mm de diámetro a 50m del tablero, para lo cual se coloca un collarín a la medida con salida a $\frac{1}{2}$ ", se perfora la tubería un orificio de diámetro $\frac{3}{4}$ " y se coloca un adaptador bushing plástico de $\frac{3}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ " luego una válvula esférica de media vuelta de $\frac{1}{2}$ " con el fin de facilitar el montaje y desmontaje en caso de intercambio de transmisor sin afectar al sistema de bombeo, luego otro adaptador bushing de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{1}{8}$ " y finalmente el transmisor de presión, para la conexión del transmisor como ya se indicó en la fase de pruebas se usa cable #18AWG el cual va enterrado a través de tubería conduit.

Para la alimentación eléctrica es necesario instalar los módulos fotovoltaicos, estos se los ancla con pernos de expansión en la parte superior del techo del cuarto vacío, (Ver Figura 4.8) alrededor se construye una pared pequeña con el fin de que no sea visible al transeúnte por motivo de seguridad, estos paneles son conectados de acuerdo a la configuración prevista en el capítulo 3 en el apartado 3.3, a través de una caja de conexiones(Ver Figura 4.9), de aquí se conectan los controladores de carga, las baterías y finalmente la carga que para nuestro efecto es el tablero de tarjetas electrónicas.



Figura 4.8 Paneles instalados sobre el techo



Figura 4.9 Caja de conexiones de los paneles solares

CAPÍTULO 5. EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta parte se presenta los datos obtenidos de las pruebas de funcionamiento del dispositivo en cada estación y se explica su significado y efecto.

5.1 PRUEBA Y RESULTADOS DEL DISPOSITIVO DE LA ESTACIÓN DOS

Una vez instalado todo el sistema se procede a la experimentación, debido a que este proyecto es parte de un sistema de automatización en general es necesario simular dos condiciones: para empezar el muestreo, el bit de inicio o salida del modo de bajo consumo y para parar el muestreo el bit de entrar en modo de bajo consumo de energía (Sleep).

Durante siete días se toman datos de presión mientras está en marcha el proceso de bombeo, obteniendo en promedio los siguientes resultados:

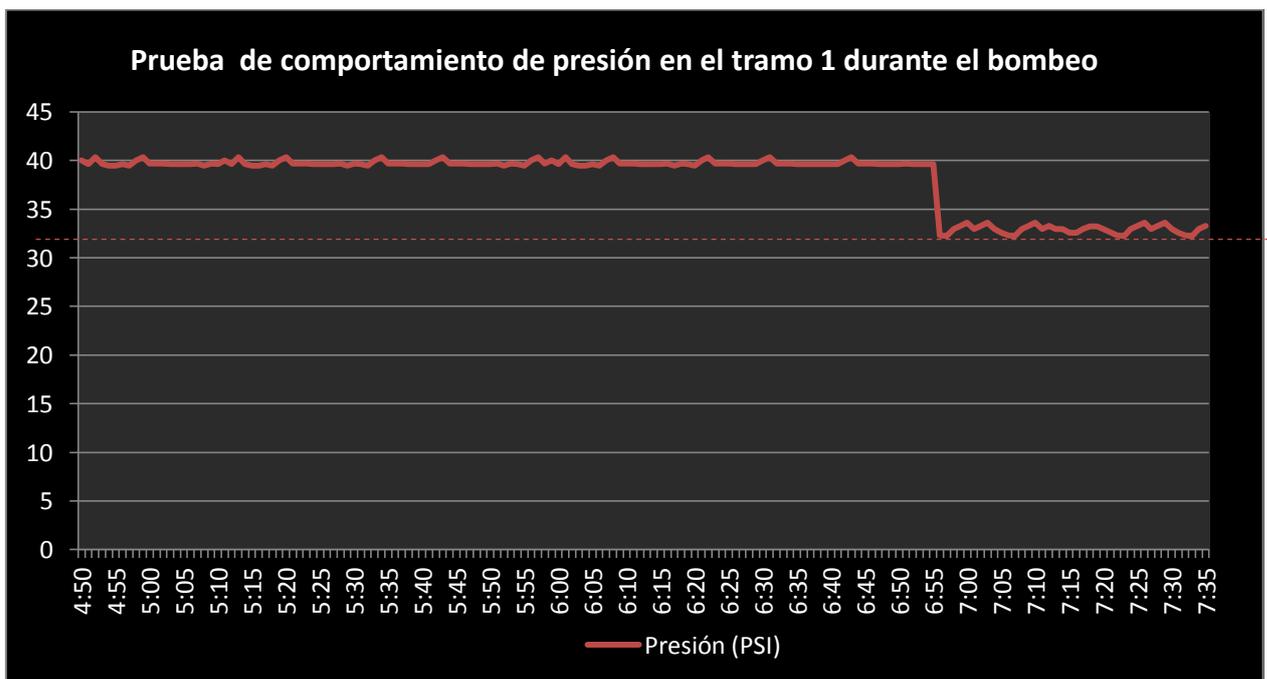


Figura 5.1 Gráfico de datos de presión en el primer tramo

La variación que se observa aproximadamente a las 6:55 se debe a la manipulación de las válvulas para cambiar de dirección de flujo de agua hacia el otro tanque, para evitar esa variación, se considera la posibilidad de regular las válvulas a una posición fija en la que se inyecte igual cantidad de agua a los dos tanques al mismo tiempo, pero, esto no se realizó debido a las características de las válvulas que no son diseñadas para trabajar en posiciones intermedias, sino

solo abiertas por completo, ó cerradas por completo. Por lo que basados a los datos obtenidos, se observa que la presión más baja es 31,00 PSI, y se resuelve establecer el punto de control en 30 PSI, si el dispositivo detecta presiones menores a 30 PSI constantes durante 15 segundos seguidos, la alarma se activa en vista de que existe una posible fuga.

5.2 PRUEBAS Y RESULTADOS DEL DISPOSITIVO DE LA ESTACIÓN TRES

En esta estación los dos tanques están unidos a través de vasos comunicantes.

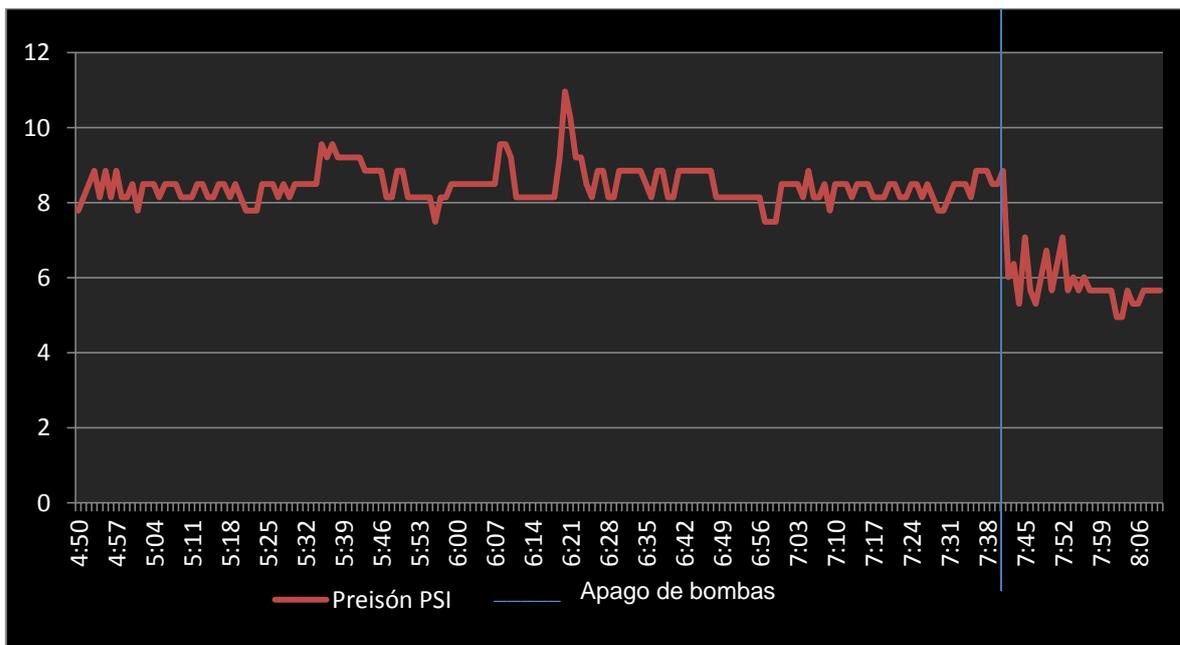


Figura 5.2 Gráfico de datos de presión en el segundo tramo

Debido a que el valor de la señal de presión obtenida en esta estación es bajo, se tomó muestras de presión durante y después del bombeo, para poder definir el valor del punto de control sin errores, la línea azul indica el momento en que se termina el bombeo, por lo que se puede observar en el gráfico que: durante el bombeo el valor promedio de presión es de 8 psi y el valor después del bombeo baja a 6 psi y disminuye con el tiempo, por lo que se decide establecer el punto de control en 7 psi.

Cabe señalar que las pruebas se realizaron bajo condiciones normales de funcionamiento, para probar el dispositivo ante una condición de falla de funcionamiento (fuga), es necesario simular una fuga u otro problema que ocasione una caída de presión, como por ejemplo apagar el grupo motor-bomba.

Para la JAAP cada arranque de los motores por ser de gran potencia y no poseer arrancadores suaves, representa un alto costo en su planilla de consumo eléctrico, por lo que para probar el desempeño de los dispositivos detectores de fugas, y no causar costo alguno, se decidió instalar el sensor sobre una Tee para colocar en la otra punta una válvula de paso que nos facilite controlar la presión liberando liquido a conveniencia.

5.3 PRUEBAS DEL SISTEMA COMPLETO DE AUTOMATIZACIÓN

Una vez completada la conexión de todo el sistema de automatización de bombeo, esto es la unión de los proyectos de tesis que lo conforman: “Automatización del bombeo”, “Detección de Fugas”, y “Transmisión de datos”, en el HMI de la oficina de la junta administradora de agua potable “Sumak-Yaku” se observó el funcionamiento correcto del sistema en conjunto; para ver el desempeño del HMI con respecto a las fallas se ha simulado:

a) Llegada de datos y clasificación

Trama de datos completa										
xO1fn1fb0fc0fd0fe0fg0fh0fi0fjof<1023fR0fS0fT0fa1FL1023FB0FC0FD0FE0FG0FH0FIOFJ0FK0FQ1F										
Datos de Z1	Motor 1	Motor 2	Falla Ter. 1	Falla Ter. 2	Sensor 1	Sensor 2	Sensor3	Sensor4		
b0fc0fd0fe0fg0fh0fi0fjof	b0f	c0f	d0f	e0f	g0f	h0f	i0f	j0f		
Datos de Z2	Analogo Z2	Motor 3	Motor 4	Falla Termica 3	Falla Term. 4	Sensor 1b	Sensor 2b	Sensor 3b	Sensor 4b	Alarma Tubo 1
L1023FB0FC0FD0FE0FG0FH0FIOFJ0FK0F	1023	B0F	C0F	D0F	E0F	G0F	H0F	I0F	J0F	K0F
Datos de Z3	Analogo Z3	Alarma Tubo 2	Sensor 1c	Sensor 2c						
<1023fR0fS0fT0f	1023	R0f	S0f	T0f						

Figura 5.3 Trama de datos y su clasificación

- b) Bombeo motor 1 de zona 1, motores de zona 2 y sus respectivos niveles en cada tanque de reservas y vertiente.

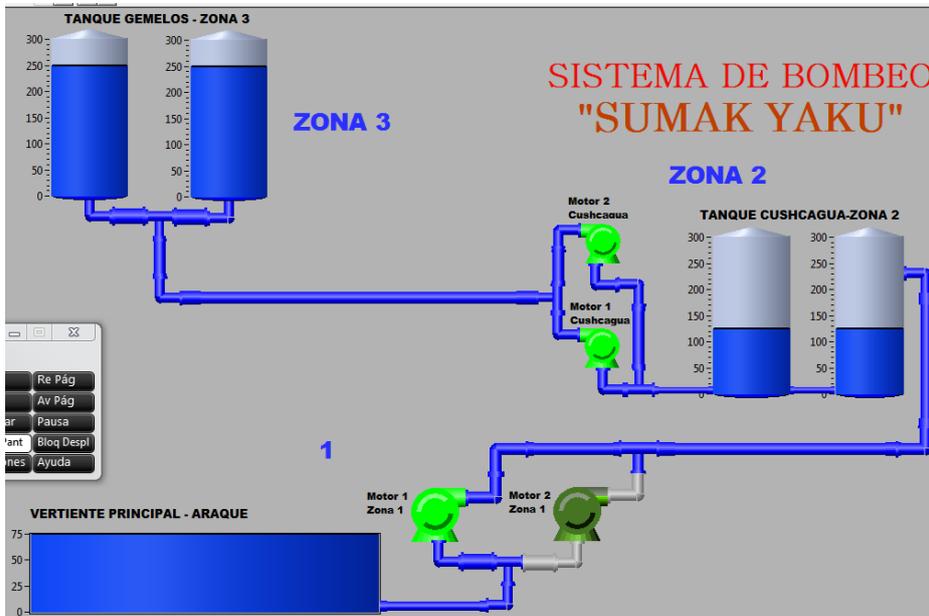


Figura 5.4 Funcionamiento de motores y niveles en tanques

- c) En caso de existir falla de tubería en el tramo de la zona 1 a zona 2

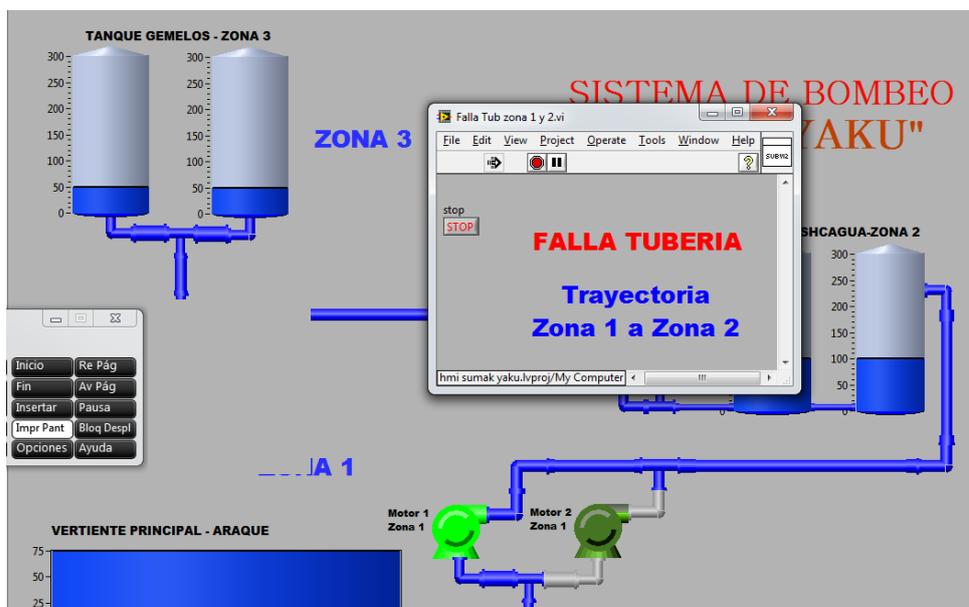


Figura 5.5 Falla de tubería de zona 1 a zona 2

d) En caso de existir falla de tubería en el tramo de la zona 2 a zona 3

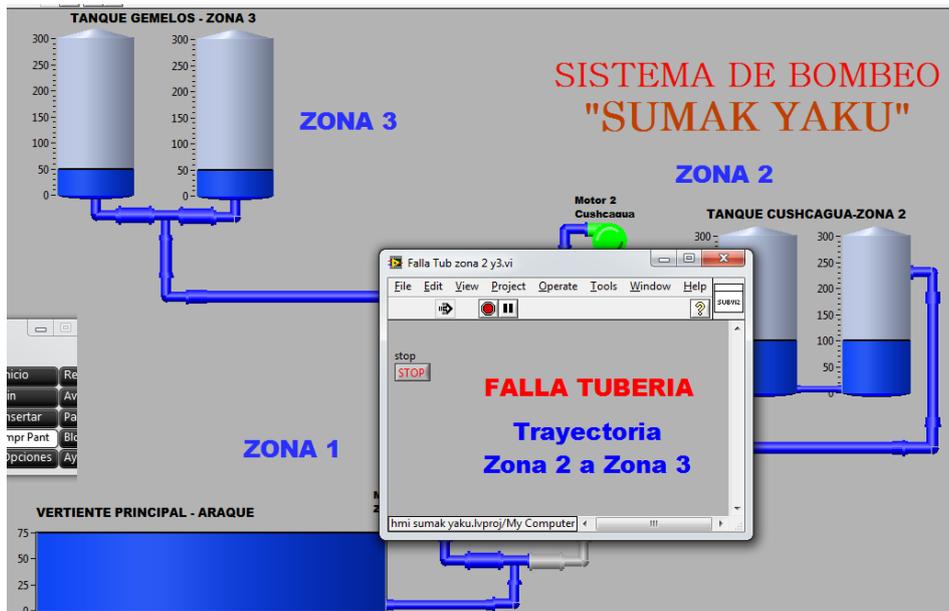


Figura 5.6 Falla de tubería de zona 2 a zona 3

e) Falla en Motor 1 de zona 1

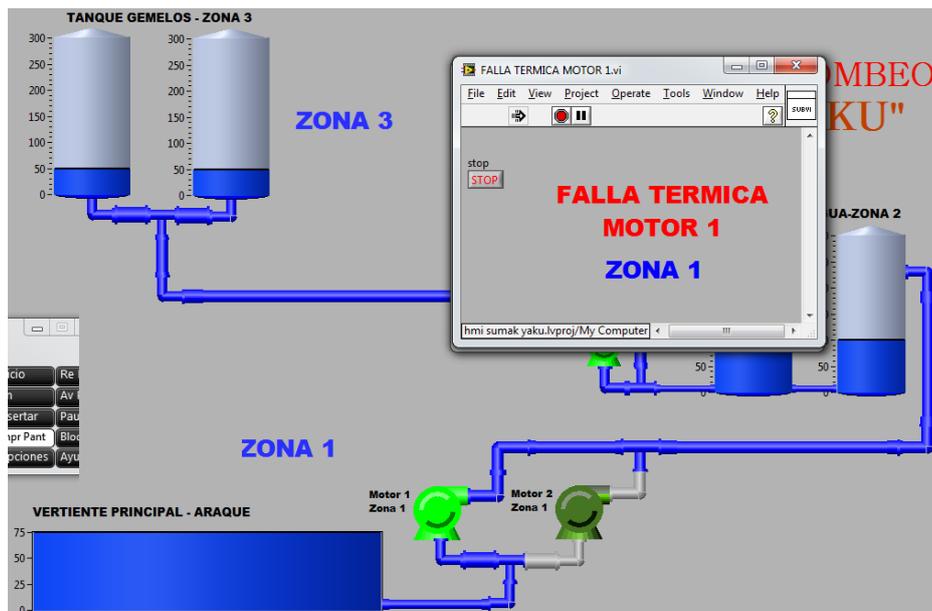


Figura 5.7 Falla Térmica motor 1 zona 1

f) Falla en Motor 2 de zona 1

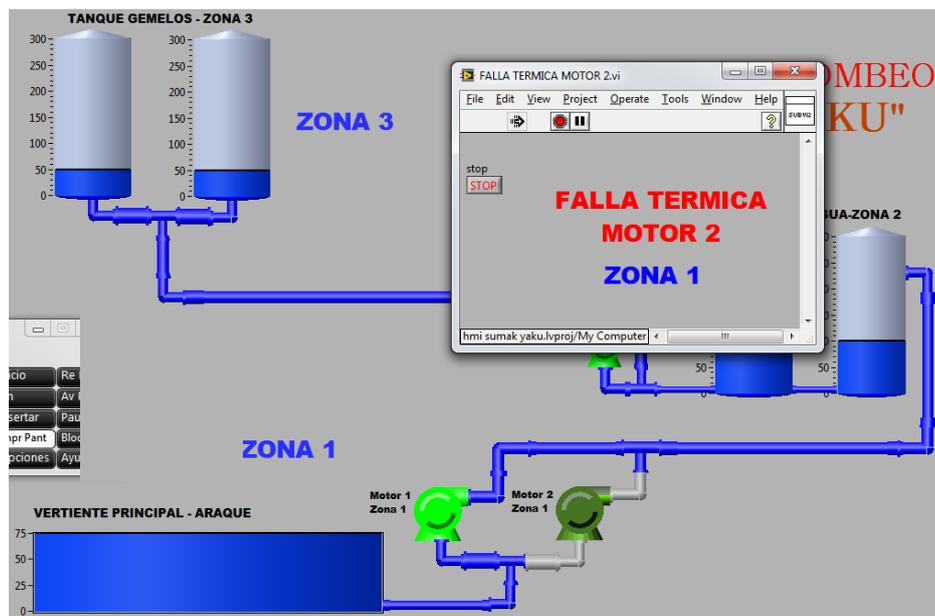


Figura 5.8 Falla térmica motor 2 zona 1

g) Falla en Motor 1 de zona 2

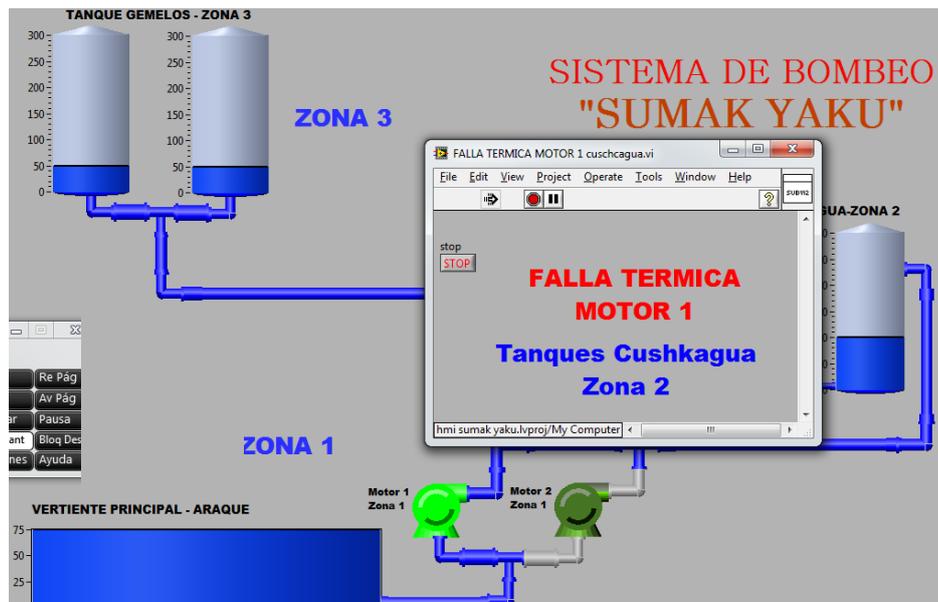


Figura 5.9 Falla térmica motor 1 zona 2

h) Falla en Motor 2 de zona 2

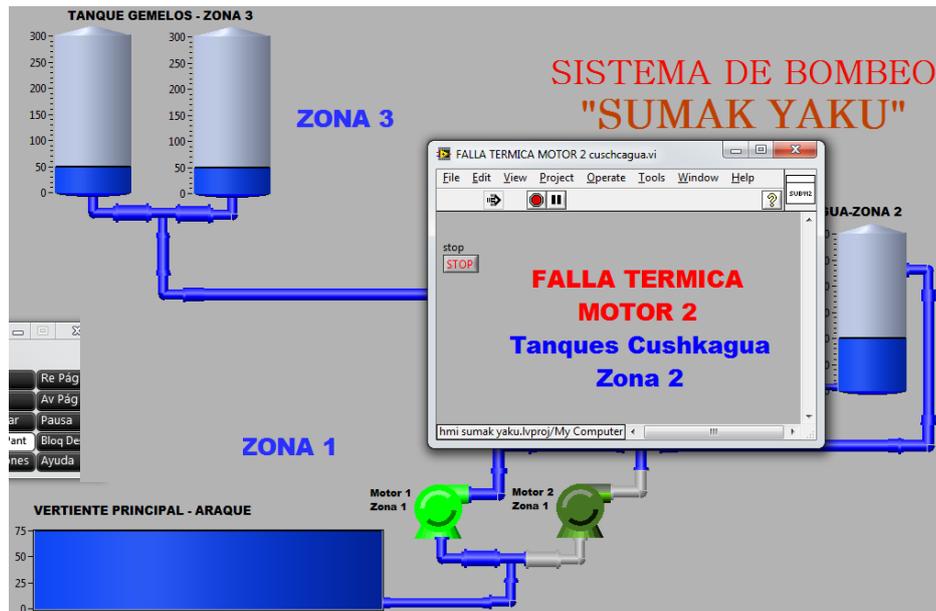


Figura 5.10 Falla térmica motor 2 zona 2

i) Apagado de motores y medida de sensores de nivel

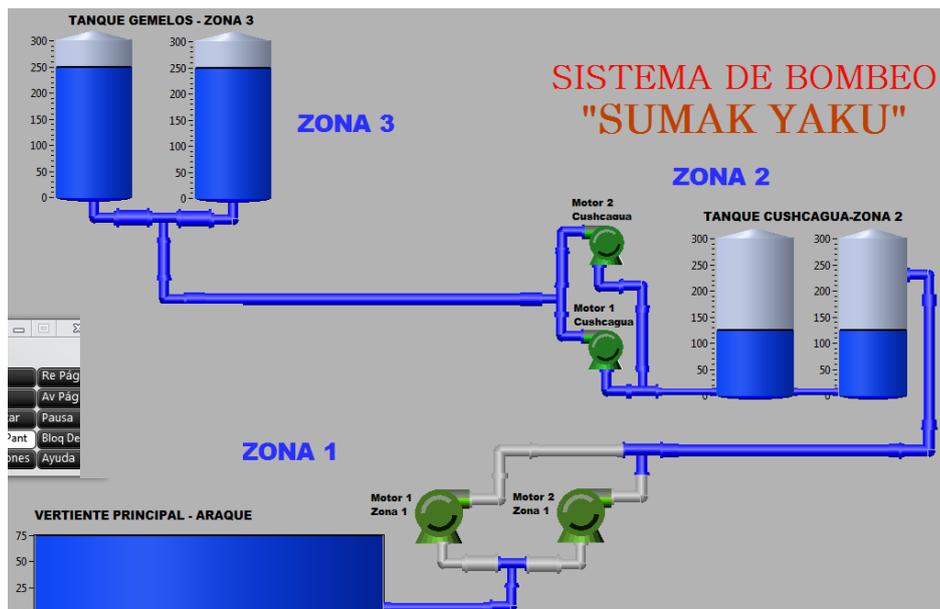


Figura 5.11 Medición del sistema principal de bombeo las 24 horas

Con estas pruebas se obtienen resultados satisfactorios que demuestran el correcto funcionamiento del sistema de automatización.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

6.1 CONCLUSIONES

El resultado final de este trabajo de tesis, es un dispositivo que permite detectar a tiempo fugas de agua o problemas que presente el sistema de bombeo o tuberías, y actuar de forma inmediata para evitar pérdidas económicas.

Existen sistemas de detección de fugas comerciales que pueden ser muy precisos para encontrar el lugar de la fuga, estos dispositivos son muy costosos, pero pueden emplearse como complemento a este proyecto para disminuir el tiempo de búsqueda en vista de que son dos tramos de tubería de 400 metros de largo cada uno, se recomienda el uso de detectores de fugas basados la medición de caudal, sin embargo como el proyecto es para la JAAP y de bajo costo se debe optar por realizar una inspección visual en caso de detectarse fugas.

Como el dispositivo reacciona también ante otros problemas, en caso de alarma se debe primero revisar el problema usando la tabla de solución de problemas de acuerdo a la lectura entregada por el dispositivo. Ver Anexo 1.

El sistema de alimentación eléctrica por energía solar es la mejor solución en ambientes que presentan ese tipo de características climatológicas, actualmente no puede excederse la carga más de lo que está indicado en el sobredimensionamiento determinado, sin embargo, el sistema de alimentación fotovoltaica es versátil, puede fácilmente expandirse en caso de requerir mayor energía.

Por su diseño modular claramente identificable en la tarjeta principal, puede fácilmente identificarse y solucionarse cualquier problema.

6.2 TRABAJO A FUTURO

Este trabajo de tesis abre la posibilidad de nuevos proyectos de tesis para ampliar las posibilidades del detector de fugas y del sistema del que forma parte este proyecto. Algunos de los posibles trabajos futuros que involucren el detector de fugas son:

- Desarrollar un programa que muestre un historial y una gráfica de valores promedios de presión obtenidos día a día para poder evaluar la eficiencia del bombeo en el tiempo y proyectar mantenimientos preventivos.
- Rediseñar la placa electrónica y la interfaz hombre-máquina (HMI) que muestra el estado del sistema general (HMI parte del proyecto complementario a este) para incorporar opciones que permitan a distancia cambiar el punto de control
- Incrementar e este dispositivo de control de fugas, medidores de caudal para contabilizar mensualmente la cantidad de agua potable producida y generar reportes que puedan compararse con las cantidades de agua potable facturadas, para controlar pérdidas o fugas en la parte de distribución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COLLAGUAZO, G. *Sistemas Microprocesados*.

CONELEC. ((2007)). *Atlas Solar del Ecuador*. Recuperado el Enero de 2011, de www.conelec.gob.ec

CREUS, A. (1999). *Instrumentación Industrial*. Santa fé de Bogota: Alfomega.

Giles, R. V. *Mecánica de los fluidos e hidráulica*. Mc Grawhil.

HARD, D. *Electrónica de Potencia*.

HIBBELER, R. *Mecánica de materiales*.

Limited, X. C. (n.d.). *Fabricantes del transmisor de presión*. Retrieved Enero 2011, from www.websensor.com/en/docc/productobrow.asp?id=17

MICHAEL, J. *PID Control, New identification and design*.

Ogata, K. (1998). *Ingeniería de Control Moderna (Tercera ed.)*. México: Prentice - Hall Hispanoamerica S.A.

Publishers, N. S. (2006). *PHOTOVOLTAICS Desing and Intalation Manual* . Gabriola Island, Canada.

RASHID. (1995). *Electrónica de Potencia (Segunda ed.)*. México: Prentice - Hall Hispanoamérica S.A.

REYES, C. *Microcontroladores PIC*.

Wikipedia. (s.f.). *Enciclopedia Libre*. Recuperado el Enero de 2011, de es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_Bernouli

ANEXO 1 TABLA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Problema	Posible causa
Lectura ligeramente menor al establecido	Fuga en las tuberías, Problema en alabes de bombas
Lectura considerablemente menor (mitad) al establecido	Fuga grande, Ruptura de tubería
Lectura Cero	Falla mecánica motor, pérdida de alimentación eléctrica motor, falla bomba, no hay agua en origen (vertiente o tanque), se trabo válvula check de salida de la bomba

ANEXO 2 PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR DE LA ESTACIÓN 2

```

1  #include <16f88.h>|
2  #device adc=10
3  #fuses nowdt,nolvp,intrc_io,nomclr,noprotect,nowrt,nodebug,nofcmen,noieso,nobrownout
4  #use delay (clock=8000000)
5  #use standard_io(A)
6  #use fast_io(B)
7  #byte porta=0x05
8  #byte portb=0x06
9  #include <flex_lib.c> //Librería para grabar valores 16 bits eeprom
10 #include <internal_eeprom.c>
11 #define USE_LCD_RW_1 //Para conectar el pin RW de la lcd a tierra
12 int cont,c=0;
13 float calibrar=0;
14 int16 j,h,e,b,a;
15 float presion;
16
17 //*****Función para escribir y leer*****
18 //*****variables int16 en la eeprom*****//
19 void write_eeprom_16bits(int address, long* val)
20 { int pLow, pHigh;
21   pLow = val;
22   pHigh = val>>8;
23   write_eeprom(address,pHigh);
24   delay_ms(20);
25   ++address;
26   write_eeprom(address,pLow);
27   delay_ms(20);
28 }
29
30 long read_eeprom_16bits(int address){
31
32   int pLow, pHigh;
33   long result;
34   pHigh = read_eeprom(address);
35   ++address;
36   pLow = read_eeprom(address);
37   result=(pHigh<<8);
38   result+=pLow;
39   return result;
40 }
41
42 void write_eeprom_float(int16 address, float val)
43 {int8 buffer[sizeof(float)];
44   int8 puntero;
45   memcpy(buffer,&val,sizeof(float));
46   for (puntero=0;puntero<sizeof(float);puntero++)
47   {
48     write_eeprom(address++,buffer[puntero]);
49     delay_ms(20);
50   }
51 }
52 float getfloatfromeeprom(int16 address)
53 {
54   int8 mybuffer[sizeof(float)];
55   float cal;
56   int8 puntero;
57   for (puntero=0;puntero<sizeof(float);puntero++)
58   {
59     mybuffer[puntero]=read_eeprom(address++);
60   }
61   memcpy(&cal,mybuffer,sizeof(float));
62   return (cal);
63 }
64 #INT_RB

```

```

65 void INTRBI() {
66     if ((bit_test(portb,4)==0)&(bit_test(portb,5)==0))
67     {printf(lcd_putc,"\fSuelte los \nbotones");
68         delay_ms(2000);
69         c=200;
70         do
71             //hacer hasta que se vuelva a presionar
72             //los dos botones
73         { c--;
74             printf(lcd_putc,"\f1-> Calibracion \n2-> Set point%u",c);
75             delay_ms(100);
76             switch(portb&0b00110000) //escoja punto de control o calibración
77             {case 16: //punto de control
78                 c=100;
79                 e=e;
80                 do
81                 {c--;
82                     printf(lcd_putc,"\fPunto de control \n=%lu psi %u",e,c);
83                     delay_ms(150);
84                     switch(portb&0b00110000) //Incremento variable
85                     {case 16:
86                         c=100;
87                         e=e+1;
88                         if(e>362)
89                             e=1;
90                         break;
91                     case 32: //Decremento variable
92                         c=100;
93                         e=e-1;
94                         if(e<1)
95                             e=362;
96                         break;
97                     }
98                 }while((bit_test(portb,7)==1)^(c<=1));
99                 write_eeprom_16bits(0,e); //Escribe el valor tipo int 16 en la eeprom
100                 if(c<=1)
101                 {printf(lcd_putc,"\f Tiempo\n Agotado");
102                     delay_ms(1000);
103                 }
104                 printf(lcd_putc,"\fPunto de control \n establecido");
105                 delay_ms(1000);
106                 printf(lcd_putc,"\fPunto de control \n= %lu psi",e);
107                 delay_ms(2000);
108                 c=200;
109             break;
110         case 32:
111             calibrar=getfloatfromeeprom(10);
112             c=100;
113             do{c--;
114                 printf(lcd_putc,"\fCalibre \n=%f psi %u",calibrar,c);
115                 delay_ms(150);
116                 switch(portb&0b00110000) //Incremento variable
117                 {case 16:
118                     c=100;
119                     calibrar=calibrar+0.1;
120                     if(calibrar>10)
121                     {
122                         calibrar=-10;
123                     }
124                     break;
125                 case 32: //Decremento variable
126                     c=100;
127                     calibrar=calibrar-0.1;
128                     if(calibrar<-10)
129                     {calibrar=10;

```

```

129         }
130         break;
131     }
132     }while(((bit_test(portb,7)==1)^(c<=1));
133     write_eeprom_float(10,calibrar); //Escribe el valor tipo int 16 en la eeprom
134     if(c<=1)
135         {printf(lcd_putc,"\f Tiempo\n Agotado");
136         delay_ms(1000);
137         }
138     printf(lcd_putc,"\fCalibre \n establecido");
139     delay_ms(1000);
140     printf(lcd_putc,"\fCalibre \n= %f psi",calibrar);
141     delay_ms(2000);
142     c=200;
143     break;
144     }
145 }while(((bit_test(portb,4)==1)&(bit_test(portb,5)==1)^(c<=1));
146 if(c<=1)
147     {printf(lcd_putc,"\f Tiempo\n Agotado");
148     delay_ms(1000);
149     }
150 }
151 //*****Sale del modo de bajo consumo y resetea alarma*****//
152 if(bit_test(portb,7)==0)
153     {
154         output_high(pin_b3);
155         output_high(pin_b2);
156         cont=0;
157         printf(lcd_putc,"\fInicia Trabajo");
158         delay_ms(10000); //Retardo para estabilización de presión
159     }
160 }
161 void main(void){
162     set_tris_a(0b00000100); //configuración del pin A2 como entrada
163     set_tris_b(0b11110000); //Configuración I/O puerto B
164     setup_adc_ports(SAN2); //Configuración del pin A3 como analógico
165     setup_adc(adc_clock_internal); //Selección del reloj del conversor
166     set_adc_channel(2); //Selección del canal de conversión = canal
167     enable_interrupts(int_rb); //Abilita interrupciones por RB4-RB7
168     enable_interrupts(GLOBAL); //Abilita las interrupciones
169     lcd_init(); //Inicializa LCD
170     delay_ms(200);
171     output_high(pin_b2);
172     printf(lcd_putc,"\fProyecto de\nTesis");
173     delay_ms(2000);
174     e=read_eeprom_16bits(0); //Asigna a la variable "e" el valor
175     //tipo int 16 de la eeprom
176     delay_ms(20);
177     calibrar=getfloatfromeeprom(10);
178     delay_ms(20);
179     printf(lcd_putc,"\fSet point=%lu psi \nCalibre=%f psi",e,calibrar);
180     delay_ms(2000);
181     do{
182         for(h=1;h<=25;h++)
183             {
184                 set_adc_channel(2);
185                 delay_ms(15);
186                 b=read_adc();
187                 a=a+b;
188             }
189             j=a/25; //Promedio Lectura adc
190             presion=((362.59*j/1024.0)+calibrar); //Cálculo de Presión
191             printf(lcd_putc,"\f U T N\nPres= %01.2fpsi",presion);
192             delay_ms(200);
193             a=0;
194             if(presion<=e) //Interrogante para alarma de fuga
195                 {
196                     cont++;
197                     delay_ms(100);
198                     if(cont==20){
199                         output_low(pin_b3); //bandera indicativa de fuga
200                         do{printf(lcd_putc,"\fALARMA ultimo\nvalor Pres= %01.2fpsi",presion);
201                         delay_ms(50);
202                         }while(bit_test(portb,7)==1);
203                     }
204                 }else cont=0;
205             } while(bit_test(portb,6)==1);
206             //*****Estado de bajo consumo*****//
207             printf(lcd_putc,"\fModo ahorro de \nEnergia");
208             delay_ms(2000);
209             output_low(pin_b2); //Apaga LCD
210             sleep();

```

**ANEXO 3 MANUAL DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO**

**MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL
DISPOSITIVO DETECTOR DE FUGAS**

1. INTRODUCCIÓN

Este manual describe la forma de operación del “Sistema de detección de fuga de agua potable de la junta administradora de agua potable Sumak-Yaku-Araque-Otavalo” tanto durante la operación normal del sistema como en el evento de una fuga de agua, además se señala claramente los procedimientos que el operador debe tener en cuenta para un buen funcionamiento del dispositivo.

En la parte final del manual, se indica la forma de calibración del sistema y el mantenimiento que debe realizarse periódicamente por personal calificado para el efecto.

Cabe señalar que el presente manual describe todos los procedimientos a seguirse con el sistema instalado a la fecha, no obstante se recomienda que en caso de realizarse modificaciones tanto en la estructura o sistema autorizado por la Junta administradora de agua potable Sumack Yaku, se deberá realizar las correspondientes reformas a este manual para mantenerlo actualizado

2. OBJETIVOS

Establecer los lineamientos a seguir para asegurar la eficiente y oportuna intervención del personal de mantenimiento u operación.

Contar con un instrumento de apoyo que permita al personal encargado manipular el dispositivo con pleno conocimiento de sus funciones y facilitar la configuración.

3. PROCEDIMIENTOS

Se tiene procedimientos de operación y procedimientos de mantenimiento.

3.1. PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN

La operación se constituye en interpretar con ayuda de una tabla, los datos de presión mostrados en la pantalla cuando hay alarma de fuga y, en el procedimiento para reinicio manual de la alarma del dispositivo en caso de que falle el reinicio automático a distancia desde la central de operaciones.

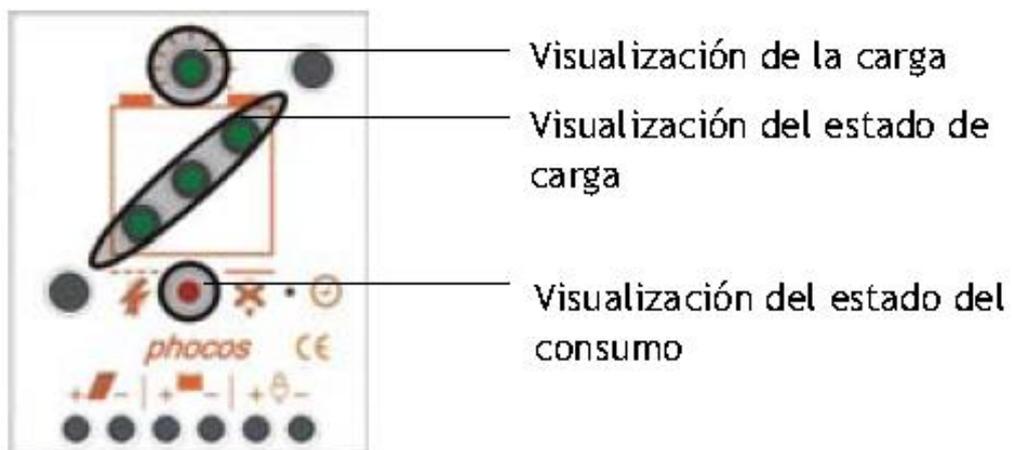
3.1.1. Funcionamiento del sistema en condiciones normales de operación

En condiciones normales de operación, la pantalla de equipo deberá mostrar la presión de trabajo de las tuberías, esto es:

Estación N° 2	Mayor a 30 PSI
Estación N° 3	Mayor a 8 PSI

Tabla de presiones normales de funcionamiento

Además deberá verificarse que los controladores de carga estén encendidos, y el porcentaje de carga de las baterías se podrá observar en los LEDs correspondientes, así:



En funcionamiento normal, el controlador muestra el estado de la carga de la batería y el estado de la carga de los paneles solares. Adicionalmente, cualquier descenso del estado de la carga (SOC) se señala acústicamente.

Visualización de la carga



El módulo solar
suministra electricidad
(LED encendida)

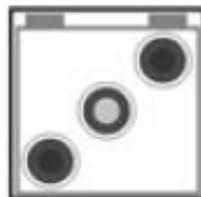


El módulo solar no
suministra electricidad

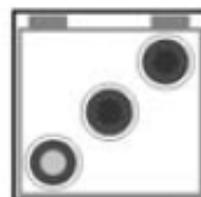
Visualización del estado de la carga



>75%



25-75%



<25%



destellos: <10%

El porcentaje indica la relación entre la energía disponible de una batería completamente cargada, y el mínimo indicado con Desconexión por Bajo Voltaje.

Si el nivel de carga no es el adecuado, se deberá reportar este evento para realizar el respectivo mantenimiento, hay que recordar que en la estación No 3 el sistema se alimenta únicamente de las baterías y de no estar cargadas adecuadamente, el sistema de detección de fugas, detección de nivel así como la transmisión de datos quedarán inhabilitadas.

3.1.2. Procedimiento para interpretación de datos por alarma

En el evento de una parada del sistema por alarma de fuga de agua, el operador deberá ir a la estación correspondiente y podrá observar en la pantalla ubicada en el tablero principal, donde se muestra el último valor de presión antes del disparo de alarma, este valor se debe comparar con la tabla siguiente, para tener una idea de la posible falla del sistema, con esto se facilita la inspección y solución del problema.

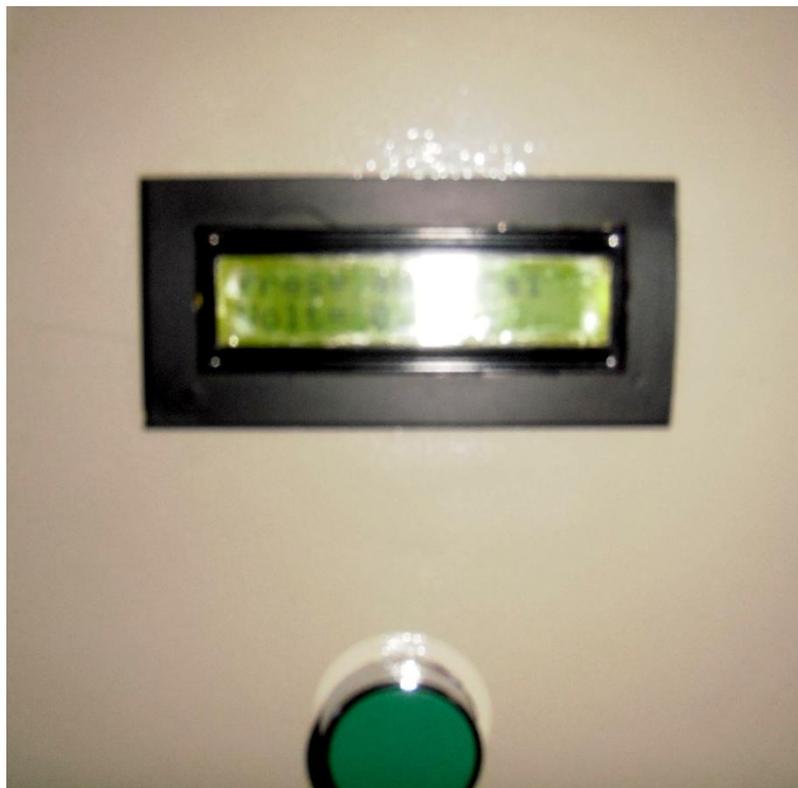


Problema	Posible causa
Lectura ligeramente menor al establecido	Fuga en las tuberías, Problema en alabes de bombas
Lectura considerablemente menor (mitad) al establecido	Fuga grande, Ruptura de tubería
Lectura Cero	Falla mecánica motor, pérdida de alimentación eléctrica motor, falla bomba, no hay agua en origen (vertiente o tanque), se trabó válvula check de salida de la bomba

3.1.3. Procedimiento para Reinicio Manual

Primero es necesario reparar la falla, luego reiniciamos el dispositivo desde la sala de control, en el caso de que esta opción esté deshabilitada, reiniciamos el dispositivo manualmente, para esto contamos con un pulsador en la parte frontal del tablero, debajo de la pantalla LCD, el mismo que se debe mantener presionado hasta que se vuelva a mostrar en la

pantalla la lectura de presión, con esto se reinicia el dispositivo poniendo el estado de la alarma en apagado.



3.2. PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO REGULAR

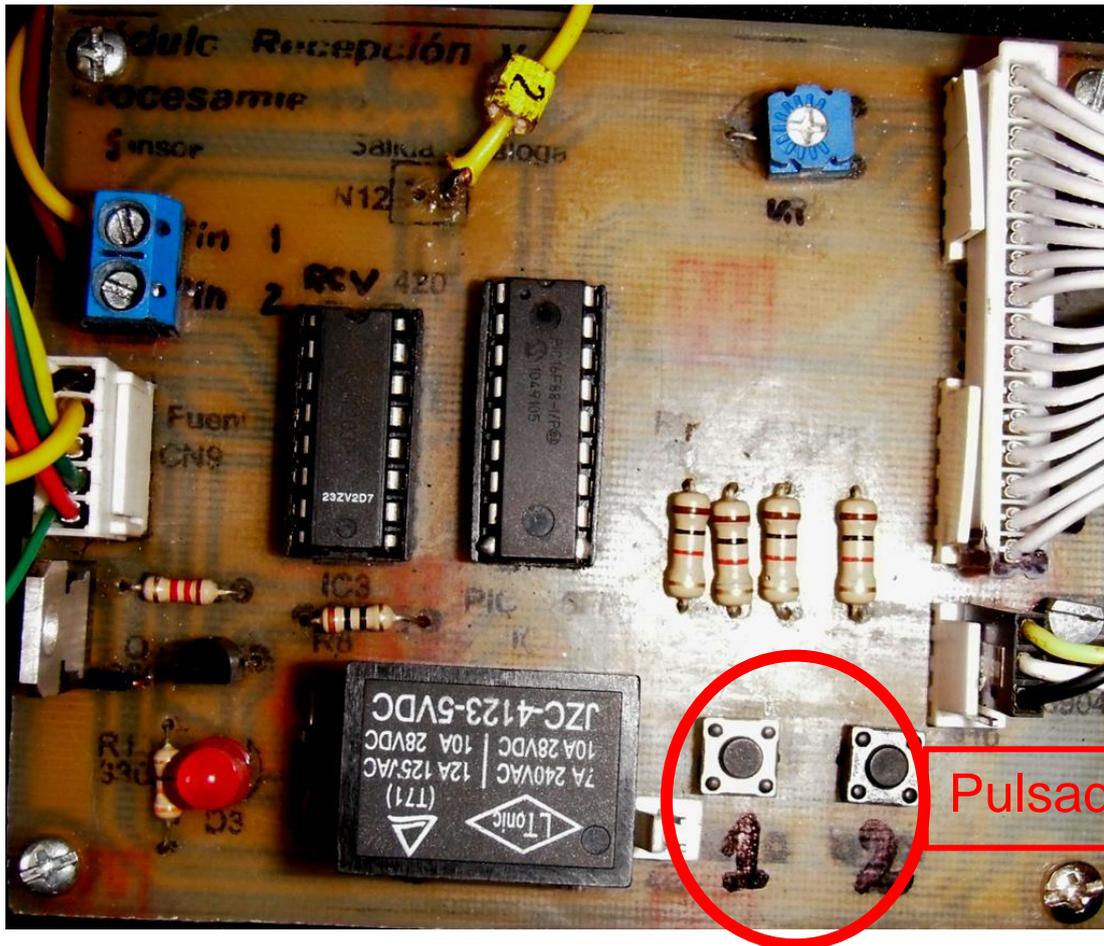
Si bien el sistema está diseñado para no requerir mantenimiento durante un prolongado periodo de tiempo, es recomendable realizar ciertos procedimientos de mantenimiento con la finalidad de mantener el sistema siempre operativo, así:

- Inspección visual de los tableros, para verificar que estén en servicio y sin presencia de humedad, depósitos de polvo o insectos.
- Limpieza externa de los paneles solares cada seis mese

3.3. PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTOS ESPECIALES

Los procedimientos de mantenimiento básicamente enmarcan a la calibración y cambio del punto de control, estas operaciones deberán ser realizadas únicamente por personal técnico designado para el mantenimiento del sistema.

En la parte interior del tablero se encuentra la placa principal del dispositivo detector de fugas, en esta se localizan dos pulsadores que son los que permiten aumentar o disminuir el valor de las variables, esta variación se visualiza en la pantalla LCD ubicada en la puerta del tablero.



3.3.1. Procedimiento para Calibración

La calibración del sensor permite ajustar el desplazamiento de cero u “Offset” del sensor, la verificación de la calibración del sensor se recomienda realizarla una vez al año.

- Es necesario sacar el sensor para lo cual:
 - Cierre la válvula de paso que une al sensor con el collarín montado sobre la tubería.
 - Con cuidado de no ejercer mucha fuerza desacople el sensor girándolo.
- En la pantalla LCD visualizamos el valor, este debe ser 0,00 PSI, si es cero no necesita calibración pero si no lo es, entonces es necesario calibrarlo,

para lo cual debemos tener en cuenta el valor mostrado (valor de calibración) porque es ese valor el que se debe aumentar o reducir, por ejemplo si el valor mostrado es 1,20 entonces ese valor es necesario reducir, o si el valor mostrado es -1,20 entonces ese valor es necesario aumentar.

- En el tablero, ingresamos al menú de calibración, para esto presionamos al mismo tiempo los dos pulsadores de la placa principal y observamos el dialogo en la pantalla LCD.
- Suelte los dos pulsadores. En la pantalla empieza una cuenta regresiva que nos sacará del menú si no presionamos ningún pulsador.
- En la pantalla nos indica pulsador 1 para Calibración, o pulsador 2 para Punto de control, presionamos pulsador 1 y la pantalla muestra el valor actual de calibración e inicia una cuenta regresiva que nos saca del menú si no presionamos ningún pulsador.



- Presionamos pulsador 2 para aumentar el valor o pulsador 1 para disminuir el valor, este valor varía desde -10,00 hasta 10,00 el valor inicial es de 0,00 la pantalla muestra la variación del valor de calibración



- Una vez encontrado el valor deseado (valor de calibración) se presiona el pulsador de reinicio manual, con esto en la pantalla nos indica que el valor ha sido establecido (grabado) y retorna al menú principal, si no se presiona ningún pulsador, inicia una cuenta regresiva que nos saca del menú grabando el valor escogido.

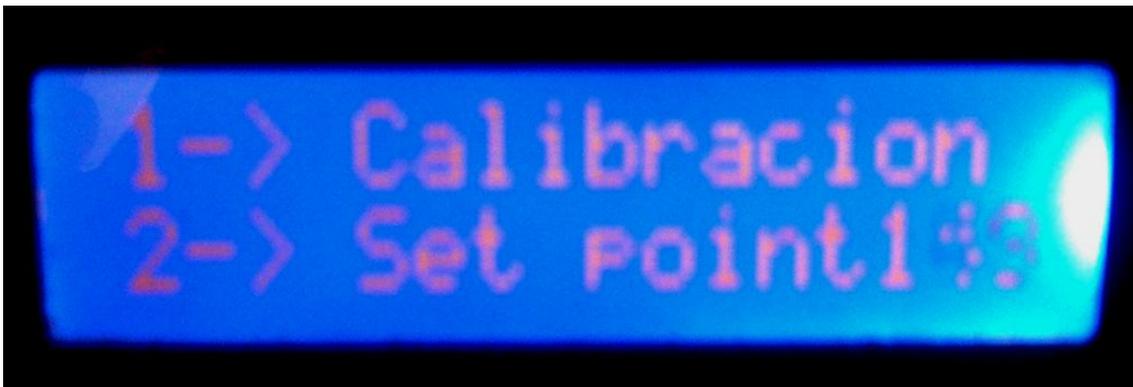


- Para salir del menú principal se presionan al mismo tiempo los dos pulsadores o si no presionamos ningún pulsador, inicia una cuenta regresiva que nos saca del menú.

3.3.2. Procedimiento para seleccionar el punto de control

El procedimiento de ajuste del punto de control, permite cambiar el valor de presión mínimo para la cual el sistema de detección de fugas se dispara, este valor se muestra en la tabla de presiones en funcionamiento normal indicada.

- En el tablero, ingresamos al menú de punto de control (set point), para esto presionamos al mismo tiempo los dos pulsadores de la placa principal y observamos el dialogo en la pantalla LCD.
- Suelte los dos pulsadores. En la pantalla empieza una cuenta regresiva que nos sacará del menú si no presionamos ningún pulsador.
- En la pantalla nos indica pulsador 1 para Calibración, o pulsador 2 para Punto de control, presionamos pulsador 2 y la pantalla muestra el valor actual del punto de control (set point) e inicia una cuenta regresiva que nos saca del menú si no presionamos ningún pulsador.



- Presionamos pulsador 2 para aumentar el valor o pulsador 1 para disminuir el valor, este valor varía desde 0 hasta 362 la pantalla muestra la variación del valor de calibración, si se llega a 362 y se sigue aumentando, pasa a cero nuevamente y si reduciendo se llega a 0 y se sigue reduciendo, se pasa a 362.



- Una vez encontrado el valor deseado, se presiona el pulsador de reinicio manual, con esto en la pantalla nos indica que el valor ha sido establecido (grabado) y retorna al menú principal, si no se presiona ningún pulsador, inicia una cuenta regresiva que nos saca del menú grabando el valor escogido.



- Para salir del menú principal se presionan al mismo tiempo los dos pulsadores o si no presionamos ningún pulsador, inicia una cuenta regresiva que nos saca del menú.



ANEXO 4 HOJA DE DATOS DEL TRANSMISOR DE PRESIÓN

Main data:

Measurement Range: 0 to 100 KPa, to 60 MPa

Pressure Form: Gauge pressure or absolute pressure

Accuracy 0.5 % F. S. And 0.2 % F. S.

(including linearity, repeatability and hysteresis)

Compensation Temperature: 0 to 70

Operating Temperature: -40 to 125

Allowed Overpressure: 1.5 times Full Scale

Long Term Stability: <0.1% F. S. /year

Response Time: 10 ms

Output Signal 4 to 20 mA (two-wire type) or 0-5 DC(three-wire type)

Power supply: 24 VDC

Pressure Connection: M24 x 1.5 or by request



Features:

1. Firm ceramic sensing element;
2. Laser calibration of zero point, full range;
3. Prominent anticorrosion, antifraying performance;
4. Shock resistance and vibration resistance;
5. High accuracy, high stability;
6. Wide operating temperature range.

Typical Application:

1. Process control;
2. Environment engineering;
3. Hydraulic pressure and gas operated device;
4. Serve-value and transmission;
5. Chemicals and chemical industry;

ANEXO 5 HOJA DE DATOS DE LOS MÓDULOS DE GENERACIÓN SOLAR

ZT 10P poly ZYTECH MODULES



Cells	
Cell Technology	Polycrystalline silicon
Number of cells per module	36
Cell dimensions	156 × 12 mm
Cell Efficiency	15.59%

Mechanical Data	
Dimension of the module L × W × H	500 × 250 × 17 mm
Weight	1.8 kg

Electrical data		
		ZT 10P
Maximum power	P_{max}	10 W
Open Circuit Voltage	V_{oc}	21.82 V
Maximum power point voltage	V_{mp}	18.11 V
Short circuit current	I_{sc}	0.62 A
Maximum power point current	I_{mp}	0.55 A

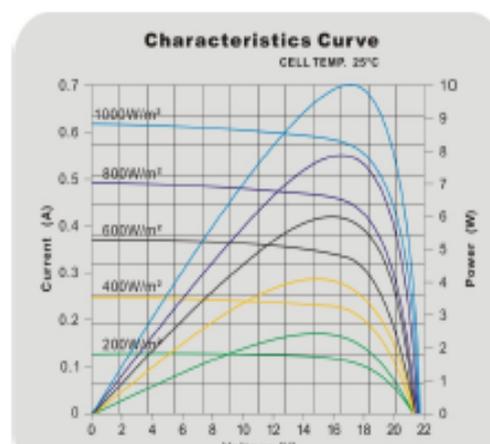
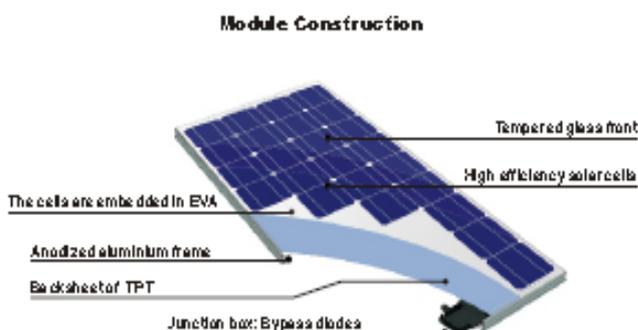
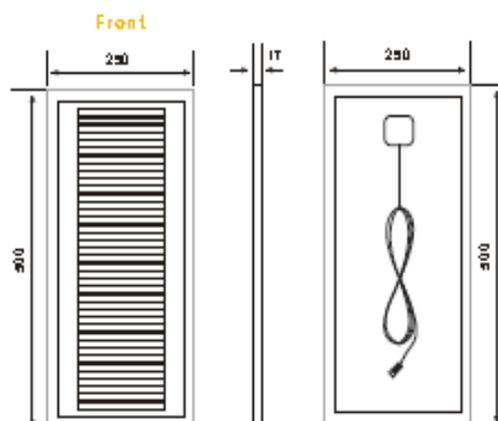
* At Standard Conditions (STC) (Irradiance: 1000 watt/m², spectrum AM 1.5, at a cell temperature of 25°C).

Thermal data	
NOCT	47°C ± 2°C
Temperature Coefficient of V_{oc}	(70 ± 5) mV / °C
Temperature Coefficient of I_{sc}	+ (0.065 ± 0.015) % / °C
Temperature Coefficient of Power	(0.5 ± 0.05) % / °C

* NOCT: Normal Operational Temperature in Celsius

System integrated parameters	
Maximum system voltage SCII	600 VDC
Maximum reverse current	Do not apply external voltages larger than V_{oc} to the module

Additional data	
Junction box	IP 65
Connector	XO DC connector,
Power tolerance	± 5%
Cable	0.75 mm ²
Cable lengths	2000 mm



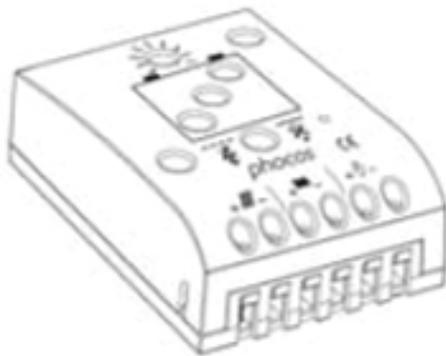
**ANEXO 6 MANUAL DE INSTRUCCIONES DEL
CONTROLADOR DE CARGA SOLAR**



Phocos CML-V2

Controlador de carga solar

Manual de Instrucciones (Español)



Estimado Usuario,

Muchas gracias por adquirir un producto de Phocos. Por favor, antes de utilizar este producto lea las instrucciones detenidamente y al completo.

Con su nuevo controlador CML, Ud. posee un aparato moderno que ha sido diseñado siguiendo los últimos criterios técnicos disponibles. Incorpora toda una serie de características sobresalientes, como:

- Visualización clara y legible del estado de la carga
- Señal acústica cuando el estado de carga cambia
- Desconexión por bajo voltaje regulada por el estado de carga o por el voltaje
- Abrazaderas de conector de 16 mm²
- Protección electrónica completa

Este manual da recomendaciones claves para la instalación, utilización y programación, así como soluciones en caso de que tenga problemas con el controlador. Por su propio bien, léalo detenidamente; en particular, las recomendaciones sobre uso y seguridad descritas en las últimas páginas.

Descripción de las Funciones

- El controlador de carga protege a la batería contra posible sobrecarga del modulo solar y evita que sea fuertemente descargada durante los consumos. Las características de carga comprenden diversos estadios que incluyen la adaptación automática a la temperatura ambiente.
- El controlador de carga se ajusta automáticamente al sistema de voltaje de 12V o 24V.

- El controlador de carga tiene varias funciones de seguridad y de visualización.

Montaje y Conexión

El controlador debe funcionar únicamente en interiores. Protéjalo de la luz directa del sol y colóquelo en un lugar seco. No debe instalarse nunca en habitaciones húmedas (como baños).

El controlador mide la temperatura ambiente para determinar el voltaje de carga. El controlador y la batería deben instalarse en la misma habitación.

El controlador se calienta durante su funcionamiento y por lo tanto ha de instalarse únicamente sobre una superficie no inflamable.

OBSERVACIÓN: Para evitar errores de instalación, conecte el controlador siguiendo los pasos descritos a continuación.

①



Fije el controlador a la pared con tornillos adecuados a la superficie de la misma. Use tornillos de 4 a 5 mm. de eje y 8mm. de diámetro. Tenga en cuenta que los tornillos deben soportar la fuerza aplicada en el cableado.

Asegúrese que las hendeduras laterales del ventilador no estén obstruidas.

Dispone como accesorio de una placa de instalación con carril DIN (CX-DR2). Permite montar el controlador en un carril DIN estándar de 35mm. Quite los tornillos de la parte trasera del controlador y atornille en la misma la placa de instalación con el tornillo de sujeción (largo).

②



Conecte el cableado a la batería con la polaridad correcta. Para evitar voltaje en los cables, conecte primero el controlador y luego la batería. Tenga en cuenta la longitud de cable recomendada (mín. de 30 cm. a máx. aprox. de 100 cm.) y el tamaño del cable:

CML05: mín. 2.5 mm²

CML08: mín. 4 mm²

CML10: mín 6 mm²

CML15, CML20: mín 10 mm²

La polaridad incorrecta causará un permanente sonido de advertencia.

ADVERTENCIA: Si se conecta la batería con polaridad inversa, la polaridad de los bornes de carga también será incorrecta. ¡No conecte nunca cargas bajo estas condiciones!

OBSERVACIÓN: Siga las recomendaciones del fabricante de su batería. Recomendamos encarecidamente conectar un fusible directamente a la batería para evitar cortocircuitos en el cableado de la misma. El fusible debe tener la corriente nominal del controlador de carga:

CML05: 20A, CML08: 20A, CML10: 30A,
CML15: 30A, CML20: 40A

③



Conecte con la polaridad correcta los cables dirigidos al módulo solar. Para evitar voltaje en los cables, conecte primero el controlador y luego el módulo solar. Tenga en cuenta el tamaño de cable recomendado:

CML05: mín. 2.5 mm²

CML08: mín. 4 mm²

CML10: mín 6 mm²

CML15, CML20: mín 10 mm²

OBSERVACIÓN: *para minimizar los efectos electromagnéticos coloque el cable positivo al lado del cable negativo.*

OBSERVACIÓN: *Los paneles solares suministran voltaje en cuanto quedan expuestos a la luz del sol. Siga en todos los casos las recomendaciones del fabricante del panel solar.*

④



Conecte con la polaridad correcta los cables dirigidos a los consumos. Para evitar voltaje en los cables, conecte primero el cable a la carga y luego al controlador. Tenga en cuenta el tamaño de cable recomendado:

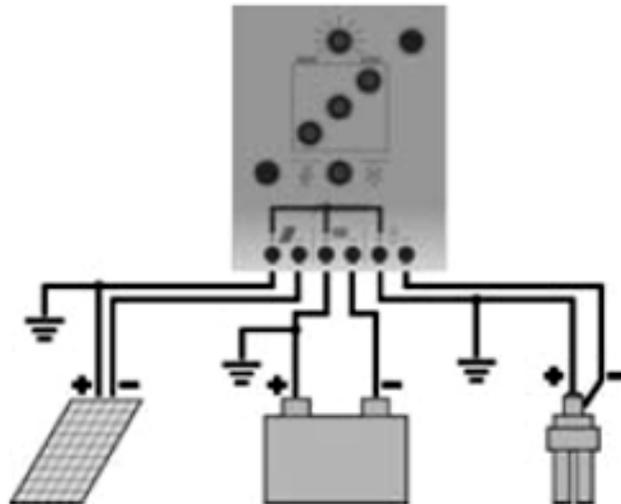
CML05: mín. 2.5 mm²

CML08: mín. 4 mm²

CML10: mín 6 mm²

CML15, CML20: mín 10 mm²

Toma de tierra del Sistema Solar



Tenga en cuenta que los bornes positivos del controlador CML están conectados internamente y, por lo tanto, tienen el mismo potencial eléctrico. Si se requiere toma de corriente, efectúela siempre en los cables positivos.

OBSERVACIÓN: Si se utiliza el aparato en un vehículo que tenga el negativo de la batería en el chasis, los consumos conectados al controlador no deben tener una conexión eléctrica a la carrocería; de otro modo se provocaría un cortocircuito en las funciones de Desconexión por Bajo Voltaje y de fusible electrónico.

Activar el controlador

Test Automático

Acto seguido a que el controlador reciba corriente, ya sea de una batería o de un módulo solar, éste ejecuta un autotest rutinario. Luego la visualización cambia a funcionamiento normal.

Voltaje del Sistema

El controlador de carga se ajusta automáticamente al sistema de voltaje de 12V o 24V. Si durante el encendido el voltaje excede de 20,0 V, el controlador cambia a un sistema de 24 V.

Durante el encendido, si el voltaje de la batería no está dentro de la escala normal de funcionamiento (ca. 12 a 15.5 V o ca. 24 a 31 V), se muestra un MENSAJE DE ERROR.

Tipo de Batería

El controlador está programado para funcionar con baterías de plomo de electrolito líquido. Si piensa usar la batería de plomo con electrolito sólido (tipo 'gel' o tipo 'vellón') puede ajustar las características de carga (ver "Configuración"). En ese caso se desactivará la carga de ecualización.

Si tiene alguna duda consulte con el vendedor.

Recomendaciones de Uso

El controlador se calienta mientras está en funcionamiento.

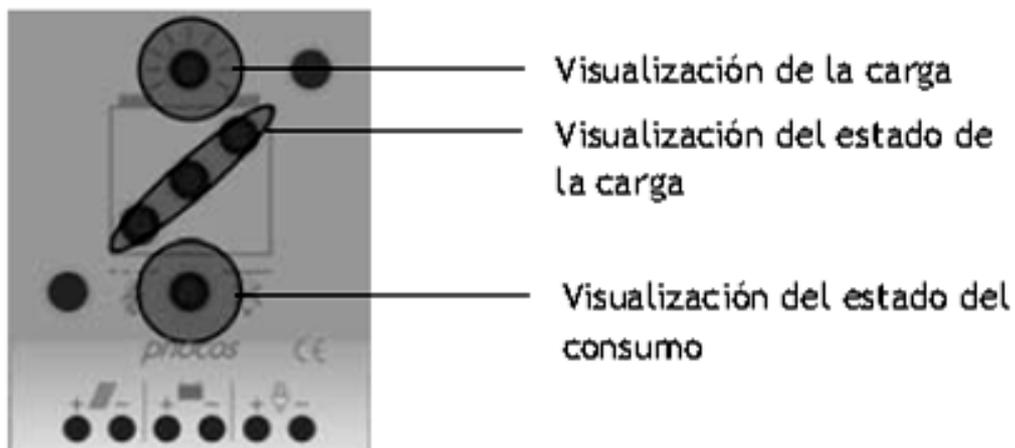
El controlador no requiere ningún mantenimiento o revisión. Quite el polvo con un trapo seco.

Es importante que la batería se cargue completamente con frecuencia (al menos una vez por mes). De otro modo, la batería estará permanentemente dañada.

Una batería solo puede estar completamente cargada si durante los consumos no se pierde mucha energía. Tenga esto en cuenta, especialmente si instala consumos adicionales.

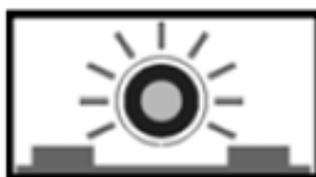
Funciones de Visualización

El controlador dispone de 5 LEDs y de una señal acústica de aviso.



En funcionamiento normal, el controlador muestra el estado de la carga de la batería y el estado de la carga de los paneles solares. Adicionalmente, cualquier descenso del estado de la carga (SOC) se señala acústicamente.

Visualización de la carga



El módulo solar suministra electricidad (LED encendida)



El módulo solar no suministra electricidad

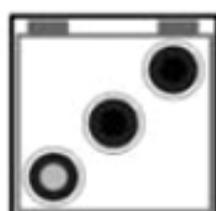
Visualización del estado de la carga



>75%



25-75%



<25%

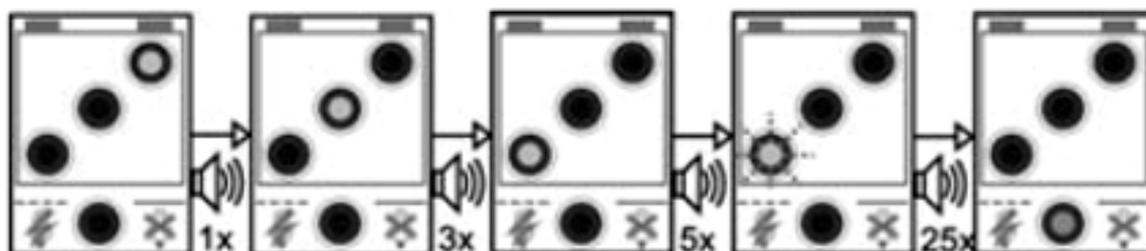


destellos: <10%

El porcentaje indica la relación entre la energía disponible de una batería completamente cargada, y el mínimo indicado con Desconexión por Bajo Voltaje.

Señales acústicas

El descenso del estado de la carga (SOC) se indica mediante una señal acústica.



Se desconectan los consumos aprox.. 1 minuto después de una serie de 25 pitidos.

Visualización del estado del consumo

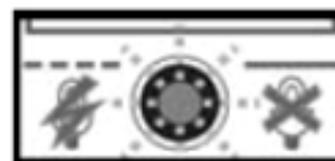
En caso de descarga profunda o sobrecarga/cortocircuito de la carga, se desconecta la salida del consumo. Esto se indica por:



Funcionamiento Normal



Desconexión por bajo voltaje (LED encendida)



Sobrecarga o Cortocircuito del consumo (LED haciendo flashes)

Función de Desconexión por Bajo Voltaje (LVD)

El controlador tiene 2 modos diferentes para proteger a la batería de una descarga profunda:

1. Estado de la carga controlado: Desconecta de 11.4 V (a corriente de carga nominal) hasta 11.9 V (a falta de corriente). Modo de funcionamiento normal para una buena protección de la batería.
2. Voltaje controlado: Desconecta en el parámetro de 11.0 V. Apropiado si otros consumos retiran corriente directamente de la batería.

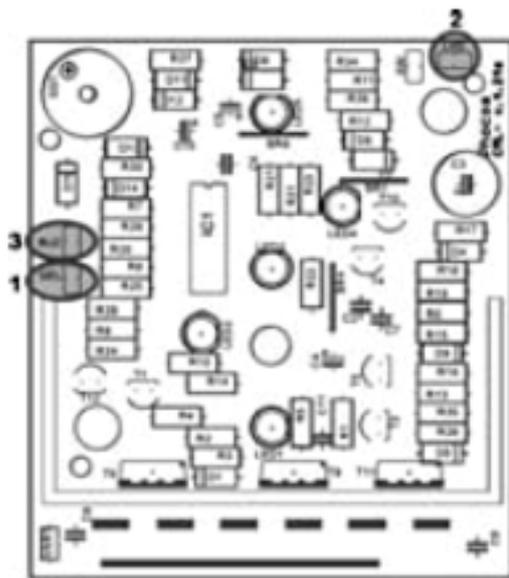
Salido de fábrica, el controlador está programado en el Modo 1. Se describe debajo como cambiar la configuración del modo. En caso de que dude sobre el modo a escoger, consulte con el vendedor ya que dependerá de la batería que utilice.

Configuración

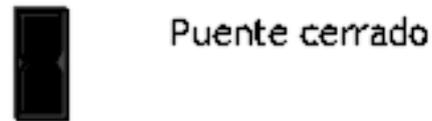
Puede configurarse el controlador para funcionamientos especiales. Para este propósito, abra la cubierta del controlador quitando los tornillos de su parte trasera.

ADVERTENCIA: ¡No debe abrirse el controlador si está conectado y si está funcionando!

Cuando abra el controlador, verá 3 puentes en la placa electrónica:



Para cambiar, ponga el puente ya sea en ambas clavijas de contacto o solo en una:



Puente cerrado



Puente abierto

Pueden configurarse los siguientes parámetros con estos puentes:

Jumper	GEL (1)	LVD (2)	BUZ (3)
Función	Tipo de batería	Función de desconexión por bajo voltaje	Alarma acústica
Parámetro de puente abierto	Electrolito líquido (batería cerrada)	Estado de la carga controlado	Alarma desactivada
Parámetro de Puente cerrado	GEL (batería cerrada)	Voltaje controlado	Alarma activada
Parámetro de funcionamiento	Puente abierto (electrolito líquido)	Puente abierto, estado de la carga controlado	Puente cerrado Alarma activada

Tras completar la configuración, vuelva a poner la cubierta y fíjela con los tornillos.

Características de Seguridad

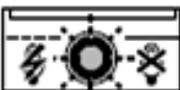
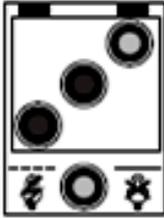
El controlador está protegido contra una instalación o uso erróneos:

	En el borne de la instalación solar	En el borne de la batería	En el borne de carga
ía conectada con polaridad correcta	Totalmente	Funcionamiento Normal	Totalmente
Batería conectada con polaridad equivocada	Totalmente	Totalmente. Aviso Acústico	Totalmente
Polaridad inversa	Sí no con un sistema de voltaje de 24V.	Sí solamente si la batería está conectada. Aviso Acústico	La salida del consumo está protegida. Los consumos pueden estar dañados.
Cortocircuito	Totalmente	Totalmente. PRECAUCIÓN: Debe protegerse la batería con un fusible.	Totalmente

	En el borne de la instalación solar	En el borne de la batería	En el borne de carga
Sobre-corriente	Sin protección	-----	El controlador desactiva el borne de carga.
Sobrecarga térmica	Sin protección	-----	El controlador desactiva el borne de carga.
Sin conexión	Totalmente	Totalmente	Totalmente
Corriente Inversa	Totalmente	-----	-----
Sobrevoltaje	Varistor 56 V, 2.3 J	Máx. 40 V	El controlador desactiva el borne de carga.
Bajo voltaje	Funcionamiento Normal	El controlador desactiva el borne de carga.	El controlador desactiva el borne de carga.

ADVERTENCIA: La combinación de diferentes circunstancias de error puede dañar al controlador. ¡Corrija siempre un error antes de proseguir con la conexión del controlador!

Descripción de Errores

Error	Circunstancia	Causa	Solución
No se suministran los consumos.		La batería está baja	El consumo se volverá a conectar tan pronto como la batería esté recargada.
		Sobre corriente/ Cortocircuito de consumos	Desconectar todos los consumos. Suprimir cortocircuito. El controlador activará automáticamente el consumo después de 1 minuto, como máximo.
		El voltaje de la batería es demasiado alto (>15.5 / 31.0V)	Compruebe que otras fuentes no estén sobrecargando la batería. De otro modo, se dañará el controlador.
		Los cables o el fusible de la batería están dañados, la batería tiene una alta resistencia	Comprobar los cables y fusibles de la batería y el estado de la misma.

Error	Circunstancia	Causa	Solución
La batería se vacía después de poco tiempo		La batería tiene baja capacidad	Cambiar la batería
La batería no se carga durante el día		Módulo Solar defectuoso o polaridad equivocada	la conexión defectuosa o la polaridad inversa
Batería con polaridad equivocada	 Sonido permanente	La batería está conectada con polaridad inversa	Corrija la polaridad inversa de la batería

Recomendaciones Generales sobre Seguridad y Manejo

Uso Establecido

El controlador de carga está diseñado exclusivamente para sistemas fotovoltaicos con 12 V o 24 V de voltaje nominal y en conjunción solamente con baterías de plomo con aberturas o selladas (VRLA).

Recomendaciones Generales de Seguridad

- Las baterías almacenan una gran cantidad de energía. Bajo ninguna circunstancia, ponga una batería en cortocircuito. Recomendamos conectar un fusible (de acción lenta, de acuerdo con la corriente del controlador nominal) directamente al borne de la batería.

Datos Técnicos

Voltaje nominal	12 / 24 V, reconocimiento automático
Voltaje de carga profunda	14.5 / 29.0 V (25 °C), 2 h
Voltaje de ecualización	14.8 / 29.6 V (25 °C), 2 h
Voltaje de flotación	13.7 / 27.4 V (25 °C)
Función de Desconexión por Bajo Voltaje	11.4-11.9 / 22.8-23.8 V controlado por el estado de carga, 11.0 / 22.0 V controlado por el voltaje
Voltaje de reconexión de carga	12.8 / 25.6 V
Compensación de temperatura	-4 mV/cell*K
Máx. corriente de panel solar	5 / 8 / 10 / 15 / 20 A de acuerdo con el número de modelo @ 50 °C
Máx. corriente de carga	5 / 8 / 10 / 15 / 20 A de acuerdo con el número de modelo @ 50 °C
Dimensiones	80 x 100 x 32 mm (w x h x d)
Peso	180gr
Máx. tamaño de cable	16 mm ² (AWG #6)
Autoconsumo	4 mA
Escala de temperatura ambiental	-40 a + 50 °C
Caja de protección	IP 22

Sujeto a cambios sin aviso.
Versión: 20090103
Hecho en uno de los siguientes países:
Alemania- China - Bolivia - India
Phocos AG - Alemania
www.phocos.com

ISO9001:2000

 RoHS