



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TEMA:

Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control utilizando el controlador GSM BR160SM mediante mensajes de texto, en una piscina de tilapia ubicada en la parroquia Taura, para la empresa Dipromacom

AUTOR:

JEAN CARLOS GONZÁLEZ RUGEL

TUTOR:

MET. GINO ADRIÁN ALVARADO MEJÍA. Ing.

DIRECTOR:

VICTOR MANUEL HUILCAPI SUBIA

Guayaquil, febrero del 2019

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN

Los conceptos desarrollados en el presente proyecto de titulación, el desarrollo del tema, el análisis y respectivas conclusiones de este, corresponden exclusivamente a JEAN CARLOS GONZÁLEZ RUGEL con cedula de identidad 0920389384 y el patrimonio intelectual del mismo a la Universidad Politécnica Salesiana

Guayaquil, febrero del 2019

Jean Carlos González Rugel
C.I. 0920389384

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, JEAN CARLOS GONZÁLEZ RUGEL con cédula de identidad 0920389384, autorizo a la **Universidad Politécnica Salesiana** la publicación total o parcial del actual proyecto de titulación con el tema **“Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control utilizando el controlador GSM BR160SM mediante mensajes de texto, en una piscina de tilapia ubicada en la parroquia Taura, para la empresa Dipromacom”**.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual Del Ecuador, en mi condición de autor reservo los derechos morales de la obra anteriormente citada.

En concordancia, suscribo este documento en el momento que realice entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Guayaquil, febrero del 2019

Jean Carlos González Rugel
C.I. 0920389384

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, GINO ADRIÁN ALVARADO MEJÍA certifico que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el proyecto técnico de titulación **“Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control utilizando el controlador GSM BR160SM mediante mensajes de texto, en una piscina de tilapia ubicada en la parroquia Taura, para la empresa Dipromacom”**, realizado por el Sr Jean Carlos González Rugel para la obtención del título de: INGENIERO ELECTRÓNICO

Por medio de la presente certifico que el documento cumple con los requisitos establecidos en el Instructivo para el Estructura y Desarrollo de Trabajos de Titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana.

En virtud de lo anterior, autoriza su presentación y aceptación como una obra autentica y de valor académico

Guayaquil, febrero del 2019

MET. GINO ADRIAN ALVARADO MEJÍA. Ing.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo que presenta esfuerzo y sacrificio, a mis padres: Luis Victor González Vera y Jenny Etelvina Rugel Anchundia los cuales me apoyaron e impulsaron a finalizarlo, a mis hermanos: Victor Gabriel González Rugel y José Luis González Rugel, a mi cuñada Leyda Jaramillo que me aconsejaba y motivaba a continuar, gracias por su apoyo.

Todos mis logros se los debo a ellos, y a todas las personas que me apoyaron en este tiempo.

Jean Carlos González Rugel

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a mi familia que constantemente me ayudaron con su tiempo, consejos y movilización en elaboración del proyecto.

De la misma forma me encuentro agradecido con mi tutor Mgtr. Gino Alvarado, por su paciencia, apoyo y motivación que ha aportado en todo el transcurso del proyecto de titulación

Gracias a cada persona que intervino directa o indirectamente en la culminación de este proyecto, los cuales me ayudaron con su tiempo, consejos y movilización en elaboración del proyecto

Jean Carlos González Rugel

RESUMEN

En el país existe la necesidad de innovar tecnológicamente en ramas muy poco actualizadas, con las nuevas tecnologías que se ofrece en el mercado, la acuicultura se ha visto en la necesidad de mejorar y simplificar sus procesos de monitoreo y acción referentes a la vida marina que se cultiva, por lo que es necesario la implementación de controladores GSM que nos facilite el monitoreo constante de las piscinas, al disponer de sensores que detecten y a su vez estos conectados a un controlador, tendrían la capacidad de entregar la información remotamente, con lo cual se podrá dar acciones inmediatas dependiendo de la alerta.

Este trabajo de titulación tiene como finalidad el diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control GSM utilizando el controlador GSM BR160SM, capaz de activar alarmas visuales y/o sonoras por medio de mensajes de texto, cuando algún sensor envíe una señal indicando algún acontecimiento. Las alarmas serán notificadas mediante mensaje de texto SMS hasta una cantidad máximo de 4 dispositivos, informando que se pasó del rango aceptable de cualquiera de los sensores, los rangos de funcionamiento se pueden configurar previamente.

Se utiliza batería y panel solar para así mantener el funcionamiento del controlador todo el tiempo, con la finalidad de que en un futuro pueda ser instalado en cada piscina sin preocuparse de la energía.

Con la implementación del proyecto la empresa DIPROMACOM pretende ayudar en el desarrollo de la producción de vida marina, facilitando los monitoreos constantes en cualquier parte del país que se disponga de servicio celular.

ABSTRACT

In the country there is a need to innovate technologically in very little updated areas, with the new technologies offered in the market, aquaculture has seen the need to improve and simplify its monitoring and action processes related to marine life that is cultivated, so it is necessary to implement GSM controllers that provide us with constant monitoring of the pools, having sensors that detect and in turn these connected to a controller, would have the ability to deliver the information remotely, thus Immediate actions may be taken depending on the alert.

The purpose of this degree work is to design and implement a GSM monitoring and control system using the GSM BR160SM controller, capable of activating visual and / or sound alarms through text messages, when a sensor sends a signal indicating an event . Alarms will be notified by SMS text message up to a maximum of 4 devices, informing that the acceptable range of any of the sensors has been passed, the operating ranges can be previously configured. A battery and solar panel are used to maintain the controller's operation at all times, so that in the future it can be installed in each pool without worrying about energy.

With the implementation of the project, the company DIPROMACOM intends to help in the development of marine life production, facilitating constant monitoring in any part of the country where cellular service is available.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT.....	VIII
ÍNDICE GENERAL	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
INTRODUCCIÓN.....	1
1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Objetivo General.....	4
1.3 Objetivos específicos.....	4
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Energía electromagnética	5
2.1.1 Frecuencia y potencia cobertura	5
2.1.2 Ancho de banda	6
2.2 Emisión Radioeléctrica	8
2.3 Interferencias	8
2.4 Composición de un sistema de Radiocomunicaciones móviles.....	9
2.4.1 Estaciones fijas (FS)	9
2.4.1.1 Estación base (BS)	9
2.4.1.2 Estación de control (CS)	9
2.4.1.3 Estación repetidora (RS).....	9
2.4.2 Estaciones móviles (MS).....	9
2.4.3 Equipos de control	10
2.5 Radiocomunicaciones móviles	10
2.5.1 Consideraciones generales	10
2.6 Arquitectura del sistema GSM	11
2.6.1 Interfaces	12
2.6.2 Unidades Funcionales	12
2.6.2.1 Subsistema de estaciones base BSS.....	12

2.6.2.2 Subsistema de conmutación y red NSS.....	13
2.6.2.3 Subsistema de operación y supervisión OSS.....	13
2.7 Técnicas de acceso múltiple.....	14
2.7.1 Acceso múltiple FDMA	14
2.7.2 Acceso múltiple TDMA.....	15
2.7.3 Acceso múltiple CDMA.....	15
2.7.4 Acceso múltiple OFDMA	16
2.8 Celda o Célula.....	17
2.8.1 Reutilización de frecuencias y división de celdas	18
2.8.2 Geometría Celular	19
2.8.3 Interferencia.....	20
2.8.3.1 Interferencia por canal compartido	20
2.8.3.2 Interferencia por canal adyacente	21
2.8.4 Ubicación de celdas con canales compartidos.....	21
2.8.5 División de célula	22
2.9 Calidad de los sistemas de comunicaciones móviles	24
2.9.1 Calidad de cobertura.....	24
2.9.2 Calidad de terminal	24
2.9.3 Calidad de disponibilidad	24
2.9.4 Calidad de fiabilidad.....	25
2.9.5 Calidad de fidelidad.....	25
2.10 Microcontroladores	25
2.10.1 Controlador y Microcontroladores	26
2.10.2 Diferencia entre microprocesador y microcontrolador	26
2.11 Módems GSM	28
2.12 Energía solar.....	28
2.12.1 Panel fotovoltaico	29
2.12.2 Composición de un módulo solar fotovoltaico	29
2.12.3 Conexiones de los módulos fotovoltaicos	30
2.12.4 Sistema fotovoltaico autónomo.....	30
2.12.5 Aplicaciones de los paneles fotovoltaicos	31
2.13 Baterías	31
2.13.1 Baterías de plomo-acido	33
2.13.1.1 Trabajo flotante	33
2.13.1.2 Trabajo en ciclos	33
2.14 Regulador de carga	33

2.15 Descripción de la especie.....	34
2.15.1 Hábitos reproductivos.....	35
2.15.2 Hábitos alimenticios.....	36
2.16 Requerimientos medios ambientales	36
2.16.1 Temperatura	36
2.16.2 Oxígeno disuelto	36
2.16.3 pH.....	37
2.16.4 Turbidez	37
2.16.5 Altitud	37
2.17 Estratificaciones Térmicas.....	37
2.18 Sistema de producción.....	38
2.18.1 Extensivo	38
2.18.2 Semi-intensivo.....	39
2.18.3 Intensivo.....	39
2.18.3.1 Estanques	39
2.18.3.2 Jaulas.....	39
2.18.4 Super intensivo	39
3 MARCO METODOLÓGICO	40
3.1 Metodología de la investigación	40
3.2 Técnica de investigación	40
3.2.1 Técnica de campo	40
3.3 Procedimiento del proyecto	40
3.3.1 Primera etapa (Investigación del proyecto).....	40
3.3.2 Segunda etapa (equipos y diseño)	40
3.3.3 Tercera etapa (Construcción y prueba de los cálculos)	41
3.3.4 Cuarta etapa (Finalización de las instalaciones, pruebas finales).....	41
4 DISEÑO Y ANÁLISIS DEL HARDWARE.....	42
4.1 Diseño del proyecto	42
4.2 Energía renovable	42
4.2.1 Elección y cálculos referente al panel solar	42
4.3 Baterías para el panel solar.....	45
4.3.1 Cálculo de capacidad de la batería	45
4.4 Controlador de carga para el panel solar.....	45
4.5 Estructura de la planta	46
4.5.1 Creación del prototipo de la estructura.....	46
4.6 Prueba de los equipos.....	47

4.6.1 Modulo de 4 relés	48
4.6.2 Inversor y compresor	50
4.6.2.1 Inversor de energía de DC a AC.....	50
4.6.2.2 Compresor de aire	52
4.7 Análisis del agua.....	53
4.8 Calibrar el sensor	54
4.8.1 Sensor de PH	54
4.8.2 Sensor de oxígeno disuelto	57
5 ANÁLISIS DE LOS COMANDOS Y DEL EQUIPO	61
5.1 Comando SMS	61
5.2 Entradas y salidas del controlador GSM	64
5.3 Indicadores LED.....	65
6 IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.....	67
6.1 Ensamblaje de la estructura.....	67
6.2 Instalación de los equipos en el gabinete	68
6.3 Primera prueba de la planta GSM en la piscina en Taura	69
6.4 Primeras modificaciones	70
6.5 Segunda prueba de la planta GSM en la piscina en Taura	71
6.5.1 Comandos utilizados para las pruebas.....	72
6.6 Primera modificación de la planta GSM	74
6.7 Segunda modificación de la planta GSM y visita al equipo.	76
RESULTADO	79
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN	80
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	82
ANEXOS	84
Anexo 1: Empresa Beneficiada	84
Anexo 2: Propuesta de solución en diagrama de bloques.....	86
Anexo 3: Tabla de selección de entradas analógicas	87
Anexo 4: Tabla con los textos por defecto del controlador.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Campo Electromagnético	5
Fig. 2 Cobertura dependiendo de la frecuencia	6
Fig. 3 Espectro electromagnético	6
Fig. 4 Comparación entre cobertura/capacidad según diferentes tecnologías	7
Fig. 5 Antena telefónica	10
Fig. 6 Arquitectura sistema GSM	11
Fig. 7 Arquitectura de un BSS	12
Fig. 8 Acceso múltiple por división de frecuencia	15
Fig. 9 Acceso múltiple por división de tiempo	15
Fig. 10 Principio de CDMA para dos estaciones móviles	16
Fig. 11 Diferencia entre FDMA y OFDMA	16
Fig. 12 Células hexagonales sobrepuestas sobre un área metropolitana	17
Fig. 13 Relación D/R (Distancia radio de cobertura)	18
Fig. 14 Celdas formadas con antenas omnidireccionales	19
Fig. 15 Reutilización celular de frecuencia con 3 clúster $K = 7$	19
Fig. 16 Distancia entre células con canales compartidos	21
Fig. 17 Determinación de células de canal compartido	22
Fig. 18 División celular	23
Fig. 19 Componentes de un Microcontrolador	26
Fig. 20 Sistema abierto en un microprocesador	27
Fig. 21 Microcontrolador sistema cerrado	27
Fig. 22 Espectro electromagnético, radiación solar	29
Fig. 23 Panel solar con células fotovoltaicas	29
Fig. 24 Materiales típicos utilizados un panel solar	30
Fig. 25 Esquema de sistema fotovoltaico autónomo en uso de DC y AC	31
Fig. 26 Entornos donde trabajan las celdas solares	31
Fig. 27 Esquema de conexión en serie 12V – 24V – 48V	32
Fig. 28 Batería de plomo-acido.	33
Fig. 29 Regulador solar	34
Fig. 30 Tilapia roja recién pescada	35
Fig. 31 Alevines de tilapia preparados para el cultivo	35
Fig. 32 Efecto sobre peces de agua caliente en cultivo por concentración de O_2	37
Fig. 33 Estratos en la piscina de cultivo	38
Fig. 34 Diagrama general del proyecto.....	42
Fig. 35 Horas de sol al año en el mundo.....	43

Fig. 36 Horas del sol al año en Ecuador	43
Fig. 37 Panel solar de 60w (17.2V a 3.49A).....	44
Fig. 38 Controlador suministrando energía al equipo, sin energía solar.....	46
Fig. 39 Prototipo de la estructura con medidas	47
Fig. 40 Posible acabado de la estructura, con todos los elementos ensamblados	47k
Fig. 41 Componentes del módulo de 4 relés	48
Fig. 42 Circuito esquemático de un canal	48
Fig. 43 Alimentación del módulo relays con una sola fuente de alimentación.....	49
Fig. 44 Alimentación del módulo relays con dos fuentes de alimentación	49
Fig. 45 Conexión del controlado GSM con el módulo relé	50
Fig. 46 Conexión del inversor con el compresor alimentado por batería de 12v 9 Ah	50
Fig. 47 Inversor de voltaje de 1000w	51
Fig. 48 Dimensiones del compresor de aire.	52
Fig. 49 Partes del compresor de aire.	53
Fig. 50 Recolección del agua de la piscina	53
Fig. 51 Sensor de temperatura digital SMT160-30 TO220	54
Fig. 52 Solución de pH (4 - 6.86 - 9.18) disuelta en agua destilada	55
Fig. 53 Calibración del sensor de pH para trabajar en tensión positiva	56
Fig. 54 Sonda de pH con conector BNC	56
Fig. 55 Dimensiones de la sonda de oxígeno disuelto	57
Fig. 56 sonda de oxígeno disuelto	58
Fig. 57 Conexión BNC debajo del agua	58
Fig. 58 Formar correcta de realizar el cambio del líquido electrolítico	59
Fig. 59 Pasos para realizar la calibración	59
Fig. 60 Pasos para tener lecturas precisas por debajo de 1.0mg/L	60
Fig. 61 setpoint para temperatura	62
Fig. 62 setpoint para el sensor de corriente	62
Fig. 63 setpoint para Señal analógica	63
Fig. 64 Diagrama del controlador con sus entradas y salidas	65
Fig. 65 Ajuste en los puntos de suelda y colocación de la boya	67
Fig. 66 Acabado de la estructura (primera etapa)	68
Fig. 67 Instalación del controlador en el gabinete	68
Fig. 68 Conexión internada de los componentes, conexión de las luces	68
Fig. 69 Pruebas de funcionamiento de los sensores y el actuador por medio de SMS	69
Fig. 70 Pruebas de funcionamiento, primer prototipo en la piscina	69
Fig. 71 Soporte del inversor y fijación de los sensores	70
Fig. 72 Instalación del relay de mayor amperaje	71

Fig. 73 Instalación de la planta en la piscina	71
Fig. 74 Comando para pedir la información	72
Fig. 75 Comando para ver la información seteada y comando para setear la temperatura ...	72
Fig. 76 Configuración de las salidas analógicas y seteo de la salida analógica de pH	73
Fig. 77 Configuración de los mensajes de texto que llegara al usuario	74
Fig. 78 Set y reset de la salida Out 2	74
Fig. 79 Estado de la planta GSM después de estar varias semanas en la piscina	75
Fig. 80 Instalación de las paredes protectora y de la varilla con sus luces	76
Fig. 81 Instalación de las baterías y paredes protectora	76
Fig. 82 Planta con el controlador GSM en la piscina de cultivo.....	77
Fig. 83 Verificación del estado de la planta después cultivar	78
Fig. 84 Propuesta de solución en Diagrama de bloques	86

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN EN LAS DISTINTAS BANDAS DE FRECUENCIA	7
TABLA II SEPARACIÓN ENTRE LOS CLÚSTER	22
TABLA III VATIOS POR HORA DE LOS EQUIPOS	44
TABLA IV ESPECIFICACIONES DEL COMPRESOR	52
TABLA V DIMENSIONES DEL COMPRESOR	52
TABLA VI RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA POR LA EMPRESA CONTRATADA.....	54
TABLA VII INDICACIÓN DE LOS PINES DE SALIDA DEL SENSOR DE PH.....	55
TABLA VIII VALORES OBTENIDOS PARA LA CALIBRACIÓN DEL SENSOR	56
TABLA IX COMANDOS SMS	61
TABLA X CONTROL Y MONITOREO DE TEMPERATURA	62
TABLA XI COMANDOS PARA LAS ENTRADAS ANALÓGICAS	63
TABLA XII SET/RESET DE SALIDAS, TEMPORIZADOR EN OUT1	64
TABLA XIII ENTRADAS DEL CONTROLADOR CON SU DESCRIPCIÓN.....	64
TABLA XIV INDICADOR DEL ESTADO DEL MÓDULO (LED RED).....	65
TABLA XV INDICADOR DEL ESTADO DEL MÓDULO GSM (LED GREEN).....	66
TABLA XVI ENTRADAS ANALÓGICAS (AN1, AN2, AN3).....	87
TABLA XVII TEXTO ENVIADO AL USUARIO EN CASO DE ALARMA	88

INTRODUCCIÓN

Las tilapias rojas se encuentran distribuidas en la mayor parte de zonas tropicales del mundo, en donde la temperatura del agua y las altas concentraciones de oxígeno permiten el crecimiento y reproducción sin la necesidad de implementar un control constante.

Al no ser obligatorio el control constante en piscinas artesanales, algunos parámetros en el agua como son el oxígeno, PH y temperatura. En zonas tropicales puede ser común ver pérdidas en la acuicultura, aumento del tiempo de crecimiento de la especie y el principal problema es el tiempo que se invierte al estar verificando el estado de los cultivos marinos de forma visual para así tomar medidas como el cambio del agua o el encendido de la aireación.

La mayor parte del oxígeno que llega al agua del estanque proviene de una vertiente natural, la cual se direcciona a diferentes estanques con la ayuda de bombas de agua. Al estar ubicado el criadero en zona cálida, el parámetro de temperatura no es un mayor problema.

La temperatura es un factor por lo cual varía la cantidad de oxígeno presente en la piscina, otros factores responsables son la salinidad y la presión atmosférica. Al aumentar la temperatura en la piscina de cultivo el oxígeno disminuye.

El pH de un cuerpo puede variar a lo largo de un amplio rango de valores (sustancias alcalinas a sustancia ácidas) dependiendo de factores intrínsecos y extrínsecos al ambiente acuático. En la actualidad existe un constante avance con el uso de la tecnología en procesos que no fueron implementados en trabajos artesanales.

Con el objetivo de mejorar y facilitar el trabajo para acuicultores artesanales se plantea el uso de la tecnología Global System for Mobile Communications (GSM) estándar de segunda generación que usa las bandas de frecuencia 850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz.

En el presente trabajo se desarrolla el diseño e implementación del sistema de monitoreo y control utilizando el controlador GSM BR160SM en una piscina de tilapia en la cual se medirá temperatura, PH y oxígeno para así asegurar la vida de los cultivos y mejorar la producción de los mismo con alertas visible, por medio de mensajes de texto.

1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

1.1 Planteamiento del problema

En el país se ha popularizado el cultivo de organismos acuáticos (acuicultura) como negocio, ya sea para exportación o consumo interno. Los cultivadores generalmente son gente del campo, construyen sus piscinas, siembran su cosecha y realizan las mediciones necesarias para preservar la salud de sus animales de forma artesanal.

Un problema que tiene este grupo de acuicultores consiste en que las mediciones de algunas variables como pH, oxigenación, temperatura que debe tener la piscina, lo realizan con equipos ya obsoletos, poco prácticos para la generación en la que nos encontramos o en casos extraordinarios no emplean ningún control aparte de su experiencia en la acuicultura.

Para poder medir algunas variables un trabajador se debe dirigir a la piscina y medir las variables ingresando los equipos de medición a la piscina y comparando con valores dados, para ver si la piscina se encuentra en buenas condiciones. Por ejemplo, el papel tornasol (Papel pH) se debe ingresar en cada piscina para comprobar su pH, esto ocasiona que por lo menos una persona este ocupada en esta tarea la cual se puede llevar mucho tiempo para completarla, dependiendo de las piscinas que se posea. Al ser un proceso tedioso y repetitivo en algunos cultivos del año podrían omitir el proceso de medición del pH o ya sea otro parámetro, lo cual provocaría riesgos con el cultivo de esa temporada.

Otro problema que se podría agregar sería el constante monitoreo que se debe realizar a las piscinas para así observar el comportamiento de los peces, esto obliga a que se encuentra personal constantemente en ellas, restando tiempo valioso al acuicultor.

El proyecto se basa en poder monitorear dichos parámetros por medio del controlador GSM BR160SM el cual dispondrá de sus respectivos sensores que nos permiten realizar el monitoreo. El controlador trabaja con un rango de frecuencia GSM 900/1800Mhz o GSM 850/900/1800/1900Mhz).

Dependiendo de las mediciones que se hayan encontrado el controlador envía un mensaje de texto al celular del encargado de dicho sector, para que esta persona tome medidas en el caso y accionar algunos equipos (actuador) para solucionar el problema, todo esto realizado vía mensajes de texto en un celular.

El proyecto se realizó con el auspicio de la empresa “Dipromacom” en la parroquia Taura en el año 2018, el lugar de trabajo es propiedad de la asociación “La Hormigueta” con la ayuda del señor “Reynaldo García Mora”.

Se dispone de una piscina de tilapia de una distancia de 25 x 200 metros, en la cual se coloca los equipos para realizar el control y monitoreo de dicha piscina. Así se puede responder si un controlador GSM BR160SM es capaz de dar cobertura de medición, a una piscina de esas dimensiones.

Para este proyecto solo se utiliza una piscina en la que se dispone de 3 sensores (pH, oxigenación, temperatura) y se controlará la acción del actuador mediante mensaje de texto que se encarga de oxigenar el agua activando el actuador correspondiente.

El controlador GSM dispone de alimentación, separada del circuito eléctrico de la asociación. Se utiliza un sistema solar para la alimentación, con respaldo de baterías para una autonomía de 12 horas.

La ubicación del módulo es dentro de la piscina por lo cual se dispone de boyas las cuales forman el soporte y permite colocar los demás elementos del proyecto.

El controlador debe estar en la cobertura celular GSM y el actuador deberá disponer de energía eléctrica para su funcionamiento. El equipo que se utiliza es “GSM controller BR160SM-2SMT-4-A / BR161SM-2SMT-4A-A”.

El proyecto busca mejorar el estilo de trabajo que se realiza en la acuicultura con la tilapia, ingresar la tecnología en dichos sectores para facilitar el monitoreo y mejorar su productividad, se desea ver que tan rentable sería ingresar el equipo de telecontrol en el área de la acuicultura, el controlador GSM no posee un costo tan elevado, las pymes tendrían una rápida amortiguación con estos equipos de telecontrol.

1.2 Objetivo General

- Implementar el controlador GSM BR160SM-2SMT-4A-A en una piscina de tilapia, con el fin de poder controlar variables de oxígeno, pH y temperatura, de esta manera determinar la eficiencia del equipo en ambientes exteriores.

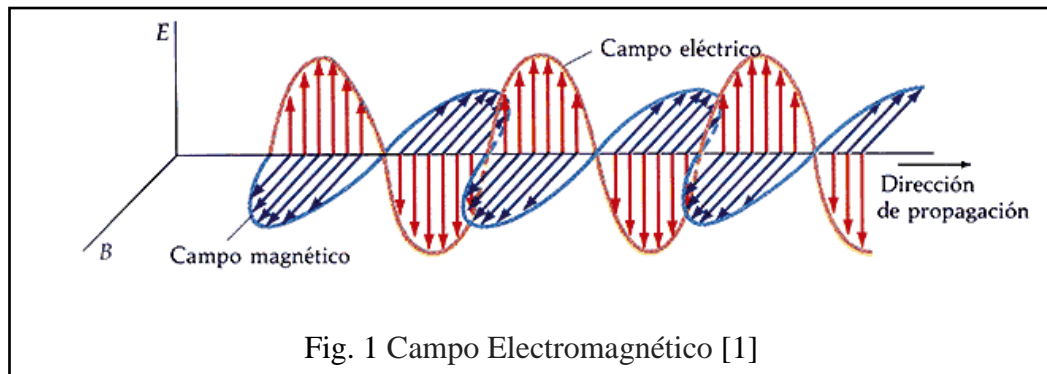
1.3 Objetivos específicos

- Diseñar la estructura que contendrá el controlador BR160SM-2SMT-4A-A con su alimentación
- Implementar un panel solar para disponer de un sistema autónomo de energía al equipo de mañana y una batería para horas nocturnas (12 horas).
- Realizar el monitoreo en la piscina de pH, oxigenación y temperatura
- Diseñar la conexión para activar el actuador en caso de falta de oxígeno en la piscina, de este modo las tilapias no sufrirán riesgos de muerte
- Implementar una alarma acústica que levante al personal en los sectores de la piscina si en un determinado tiempo no se activa el motor para dar oxígeno en la piscina
- Implementar una baliza lumínica que nos indique problemas en la piscina, en caso de que el dispositivo móvil sufra algún daño, de este modo se puede realizar un procedimiento dependiendo de la luz que se encienda

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Energía electromagnética

La energía electromagnética se define como la cantidad de energía generada en alguna región del espacio, con la presencia de los campos magnéticos y eléctricos que da origen al campo electromagnético mostrado en la Fig. 1, dependiendo de la intensidad los campos magnéticos y eléctricos varía el campo electromagnético.



Las ondas electromagnéticas son tan importantes en nuestras vidas al punto de utilizarse en cada equipo electrónico, inalámbrico o generador de calor, las ondas electromagnéticas dominan nuestro universo, para poder darse cuenta basta con percibir nuestro alrededor la luz emitida por el sol, las bombillas, el sonido de la radio, la señal libre de los televisores, el uso de los teléfonos móviles, radios comunicadores o el propio microondas. Todos estos dispositivos utilizan las ondas electromagnéticas que se caracterizan por su frecuencia y su potencia lo que condiciona su modo de propagación y les ofrece propiedades distintas, que son utilizadas en diferentes trabajos, como el generar calor, medio de transmisión de información, permite la observación de los colores, poder observar a través de los objetos. [1]

2.1.1 Frecuencia y potencia cobertura

Se debe conocer que cada frecuencia de señal dispone de una atenuación. Esta causa la pérdida de potencia de la señal a medida que la señal avanza en el espacio, lo que a su vez acaba siendo inviable la comunicación a distancia muy elevadas. La distancia de comunicación se puede aumentar a mayor potencia de emisión lo que nos da mayor alcance y mayor cobertura.

Podemos concluir que, a una misma potencia de transmisión, la distancia en la que puede llegar la señal en una forma viable para la comunicación será diferente en función a la frecuencia. A menor frecuencia se tiene menor atenuación que a su vez nos daría más distancia de cobertura (esta relación no es siempre lineal depende de muchos factores que pueden atenuar la señal como solapamiento, reflexión, refracción, línea de vista). A frecuencia bajas se tiene una menor atenuación de las ondas electromagnéticas al atravesar cuerpos sólidos. También varía el costo de los equipos

de emisión y recepción dependiendo de la frecuencia, el costo de los equipos es inferior cuando debe trabajar con frecuencias reducidas que con frecuencia altas.

Un ejemplo simple de la atenuación de la señal sería la cobertura que pueda dar un AP (Access point) el cual dispone de dos señales 2.4Ghz y 5Ghz, la frecuencia más baja nos puede entregar mayor cobertura, por tener una menor atenuación a través de cuerpos sólidos como las paredes, la Fig. 2 muestra la diferencia de cobertura según la frecuencia que operan.

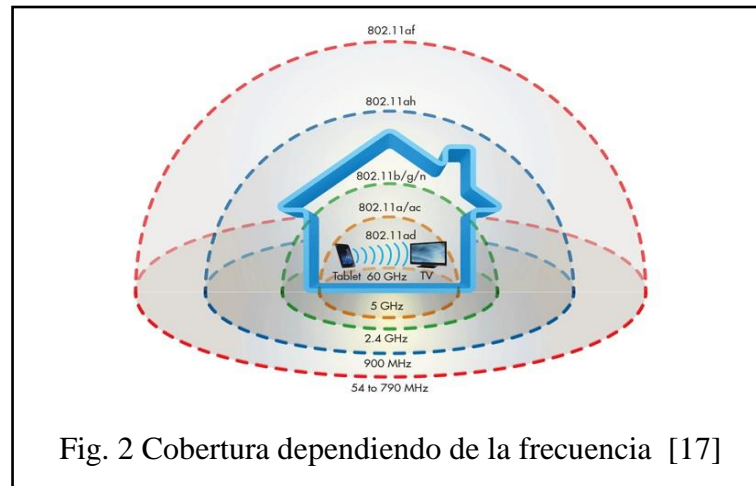


Fig. 2 Cobertura dependiendo de la frecuencia [17]

2.1.2 Ancho de banda

Otro parámetro que nos ayuda a diferenciar las distintas bandas de frecuencia disponibles en el espectro radioeléctrico es el caudal de información que son capaces de albergar. Este caudal viene determinado por el ancho de banda. [2]

El ancho de banda es mayor a frecuencias elevadas ya que existe más espectro potencialmente usable, la Fig. 3 muestra las diferentes frecuencias con equipos que trabajan en los rangos determinados.

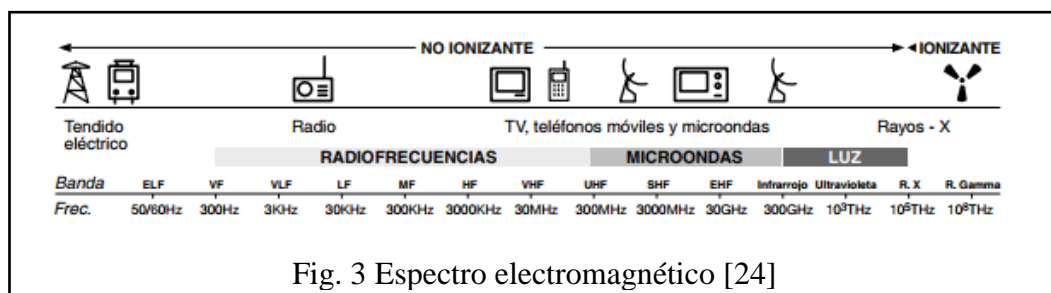


Fig. 3 Espectro electromagnético [24]

Los equipos que utilizan frecuencias altas tienen una mayor capacidad de transmitir información, pero menor radio de cobertura, si deseamos abarcar un área mayor para la cobertura se necesitará una gran inversión de equipos. Por otro lado, si se emplean

frecuencias más bajas es posible cubrir un área extensa, pero disminuye la capacidad de transmitir información.

En este proyecto se dispone de la red celular GSM, se considera la segunda generación (2G) la cual dispone las bandas de frecuencia de 900Mhz, 1800Mhz, 1900Mhz dependiendo del país en donde se encuentre. Al ser una frecuencia baja comparada con frecuencias como Wi-Fi, Bluetooth o generación superiores 3G o 4G, dispone de una gran área de cobertura. El controlador utilizado en el proyecto puede trabajar en multi-bandas GSM 850/900/1800/1900 esto nos indica que puede trabajar en cualquier lugar y cualquier operadora móvil que disponga de dichas frecuencias. La Fig. 4 muestra la comparación entre la cobertura y su capacidad. La tecnología 2G posee una cobertura muy extensa facilitando su uso en lugares poco poblados.

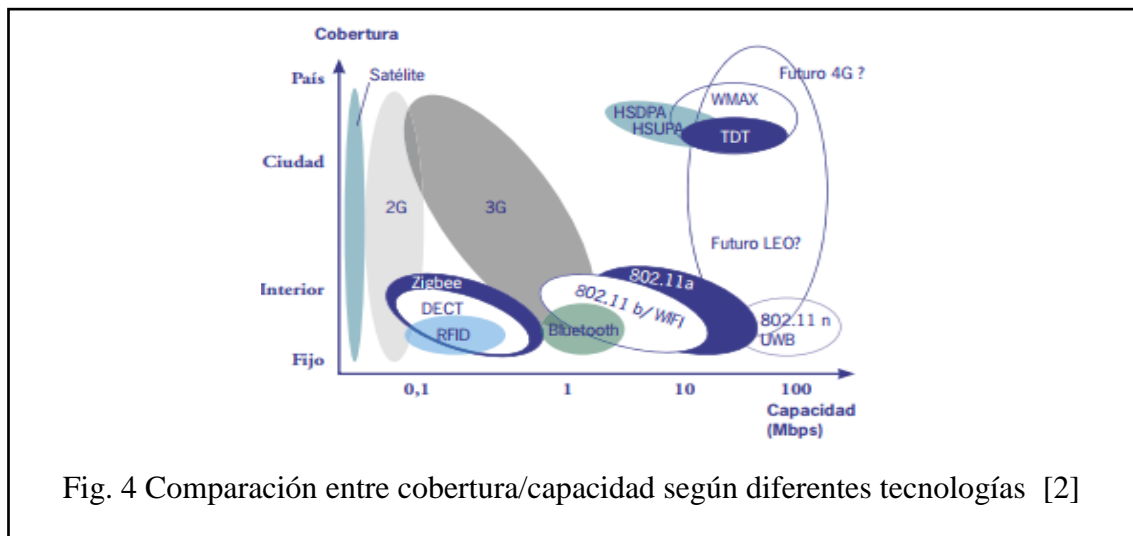


Fig. 4 Comparación entre cobertura/capacidad según diferentes tecnologías [2]

La TABLA I muestra un resumen de las características de cada banda de radiofrecuencia.

TABLA I
CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN EN LAS DISTINTAS BANDAS DE FRECUENCIA [2]

Bandas	Capacidad	Atenuación	Cobertura	Coste equipos	Usos típicos
Baja frecuencia VLF, LF (3-300KHz)	Baja	Baja	Amplia	Bajo	Radionavegación, emergencias, policía, comunicaciones militares, radio
Frecuencias medias y altas MF, HF (300KHz-30MHz)	Media	Media	Media	Bajo	Radio, radioaficionados
Frecuencias muy altas VHF, UHF (30MHz – 1GHz)	Media- Alta	Alta	Media	Medio	Televisión, radio, comunicaciones móviles
Microondas (1GHz – 30GHz)	Alta	Alta	Reducida	Alto	Comunicaciones móviles, satélite, radioenlaces, redes de datos inalámbricas.
Milimétricas (30GHz – 300GHz)	Muy Alta	Muy Alta	Muy Reducida	Muy Alto	Radioastronomía, investigación.

2.2 Emisión Radioeléctrica

La emisión radioeléctrica es el proceso en el cual se transmite energía electromagnética por medio del espacio [3]. En las telecomunicaciones la emisión radioeléctrica necesita un equipo encargado de la transmisión (TX) y el equipo receptor (RX).

2.3 Interferencias

Se define como el efecto de una energía no deseada sobre la recepción en un sistema de radiocomunicación, lo que provoca la degradación de la calidad, perdiendo información, respecto a la que se podría obtener en ausencia de dicha interferencia [2].

Existen diversos motivos que puedan producir interferencias en el sistema. Existen interferencias admisibles que son aquellas previstas que satisfacen los criterios que figuran en el reglamento de radiocomunicaciones de la Unión Internacional de telecomunicaciones (ITU). Estas interferencias no ponen en riesgo el buen funcionamiento de los servicios en diferentes frecuencias ya que se ha tenido en cuenta en la fase de diseño y se ha realizado la instalación de los equipos con esas pérdidas en su rango de trabajo.

La interferencia aceptada es acordada explícitamente entre los encargados, su efecto es tal que no degrada los servicios de la señal principal, aun así, no permite la máxima cobertura de la señal. En el mundo de la señal Wi-Fi una interferencia aceptada podría ser dos AP que se encuentran en 2 habitaciones, uno interfiere al otro pero no degradan el servicio en sus habitaciones principales, Si se desea dar el ejemplo en la parte de telefonía móvil, las radio bases se encargan de dar cobertura a una determinada área en la cual posee una cantidad de usuarios, dependiendo de la ubicación de la radio base la cobertura de la misma puede llegar más lejos que su área designada esto produce interferencia a otra radio base, aun así no degrada la señal de su radio base adyacente ya que su potencia es baja por la distancia que se recorre.

La interferencia perjudicial son las que pueden producir un riesgo en el servicio que usa el espectro radioeléctrico, esto se puede dar ya que la interferencia puede degradar u obstruir gravemente el servicio. Esto puede producirse cuando existen dos emisores de la misma señal y una de ella posee más potencia que la otra, esto produce una obstrucción de la señal principal que puede concluir con el funcionamiento erróneo del servicio.

Otro ejemplo puede ser al usar un AP que trabaja en la frecuencia 2.4Ghz (frecuencia libre) y a su vez trabaja otro equipo en la misma frecuencia y en la misma cobertura, el equipo que entrega más potencia de emisión será el que predomine en la señal y el otro dispositivo tendrá una obstrucción completa o momentánea la señal.

2.4 Composición de un sistema de Radiocomunicaciones móviles

Todo sistema de radiocomunicaciones móviles consta de tres elementos fundamentales [4]:

- Estaciones fijas (FS)
- Estaciones móviles (MS)
- Equipos de control

2.4.1 Estaciones fijas (FS)

Son estaciones creadas para mantener su posición todo el tiempo, ahí diferentes tipos de estaciones fijas que realizan diferente trabajos:

- Estación base (BS)
- Estación de control (CS)
- Estación repetidora (RS)

2.4.1.1 Estación base (BS)

Su característica principal es el de ser fuente de tráfico y a su vez destinatario del mismo, es una instalación fija que radia la señal en una determinada cobertura, nos permite comunicarse con una o varias estaciones móviles

2.4.1.2 Estación de control (CS)

Instalación fija utilizada para la conexión de una estación de base con la red de comunicación fija que se dirige a la central de telecomunicaciones de la empresa que entrega el servicio.

2.4.1.3 Estación repetidora (RS)

Instalación fija utilizada para retransmitir las señales recibidas. El tráfico se amplifica para así poder llegar a su destino ya sea la estación base o la estación móvil. Las estaciones se emplean para completar coberturas, cubrir zonas (túneles, estaciones subterráneas, lugares que no complete la cobertura por su geografía).

2.4.2 Estaciones móviles (MS)

Son estaciones capaces de trasladarse en diferentes direcciones, estas estaciones pueden ser instaladas en diferentes transportes (barcos, trenes, vehículos, maletas), así obtendríamos el servicio móvil de una estación fija en lugares en las que aún no se han podido construir.

El término estación móvil incluye los equipos que disponen los usuarios del servicio de telefonía (teléfono celular, portátiles, comunicadores), se puede llamar terminales a estos equipos móviles.

2.4.3 Equipos de control

Es la agrupación de los equipos necesarios para el control de las estaciones bases, la recepción de llamadas, la generación de llamadas, identificación de usuario, el control de quien puede realizar tal llamada, transferencia de llamadas a la red telefónica, etc. [4]

2.5 Radiocomunicaciones móviles

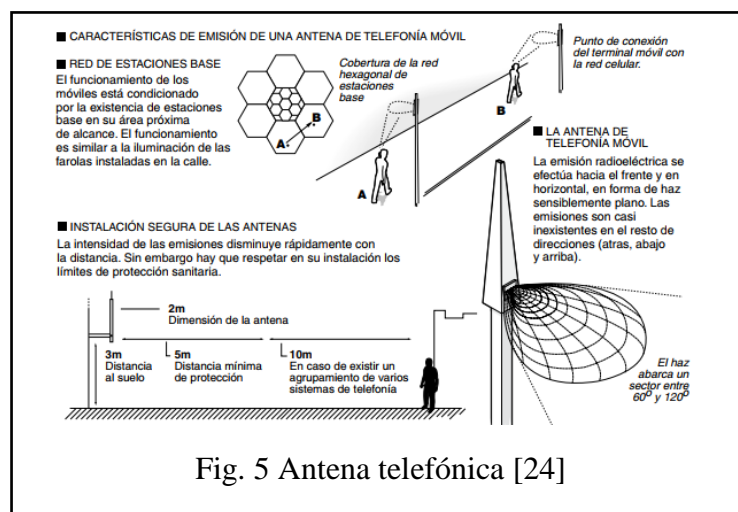
2.5.1 Consideraciones generales

El reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicación (UIT), indica que toda comunicación entre estaciones fijas con las estaciones móviles, se consideran servicio de radiocomunicación, al igual que comunicaciones entre estaciones móviles.

Como en todo sistema de telecomunicaciones en los sistemas móviles se transmite información de usuario y señalización la cual es necesaria para el establecimiento, liberación y supervisión de las llamadas y mensajes enviados.

La superficie geográfica donde los terminales pueden establecer comunicación con las estaciones fijas se denomina zona de cobertura [4] .

La Fig. 5 muestra como los sistemas de comunicaciones móviles deben ser diseñados de forma que puedan realizarse los enlaces entre las estaciones móviles con las estaciones fijas desde cualquier lugar de la zona de cobertura. DL (Downlink) se denomina enlace descendente de la estación fija a la estación móvil, UL (Uplink) corresponde al sentido de comunicación ascendente del terminal móvil a la estación base.



2.6 Arquitectura del sistema GSM

El sistema GSM se estructura en unidades funcionales ver Fig. 6, que ejecutan las funciones del sistema e interfaces que son las fronteras de separación entre las unidades. El conjunto organizado de estos elementos constituye la arquitectura funcional de GSM [5]

AuC: Authentication center (Centro de autenticación)

BSC: Base station controller (Control de estación base)

BSS: Base station subsystem (Subsistema de estación base)

BTS: Base transceiver station (Estación transceptora base)

EIR: Equipment identity register (Registro de identidad del equipo)

GMSC: Gateway MSC (Salida al MSC)

HLR: Home location register (Registro de ubicación de inicio)

ISDN: Integrated services digital network (Red digital de servicios integrados)

MS: Mobile station (Estación móvil)

MSC: Mobile switching center (Centro de conmutación móvil)

NMC: Network management center (Centro de gestión de red)

NSS: Network and switching subsystem (Subsistema de red y conmutación)

OMC: Operation and maintenance center (Centro de operaciones y mantenimiento)

OSS: Operation and supervision subsystem (Subsistema de operación y supervisión)

PSNT: Public switched telephone network (Red telefónica pública conmutada)

VLR: Visitors location register (Registro de ubicación de visitantes)

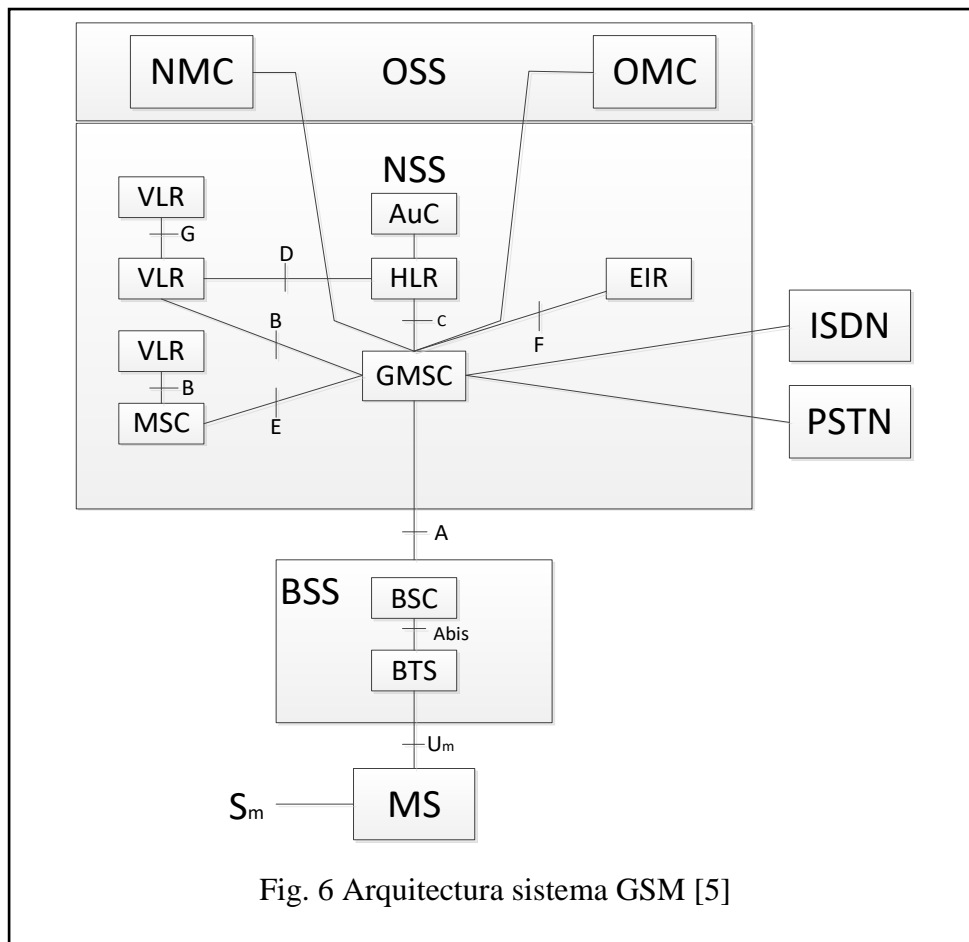


Fig. 6 Arquitectura sistema GSM [5]

La MS debe desempeñar algunas funciones:

- Proporcionar una interfaz de comunicaciones entre los usuarios y la red vía radio
- Transmisión y recepción de la información con la estación base.
- Efectuar la inicialización de la conexión con la red
- Realizar la sintonización de frecuencias y seguimiento automático de las estaciones base

2.6.1 Interfaces

Se han definidos dos interfaces básicas entre los subsistemas funcionales:

- La interfaz radio denominada “Um” entre el BSS y el conjunto de MS. La interfaz es aérea nos indica la conexión entre el móvil y la radio base más cercana o con menor tráfico.
- La interfaz de línea denominada “A” entre el NSS y el BSS. La interfaz es por medio físico ya que en ella dispone de mucha información de las distintas radios bases conectadas, al utilizar un medio físico es más seguro y rápido.

2.6.2 Unidades Funcionales

En las unidades funcionales existen tres grandes bloques.

2.6.2.1 Subsistema de estaciones base BSS

Tiene a su cargo la gestión de los canales de radio:

- Asignación de canales
- Supervisión de la calidad de transmisión
- Organización de temporal de mensajes
- Codificación

Dentro se encuentra el BSC que es el encargado de ejecutar muchas funciones de control para algunas BTS. Entre estas unidades se encuentra la interfaz A-bis que da la unión entre varias BTS a un BSC centralizado, la Fig. 7 muestra las conexiones.

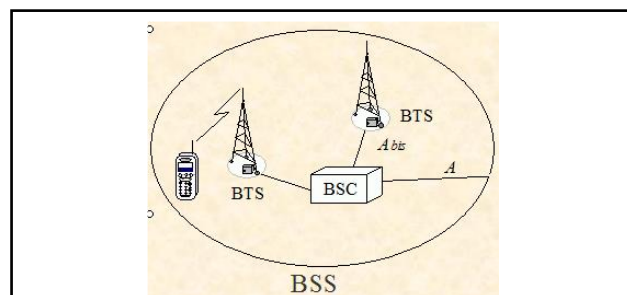


Fig. 7 Arquitectura de un BSS [5]

2.6.2.2 Subsistema de conmutación y red NSS

Es el centro de procesamiento de una red GSM, se encarga de gestionar una comunicación confiable entre la red GSM y otras redes de telecomunicaciones como puede ser la red telefónica pública conmutada (PSTN). También indica la información de los usuarios, como los gastos e ingresos.

- Registra y ubica a los usuarios, a su vez actualiza sus datos.
- Administrar las llamadas entrantes.
- Establecer el circuito que da conexión entre la MS y la PSTN u otras redes
- Recopilación de datos tráfico y facturación

La capacidad máxima de un MSC puede variar entre unas redes a otras, en una red GSM usualmente existen varias MSC las cuales se interconectan en forma de mallada.

El HLR (Registro general de abonados) se encarga de la gestión de los usuarios móviles y a su vez dispone de la información, junto con los datos de localización del mismo. Una red GSM puede contener más HLR según la cantidad de abonados.

El VLR, registro de abonados visitantes o itinerantes igual que el HLR es una base de datos, donde se almacena información dinámica.

Cuando una estación móvil visitante se encuentra en la cobertura de MSC, este centro informa de la situación a su VLR asociado, en el cual se registra los datos del MS como el número telefónico, identidad de la zona de localización, datos del abono del usuario. Con estos datos el sistema puede indicar si el abonado puede o no realizar alguna llamada o envió de mensajería.

2.6.2.3 Subsistema de operación y supervisión OSS

El OSS ofrece a los clientes apoyo para la administración centralizada, regional y local, su principal función es proporcionar una visión general de la red.

El OMC (Centro de operación y mantenimiento) es el encargado de la supervisión del control y gestión de la red. Una de las actividades que se realiza es la gestión de la seguridad que se encuentra en la red telefónica, control del sistema y monitoreo, por último, se encarga del mantenimiento.

2.7 Técnicas de acceso múltiple

Un aspecto importante en un sistema de comunicaciones es la forma en cómo se accede al medio de comunicación. En las comunicaciones móviles las cuales usan el espectro radioeléctrico es necesario las técnicas de multiacceso para la compartición de los escasos recursos radioeléctrico que se le asigna a los usuarios. En el caso de la telefonía móvil GSM se asigna una frecuencia de trabajo el cual no debe variar, para esto se debe crear la forma en la que se pueda trabajar con dicha frecuencia con una gran cantidad de usuarios y sin desperdiciar frecuencia innecesariamente.

Disponemos de métodos básicos de multiacceso para la comunicación con la radio base estos métodos van mejorando con el tiempo y creando nuevas técnicas de multiacceso que mejoran a sus predecesoras para así poder adaptarse a los avances tecnológicos o necesidades globales.

- FDMA (Frequency Division Multiple Access) Acceso múltiple por división de frecuencia
- TDMA (Time Division Multiple Access) Acceso múltiple por división de tiempo
- CDMA (Code Division Multiple Access) Acceso múltiple por división de código
- OFDMA (Orthogonal Frequency División Multiple Access) Acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales

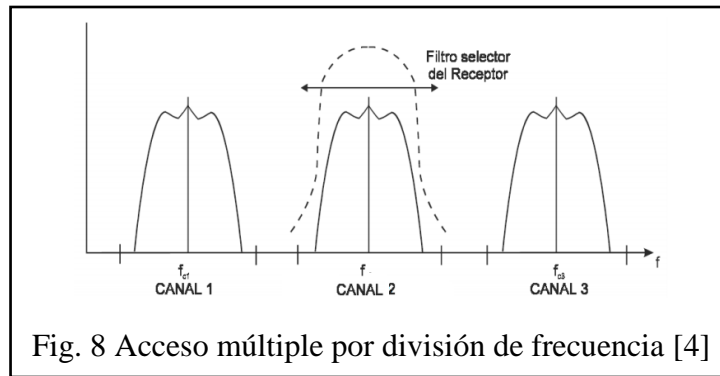
2.7.1 Acceso múltiple FDMA

El método FDMA (Acceso múltiple por división de frecuencia) se basa en la división de la frecuencia. La división de la banda disponible se separa en radiocanales, cada radiocanal se asigna a un usuario esto significa que cada canal pertenece un usuario, estos nos indicaría que la cantidad de usuarios que utilizan los canales son limitadas.

La Fig. 8 muestra tres diferentes canales, por lo tanto, el número de usuarios que operan al mismo tiempo es la misma que la cantidad de canales diferentes.

En la actualidad esta técnica de acceso no es utilizada por sus pérdidas y el limitado número de usuarios que podrían usar el servicio al mismo tiempo.

El ancho de banda es dividido entre N usuarios, cada uno de ellos dispondrán de un ancho de banda fijo sin importar la cantidad de información que envíen, entre los canales existe una separación, esta separación evita la interferencia entre canales adyacentes. El receptor mediante sintonización elije el canal deseado.



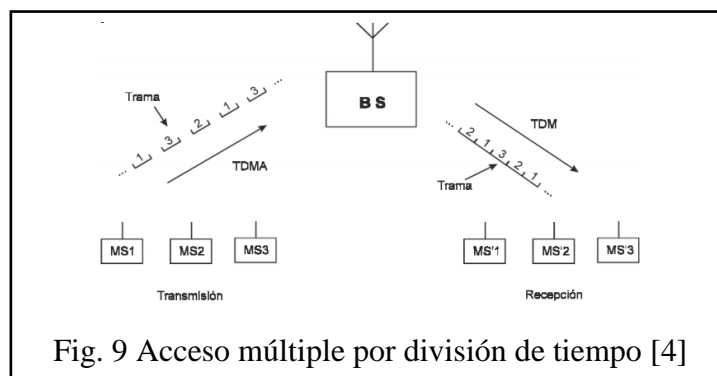
2.7.2 Acceso múltiple TDMA

El método TDMA (Acceso múltiple por división de tiempo) se centra en asignar una fracción de frecuencia a cada usuario, la cual se reutiliza para otros usuarios que deseen comunicarse, este proceso se realiza en breves lapsos de tiempo, de esta forma se podría transmitir prácticamente simultáneamente una cantidad de usuarios ver Fig. 9.

El sistema dispone de mecanismos de direccionamiento y sincronización, de tal forma que cada receptor extrae de la señal únicamente la ráfaga correspondiente mientras que las otras son ignoradas.

En TDMA las transmisiones se organiza en tramas de duración T una trama es una sucesión de N intervalos. La información se transmite en forma de un tren de bits.

La información no suele ser estrictamente continuas pues proceden de terminales que se pueden estar ubicados en diferentes distancias a la estación base.



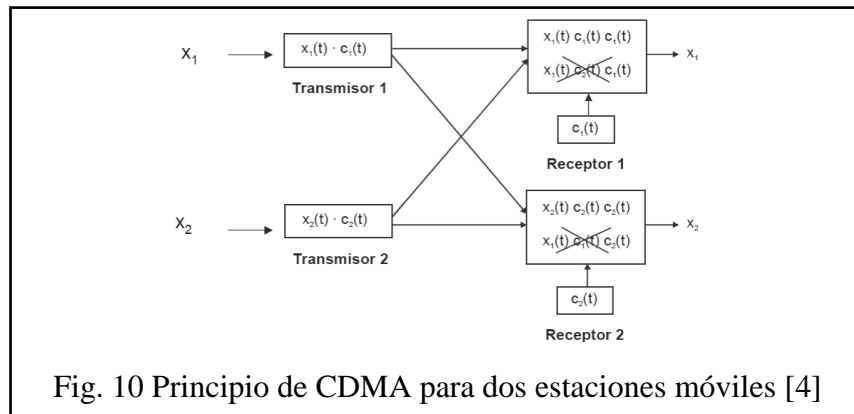
2.7.3 Acceso múltiple CDMA

El método CDMA (Acceso múltiple por división de códigos) otorga a todos los usuarios conectados el uso de todo el ancho de banda durante todo el tiempo deseado dentro de la zona en la que cubre la radio base, en contrario de las técnicas de acceso

múltiple FDMA y TDMA las cuales asignan recursos ya sea frecuencia o tiempo para cada usuario.

En consecuencia, de enviar la información a todos los usuarios se puede generar una interferencia mutua, para solucionar esto se realiza la asignación de un código único, a cada usuario, estos códigos se encargan de separar a los usuarios que se encuentran en espectro como se muestra en la Fig. 10.

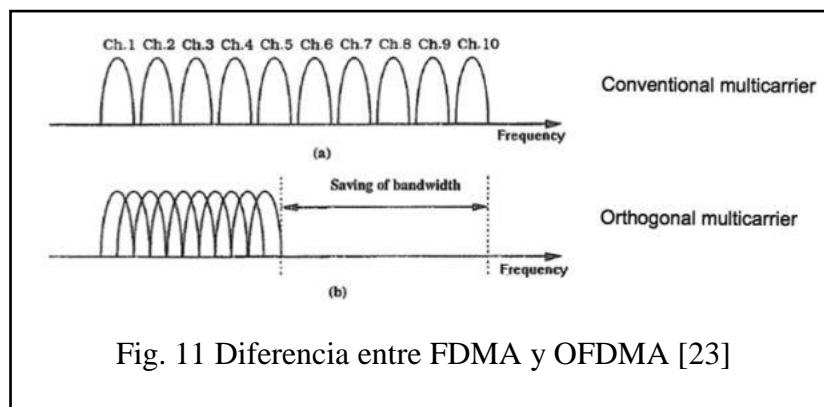
El código asignado a un único usuario es la información recibida del espectro y las demás informaciones serán ignoradas.



2.7.4 Acceso múltiple OFDMA

El método OFDMA (Acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales) es una técnica basada en la modulación multiportadora y acceso múltiple por división de frecuencia. Lo que se trata de hacer es dividir una señal de banda ancha en subportadoras paralelas sin que se interfirieran entre sí.

En OFDMA las subportadoras son matemáticamente ortogonales, es decir que el valor promedio a través del tiempo de la multiplicación de dos señales da como resultado cero, gracias a esto la información enviada puede ser extraída individualmente sin importar el traspaso de una subportadora a otra. De esta forma se reduce la interferencia causada por portadoras vecinas.



OFDMA es similar a FDMA con la diferencia que mejora algunos aspectos debido a que el espaciamiento entre subportadoras es reducido ver Fig. 11. El sistema que use OFDMA transmisor y receptor deben de estar sincronizados, para llevar a cabo la transmisión y poder recuperar la información sin confundir con otros usuarios.

2.8 Celda o Célula

En la telefonía móvil se cubre un área determinada con una densidad de usuarios viable por radio base, esta cantidad de usuarios normalmente tiende a crecer. Las principales características de un sistema de telefonía móvil es la gran capacidad de usuario, la utilización eficiente del espectro y la amplia cobertura ya sea con la ayuda de varias radios bases, en áreas llamadas celda o células.

Una célula es una zona geográfica de cobertura proporcionada por una estación base, la forma de la célula puede ser cualquiera, pero generalmente se elige una forma hexagonal porque permite unirse a otras células sin dejar agujeros de cobertura. En la Fig. 12 se muestra la cobertura en una ciudad con diferentes tamaños de células.

La cantidad de células por red telefónica móvil no está específica y depende del proveedor del servicio y del área. El tamaño de la célula también varía dependiendo de la densidad de usuarios, con más cantidad de usuarios celdas más pequeñas dentro de una macro-celda, así se optimiza el uso de la frecuencia, en la siguiente figura se muestra el ejemplo de red celular.

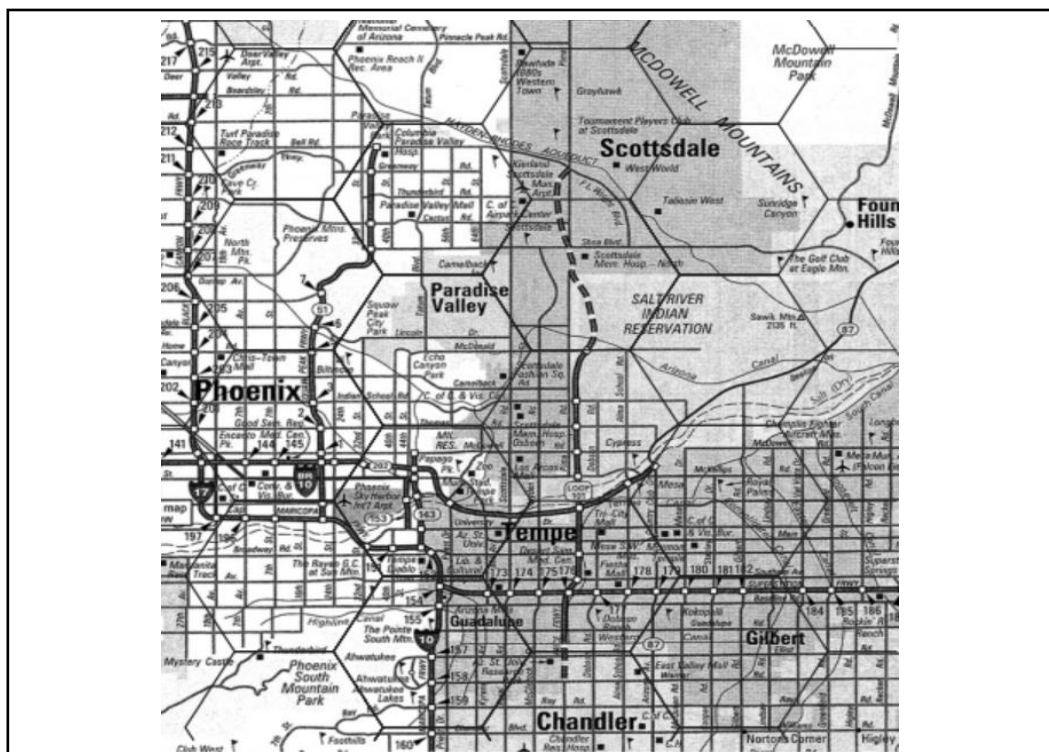
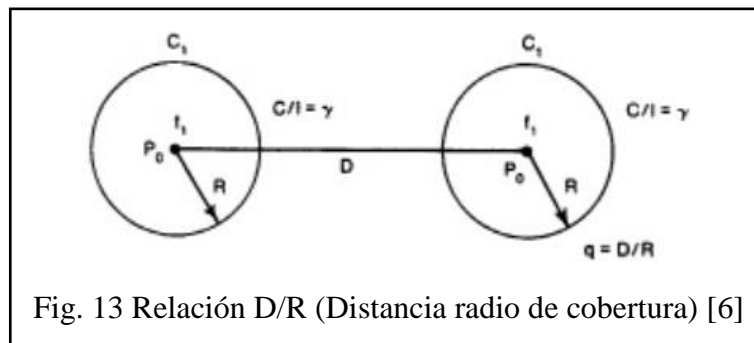


Fig. 12 Células hexagonales sobrepuestas sobre un área metropolitana [7]

2.8.1 Reutilización de frecuencias y división de celdas

En la telefonía móvil, se asignan celdas las cuales cubren un área en la que se desea asignar un servicio radioeléctrico, de tal forma que facilitan la distribución de canales, frecuencias, antenas y estaciones bases para cubrir un determinado lugar. Las celdas disponen de diferente tamaño dependiendo de la zona de cobertura, la potencia de transmisión, frecuencia asignada, altura de la radio base, posición de la torre de la antena, el modelo de antena, la topología del área en la que se trabaja y la sensibilidad del receptor.

Un canal de radio se dispone de dos frecuencias TX y RX [6]. Si se dispone de una frecuencia F_1 , una zona de cobertura C_1 y un radio R , puede existir la misma frecuencia, cobertura y radio en otra celda con una distancia D de separación entre cada celda de tal forma que las frecuencias no se interrumpan ver Fig. 13.



El re-uso de la frecuencia permite el uso de las mismas frecuencias para así poder cubrir diferentes zonas, con la condición de que estas áreas estén separadas una distancia que evite la interferencia co-canal.

El proveedor de servicios en vez de cubrir un área desde un solo lugar con una alta potencia y alta elevación para que así pueda dar cobertura una gran distancia y la elevación nos ayuda a tener punto de vista con los terminales, se opta por dividir el área asignada en áreas con menor radio llamadas celdas en donde cada una se encuentra una estación base en donde se transmite la señal con menor potencias, para así dar cobertura a un área menor.

Al proceder con la división del área total en grupos de celdas, las cuales proporcionarían un mayor número de canales en los lugares más transitados o de mayor fluidez de personas. Al dividir el área mayor, se crean grupos de celdas (K), las cuales dispondrán de un número determinado de canales para todo el ancho de banda (N), la cantidad de canales en cada grupo de celdas es igual a $S = N/K$ canales. [6]

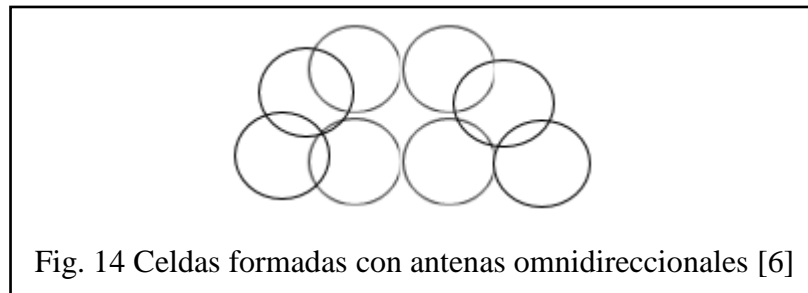
El sistema celular debe cumplir con dos condiciones indispensables para así poder funcionar apropiadamente y sin problemas de co-canal.

- Cada celda vecina no puede compartir el mismo canal. Al no disponer de iguales canales la interferencia se reduce.
- La potencia de transmisión dentro de una celda no debe sobrepasar un límite indicado al diseñar el sistema celular.

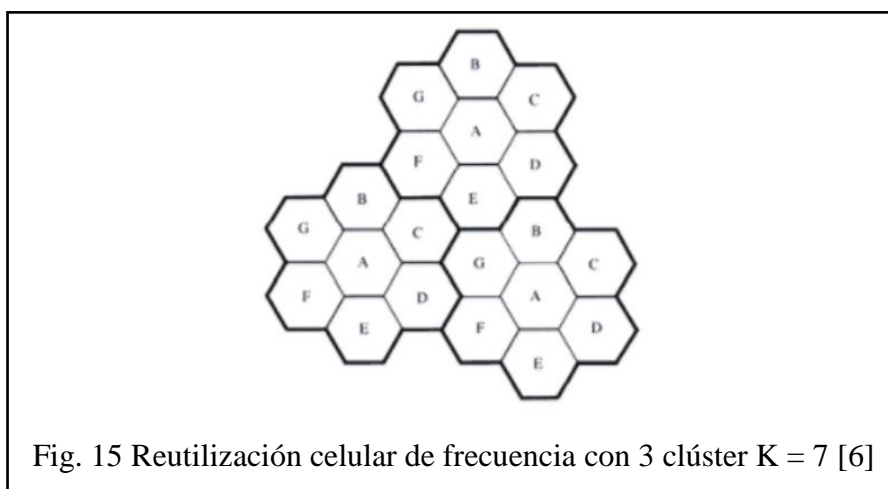
2.8.2 Geometría Celular

En el proceso laboral es necesario utilizar una estructura geométrica la cual tenga la capacidad de acoplarse para así poder aumentar el crecimiento de la red de telecomunicaciones sin la necesidad de cambiar equipos con mayor potencia de transmisión

Si se utiliza una antena isotrópica la cual nos da una radiación constante en toda su área, se puede asumir una forma circular para cada celda, esta celda posee una antena omnidireccional por ese motivo su cobertura es a todas direcciones Fig. 14, si no se colocan bien las celdas se pueden generar solapamiento o bien zonas sin coberturas.



El área que se forma por un número determinado de celdas adyacentes que utilizan diferentes frecuencias se lo nombrar como “cluster”. En la Fig. 15 se muestra tres cluster de siete diferentes frecuencias.



En las células se usa forma hexagonal, que posee exactamente seis células equidistantes vecinas, y las líneas que unen a los centros de cualquier célula con los de sus vecinas forma ángulos de múltiplo de 60°.

2.8.3 Interferencia

Las dos clases principales de interferencia en un sistema de telefonía móvil son la interferencia de canal compartido y la interferencia de canal adyacente.

2.8.3.1 Interferencia por canal compartido

Esta interferencia se produce cuando se reutiliza una frecuencia, en varias células dentro de una determinada región de cobertura. Dos células que usen el mismo conjunto de frecuencias se llaman “células por canal compartido” y a la interferencia entre ellas se llama “interferencia de canal compartido”.

A diferencia de interferencias como el ruido termino, que se puede superar aumentando la potencia de transmisión, realizar ese acto por interferencia de canal compartido no elimina este problema, al aumentar dicha potencia se produce una mayor interferencia a la otra célula y una de las dos tendría una zona de cobertura muy reducida o completamente nula.

Para reducir la interferencia por canal compartido, se deben separar las células que dispongan de canales compartidos una determinada distancia mínima como se muestra en la Fig. 16.

La interferencia por canal compartido depende del radio (R) de las células y de la distancia al centro de la célula de canal compartido más cercana (D). Al aumentar la relación D/R (relación de reutilización de canal compartido) aumenta la separación entre células de canal compartido, en relación con la distancia de cobertura [7]

$$Q = \frac{D}{R} \quad - \quad \frac{D}{R} = \sqrt{3N}$$

Q = Relación de reutilización de canal compartido

D = Distancia al centro de la célula más cercana de canal compartido (kilómetros)

R = Radio de la célula (kilómetros)

N = K = Tamaño del grupo (cantidad de células)

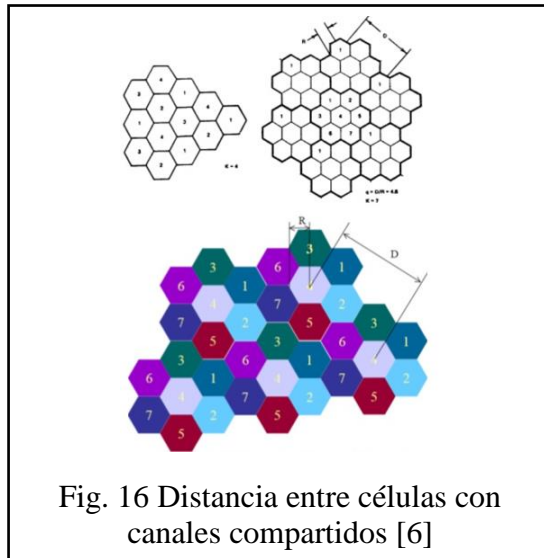


Fig. 16 Distancia entre células con canales compartidos [6]

2.8.3.2 Interferencia por canal adyacente

La interferencia por canal adyacente se presenta cuando las transmisiones interfieren entre sí. Es el resultado de filtros imperfectos en los receptores, que permiten la entrada de frecuencia cercanas las cuales no deberían entrar al receptor [7].

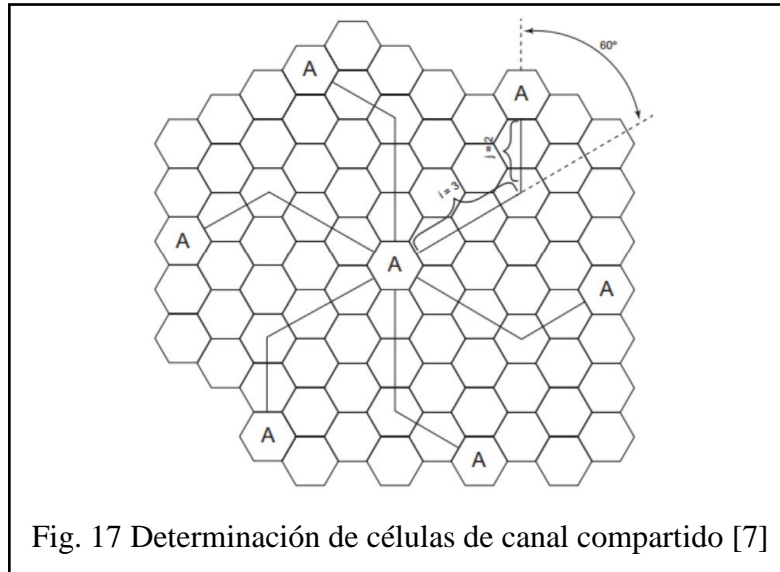
Esta interferencia ocurre cuando el canal adyacente transmite muy cerca del receptor en una unidad móvil, al mismo tiempo que la unidad móvil está tratando de recibir transmisiones de la estación base en una frecuencia adyacente. A esto se le llama “efecto cercano-lejano” y se presenta más cuando una unidad móvil está recibiendo una señal débil de la estación base.

Para reducir esta interferencia por canal adyacente se debe utilizar un filtrado preciso en los receptores, también se puede asignar cuidadosamente los canales, mantener una separación razonable de frecuencias entre los canales de una célula dada.

2.8.4 Ubicación de celdas con canales compartidos

Para poder ubicar celdas que poseen canales iguales, se utilizan dos valores i, j tal que $i \geq j$ estos valores enteros tienen el nombre de parámetros de desplazamiento [6].

Para poder ubicar una celda con canal compartido se toma como referencia una de las celdas en este caso la celda con nombre A, se encuentra un valor de i celdas, las cuales se cuentan tomando como referencia cada lado de la celda de referencia, después de terminar se gira en contra de las manecillas del reloj a 60° y se cuenta j celdas, al terminar la celda a la que apunta será ella que compartirá los canales es decir la celda co-canal de la celda de referencia, este procedimiento se realiza en todas las caras del hexágono de referencia y nos entrega 6 celdas co-canal como se muestra en la Fig. 17.



El tamaño del grupo (N o K) es un parámetro importante, ya que nos determina la cantidad de clúster que dispondrán de diferentes frecuencias, el valor se puede obtener matemáticamente.

La TABLA II muestra la separación que debe disponer en los diferentes tamaños.

$$N = K = i^2 + i.j + j^2$$

TABLA II
SEPARACIÓN ENTRE LOS CLÚSTER [5]

<i>i</i>	<i>j</i>	<i>N = K</i>
1	1	3
0	2	4
1	2	7
0	3	9
2	2	12

2.8.5 División de célula

El objetivo es aumentar la capacidad de canales y mejorar la disponibilidad y la fiabilidad de una red telefónica celular, la reducción de células se realiza en sectores congestionados y donde se necesita mayor velocidad, ya que la nueva generación (3G LTE y 4G) utilizan los datos por motivos de transacciones importantes, para eso necesitan garantizar la mínima pérdida en la red, que se puede producir por poca

capacidad de canales o bloqueo de otros terminales, para facilitar este objetivo se utilizan la división de célula.

Las células que abarcan grandes coberturas en este momento se utiliza para la 2G (GSM) la cual se centra en llamadas, mensajería de texto y su calidad no es tan exigente en la alternativa de pérdida de paquetes.

El aumento de demanda de servicios celular en un área consume con rapidez los canales celulares asignados allí. Con varios métodos, como el de “división” y “sectorización de célula” aumentan la capacidad de una red celular. [7]

La división celular nos permite tener un crecimiento ordenado de un sistema celular ver Fig. 18, mientras que la sectorización utiliza antenas direccionales para reducir la interferencia y así poder reutilizar las frecuencias de canal.

El poder mantener una célula pequeña es una labor muy costosa por este motivo primero se establecen células que cubran áreas extensas, y después dependiendo de las exigencias, se dividen las células en áreas más pequeñas, que disponen con su estación base y conjunto de frecuencias de canal propio.

Se puede identificar el momento en el cual se debe realizar una división de células cuando se produce sobrecarga del sistema, la cual se genera al estar utilizados todos los canales disponibles lo que nos produce un bloqueo. Para poder solucionar se procede a hacer la división, reemplazando el transmisor central que trabaja con una potencia elevada por mayor cantidad de transmisores de menor potencia.

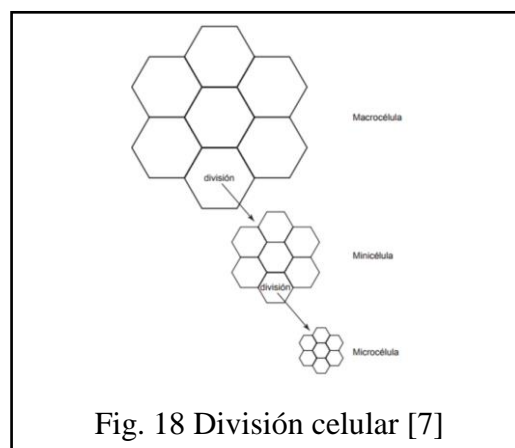


Fig. 18 División celular [7]

Macrocellulas, son celdas que abarcan grandes extensiones de terreno para así poder dar servicio a poblaciones dispersa, estas celdas son colocadas en carreteras, y pueblos que no disponen de un número elevado de habitantes.

Microceldas, son celdas que cubren zonas pequeñas, lugares céntricos de gran número de usuarios activos, reduce el área de cobertura, aumenta la cantidad de canales y aumenta la velocidad de conexión al disponer de una frecuencia mayor.

Dependiendo del lugar en donde se desea tener cobertura, la instalación de antena omnidireccionales no son indispensables y en cambio se puede instalar antenas direccionales de 120° grados para así concentrar la cobertura en lugares críticos.

2.9 Calidad de los sistemas de comunicaciones móviles

Las comunicaciones móviles exigen una calidad de servicio las cuales deben especificarse en los proyectos de sistemas móviles, debiéndose exigir su cumplimiento a los proveedores de equipos y servicios. [4]

2.9.1 Calidad de cobertura

Posee algunos parámetros para calificar la calidad de la cobertura como:

Extensión: con este parámetro nos referimos a la zona de cobertura, la distancia a la que cubre ya sea para medir cobertura local, regional, nacional, internacional.

Escenario de cobertura: Nos describe el entorno en el que desea la cobertura, es decir los lugares donde una persona se quiera conectar con la radio base ya sea para hacer llamada o envió de mensajes como por ejemplo un edificio, interior de un vehículo zonas rurales con bosque, túneles, calles, centro de ciudades, entre otros lugares en donde se pueda ofrecer el servicio

Grado de cobertura: Especificar el porcentaje de cobertura de una operadora, mostrando un mapa de calor o indicando los lugares donde disponen de su servicio.

2.9.2 Calidad de terminal

Es el alcance de cobertura en el sentido de estación base a terminal móvil debe ser igual al retro alcance de terminal móvil a estación base, esto nos indica la simetría del enlace bidireccional para que cualquier terminal pueda comunicarse con la radio base al igual que la radio base pueda comunicarse con el terminal sin que uno de los dos este fuera de la cobertura del otro. Esta calidad se puede medir en vehículos y portátiles.

2.9.3 Calidad de disponibilidad

Depende de la calidad de cobertura y del grado de trafico de los canales de radio disponibles. La calidad de disponibilidad especifica la mayor o menor facilidad de

acceso a la cobertura de una estación bases y toma de un canal de radio que se pueda utilizar por parte del terminal.

La calidad se puede medir mediante la probabilidad de bloqueo que es la probabilidad de que se rechace una llamada o mensaje por inexistencia de canales libre para utilizar.

2.9.4 Calidad de fiabilidad

Expresa el máximo porcentaje de interrupciones que puede permitirse, de las caídas de llamadas debido a las averías de los equipos, interferencia, canales de radio ocupados, fallos de alimentación, etc.

2.9.5 Calidad de fidelidad

Se refiere a la calidad de la señal recibida si es de voz, que no posea ruido parásito, interferencias, diafonía y si la señal es de datos nos referimos a la tasa de errores.

En el caso de los sistemas analógicos, la calidad se especifica mediante la relación expresada en dB [4]

$$\frac{(Señal + ruido + distorsion)}{(ruido + distorsion)} \text{ dB}$$

En los sistemas digitales se especifica mediante la tasa de errores en los bits VER (bit error rate)

2.10 Microcontroladores

Los microcontroladores están presentes en todas partes como en el trabajo, las casas, en la vida en general. Nos permiten controlar el funcionamiento de varios dispositivos por ejemplo el teclado de la computadora, los teléfonos, los productos de línea blanca, televisores, entre muchos equipos más.

El microcontrolador en su interior posee todos los componentes electrónicos necesarios que contiene una computadora ver Fig. 19. El microcontrolador se puede emplear en diferentes procesos tecnológicos, al disponer de un tamaño compacto y ser capaz de ser programado, se emplea en todo dispositivo de control electrónico, dependiendo de la capacidad que necesita el proceso se escoge un microcontrolador más robusto [8].

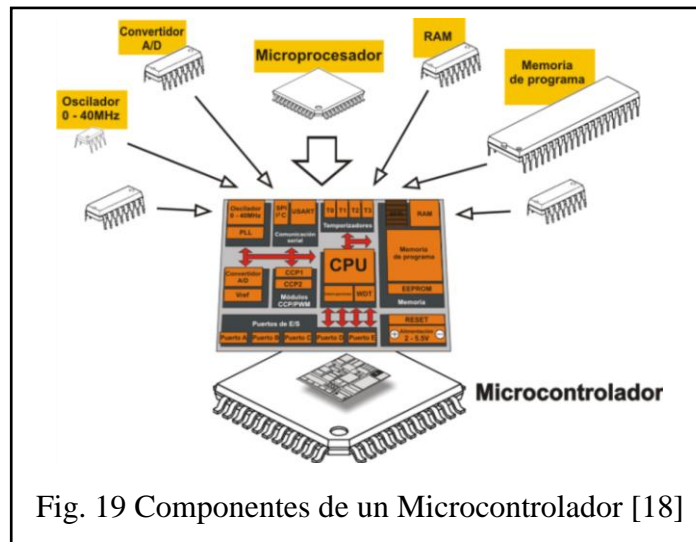


Fig. 19 Componentes de un Microcontrolador [18]

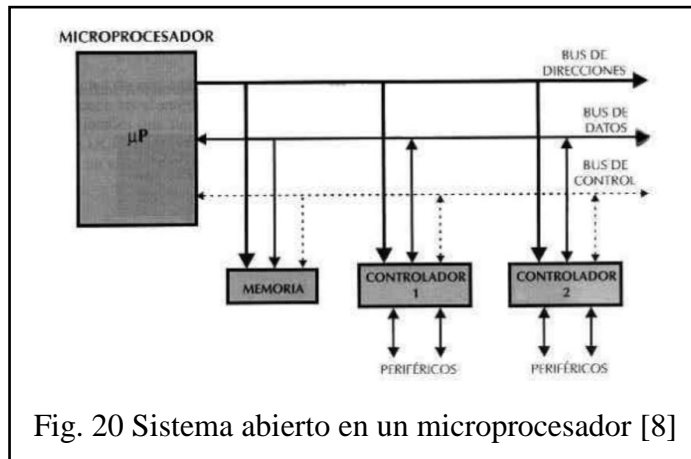
2.10.1 Controlador y Microcontroladores

El controlador es un dispositivo que se encarga de uno o varios procesos, con ayuda de sensores y actuadores pueden realizar muchos procesos. Hace tiempo el controlador se formaba por componentes de lógica discreta, al pasar el tiempo esos componentes se reemplazaron por microprocesadores, hasta por último el controlador se encuentra formado por un microcontrolador capaz de disponer de memoria [9].

El circuito integrado que está formado por elementos que pueden configurarse a un controlador se lo llama microcontrolador. El microcontrolador es compacto a tal punto de estar incluido en el circuito de control de cualquier equipo electrónico.

2.10.2 Diferencia entre microprocesador y microcontrolador

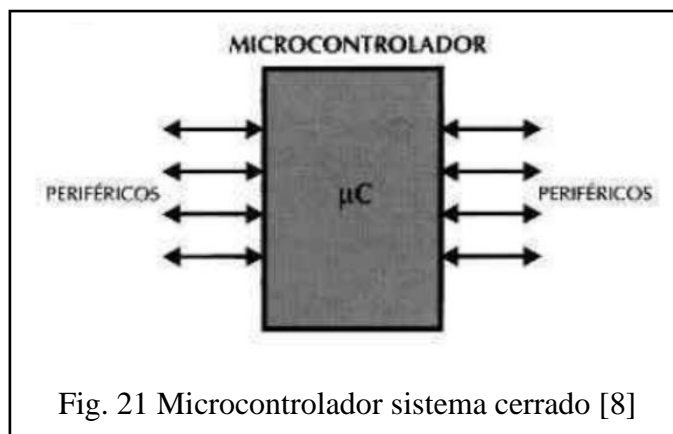
Algunas personas creen que un microcontrolador es igual a un microprocesador, la diferencia que poseen entre ellos sería que el microprocesador, se considera una máquina de computación la cual necesita componentes para completar su funcionamiento como memoria o componentes para transmitir información, no está preparado para la comunicación con algunos dispositivos periféricos, esto obliga a usar circuitos especiales para tal comunicación, por este motivo el microprocesador tiene las líneas de buses en el exterior, de tal forma se puede conectar diferentes circuitos dependiendo de la aplicación que se desea utilizar, como se muestra en la Fig. 20.



El microcontrolador se le diseña de tal manera que todos los componentes estén integrados en el mismo chip. Existen diferentes modelos de microcontroladores, los cuales ofrecen más potencia o menor, dependiendo del proceso que desee controlar, se puede exigir una mayor capacidad en la memoria, aumento de las entradas y salidas del microcontrolador, la velocidad de procesamiento, entre otros parámetros situacionales.

Para concluir podemos definir lo siguiente:

- Un microprocesador tiene la capacidad de aumentar módulos para así realizar diferentes procesos, se considera un sistema abierto al tener la facilidad de adaptarse a cambios en los procesos.
- El microcontrolador no se puede modificar, la adquisición debe ser para un proceso determinado, contiene un computador en su interior, se considera un sistema cerrado Fig. 21.



2.11 Módems GSM

Es posible conectar un microcontrolador a un modem GSM lo cual nos permite realizar procesos de forma remota, si se dispone de cobertura celular. Llamar a cierto número, enviar y recibir mensajes de texto, o incluso conectarse a internet se puede realizar con la ayuda de un microcontrolador cualquiera.

La telefonía móvil utiliza los comandos AT, los cuales forman un lenguaje para la comunicación entre el ser humano y un modem. La tecnología GSM utiliza los comandos AT como estándar para comunicarse entre los dispositivos. Los comandos permiten realizar diferentes labores, como las llamadas, envío de mensajes, modificación de datos. La mayoría de los celulares y módulos GSM trabajan con comandos AT.

Un elemento indispensable para la comunicación móvil es la tarjeta SIM (Modulo de identificación del suscriptor) la cual tiene la capacidad de almacenar la información de otro usuario con tarjetas SIM, comunicación con los otros usuarios, identificación del área en donde se encuentra, posee los datos de la operadora contratada entre otros servicios.

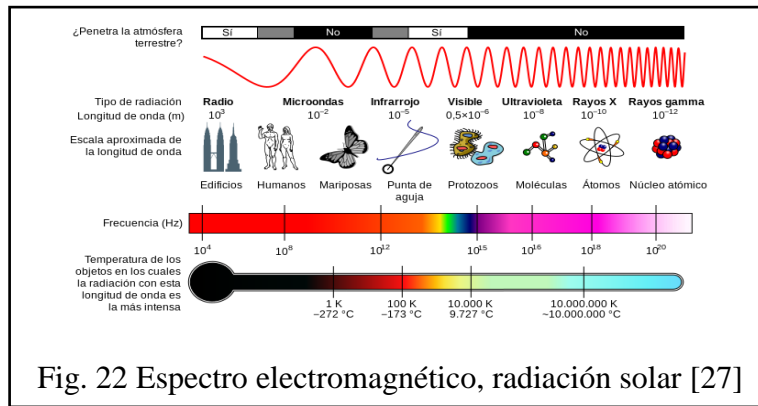
La tarjeta SIM puede ser bloqueado por el fabricante, esta funcionalidad permite restringir el uso de los dispositivos móviles a países y operadores específicos. Por este motivo se debe cambiar la tarjeta SIM por motivos de viaje o si se quiere acceder a los servicios de otros operadores.

2.12 Energía solar

La fuente principal de energía en el planeta es el sol, la energía solar que recibe la tierra en aproximadamente un año, es mucho mayor a la que se puede almacenar con todos los combustibles fósiles existentes en la tierra [10].

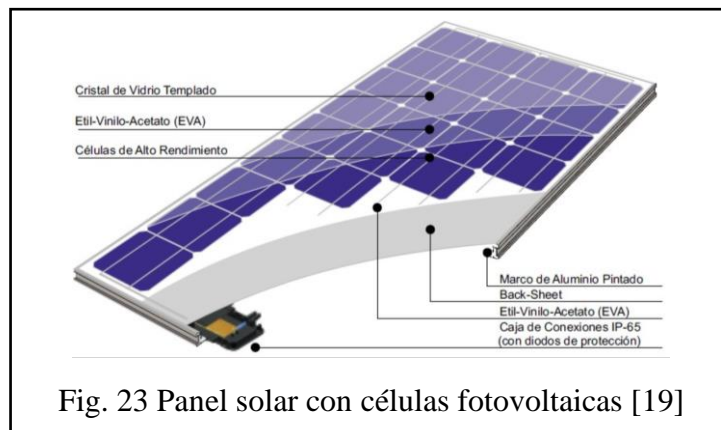
La radiación solar se puede aprovecharse activamente mediante dispositivos ópticos o de otros tipos. La energía solar puede generar calor y electricidad los cuales se pueden almacenar para poder usarlo como reserva de energía o en el transcurso de la noche, al ser energía renovable, la contaminación al recolectar los rayos del sol mediante los recolectores térmicos y las celdas fotovoltaicas es casi nula.

La radiación solar se representa con ondas de diferentes frecuencias, las cuales ingresan a la tierra de tal forma que se pueden recolectar. La energía solar puede generar diferentes ondas electromagnéticas de las cuales solo podemos observar la luz visible ver Fig. 22 donde se puede analizar el espectro electromagnético que genera la energía solar.



2.12.1 Panel fotovoltaico

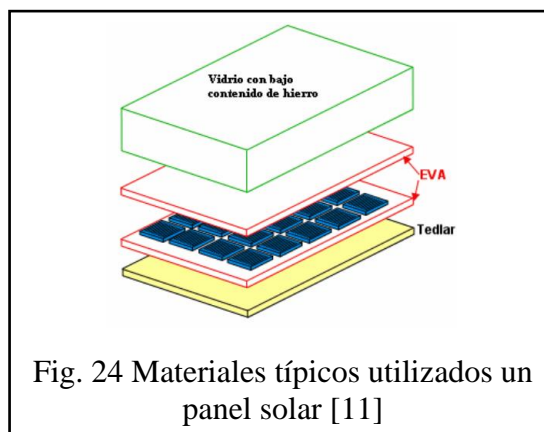
Un panel o módulo fotovoltaico no es más que un arreglo de celdas solares conectadas entre sí, lo cual se muestra en la Fig. 23, de esta manera se suma la potencia de salida de cada celda. Al disponer de luz las celdas, el efecto fotovoltaico genera una fuerza electromotriz que entrega corriente dependiendo del flujo de luz suministrada a la celda. Las celdas están formadas por una delgada placa de material semiconductor a menudo silicio, correctamente tratado por varios procesos químicos.



2.12.2 Composición de un módulo solar fotovoltaico

La vida útil del módulo solar fotovoltaico está entre los 25 y 30 años para el silicio cristalino.

Un módulo fotovoltaico dispone de diferentes componentes se muestra en la Fig. 24, la parte superior se encuentra el vidrio de bajo contenido de hierro que garantiza una buena transmisión de la luz solar, el EVA como material encapsulante para llenar el volumen entre la parte frontal y trasera del módulo y a su vez tiene la función de amortiguar las vibraciones y golpes que pueda sufrir el módulo y al final del módulo se utiliza el Tedlar como superficie posterior. [11]



2.12.3 Conexiones de los módulos fotovoltaicos

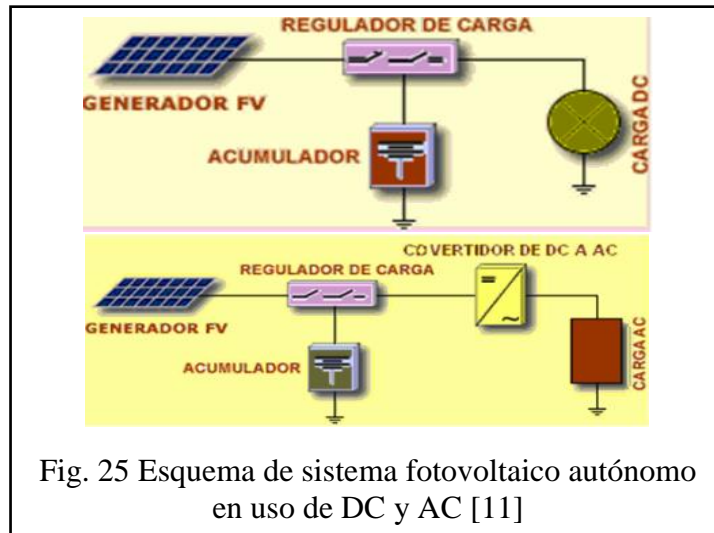
Un módulo fotovoltaico típico consta de múltiples celdas individuales conectadas en serie para aumentar el voltaje de salida. El voltaje de salida debe ser compatible con baterías que funcionen con 5 o 12 voltios. Una celda solar de silicio puede generar solo 0.6V bajo iluminación a una temperatura de 25 °C [11]. Lo más usual son módulos 36 celdas solares en serie, tomando en cuenta la reducción del voltaje al incrementar la temperatura y el caso que una batería puede exigir voltajes de 15V dependiendo de sus características. El voltaje en exceso que genera el panel se incluye al considerar las caídas de voltaje generadas por otros elementos del sistema.

El voltaje de un módulo fotovoltaico está determinado por el número de celdas solares conectadas en serie, la corriente depende del área de las celdas y de la eficiencia en la conversión de energía. Las celdas solares de silicio dan una corriente total entre 2 a 3 A, si la celda solar individual posee una mayor área puede llegar a tener corriente de corto circuito de hasta 4 amperes. [11]

2.12.4 Sistema fotovoltaico autónomo

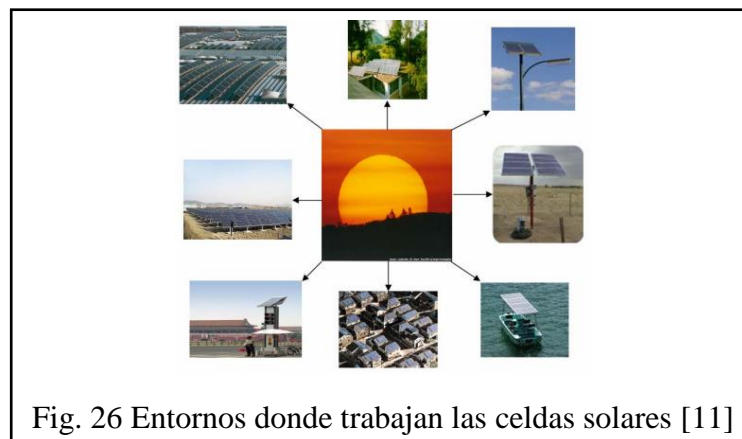
Un sistema fotovoltaico autónomo está constituido por un generador de energía eléctrica, paneles fotovoltaicos, un acumulador que almacene la energía y por último la carga eléctrica. Los sistemas autónomos son diseñados con el objetivo de proporcionar energía eléctrica a una carga a todo momento, siendo esta una restricción de estos sistemas fotovoltaicos.

Para el diseño de un sistema fotovoltaico autónomo, se necesita conocer la potencia que consume la carga y también la radiación solar que incide sobre el panel fotovoltaico. Además, el sistema autónomo puede que funcione con corriente directa (DC) o con corriente continua (AC) donde es necesario convertir la corriente entregada por el panel, en la Fig. 25 muestra los dos tipos de carga en un sistema autónomo.



2.12.5 Aplicaciones de los paneles fotovoltaicos

Las celdas fotovoltaicas en un principio se fabricó para paneles solares pequeños que dan energía a equipos en áreas remotas y productos con poca demanda de energía como relojes, juguetes, calculadoras, etc. En la actualidad el uso de las celdas solares ha aumentado como en centrales solares, carcas eléctricas, sistemas de iluminación, telecomunicaciones y sistemas de monitoreo remoto como es el caso del proyecto para la empresa DIPROMACOM (ANEXO1). En la Fig. 26, se puede observar diferentes entornos donde trabaja los paneles solares.



2.13 Baterías

Las baterías tienen la capacidad de producir energía eléctrica a partir de reacciones químicas. Al ser las baterías dispositivos portátiles, se emplean en muchos procesos en los cuales la energía eléctrica de la red pública no se puede suministrar o en lugar donde se encuentran equipos en constante movimiento.

Descargar la batería en su totalidad no es recomendable ya que el proceso químico en su interior comienza a deteriorarse, si se continua con las descargas continuas de la batería, al momento de cargarla el porcentaje de energía que ofrece disminuirá con el paso del tiempo y acelera este proceso cada vez que la batería se descargue en su totalidad.

La información indispensable que debe tener las baterías se la cantidad de amperios por hora (Ah) que nos entrega la batería. Indica la cantidad de tiempo en la que puede entregar una determinada cantidad de corriente al momento de descargarse completamente, este valor es entregado por los fabricantes.

Las baterías se pueden agrupar en bancos de baterías, las cuales pueden estar conectadas en serie o en paralelo dependiendo de lo que se quiera obtener Fig. 27.

Dos baterías en paralelo tendrían el mismo voltaje, pero el amperaje se sumaría mientras que si se dispone de dos baterías en serie el voltaje se sumaría y el amperaje sería el mismo siempre y cuando estemos hablando de baterías con las mismas características.

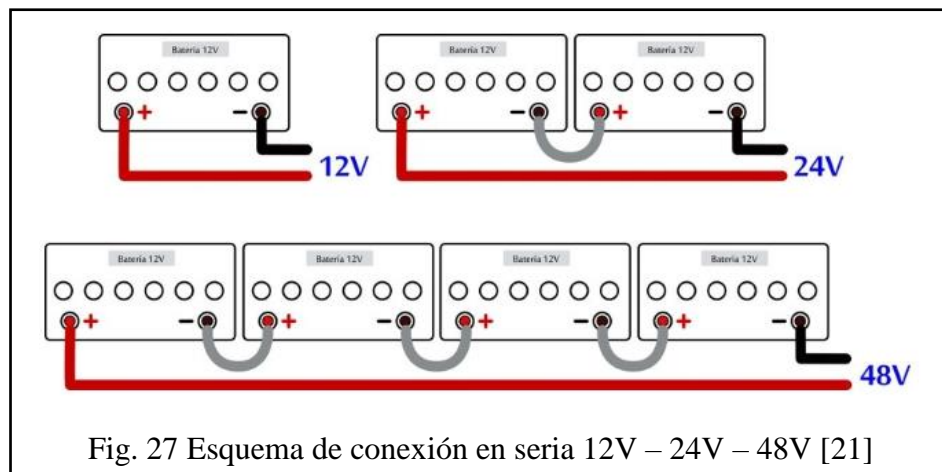


Fig. 27 Esquema de conexión en serie 12V – 24V – 48V [21]

Para trabajos autónomo con panel solar es recomendable prevenir la descarga diaria de la batería, se sugiere no pasar de entre 10% a 25% de su capacidad.

Las baterías se dividen en desechables o recargables. Las baterías desechables disponen de un único uso, al momento de su descarga se vuelve inservible por el agotamiento de las reacciones químicas internas de la batería. Las más comunes de este tipo son: zin carbono o batería alcalina, que se encuentran en objetos como controles inalámbricos, juguetes o luces portátiles.

Las baterías recargables, poseen la ventaja de poder ser cargadas múltiples veces y así ser nuevamente utilizadas, como las baterías de plomo-ácido utilizadas en autos, las baterías de iones de litio mucho más ligeras utilizadas en dispositivos móviles como laptop, celulares, tablets.

2.13.1 Baterías de plomo-acido

Las baterías de plomo-acido ver Fig. 28, son las más comunes en el mercado, utilizadas en vehículos, barcos, centrales telefónicas, entre otros lugares. Las baterías están formadas por dos electrodos de plomo, en el proceso de carga de la batería el sulfato de plomo en el interior pierde electrones y se reduce en plomo metal en su polo negativo mientras que el plomo positivo se forma el oxígeno de plomo. El proceso de descarga se invierte el proceso [12]



Fig. 28 Batería de plomo-acido. [Autor]

2.13.1.1 Trabajo flotante

La batería trabaja en modo flotante cuando la tensión que se ejerce impide que se descargue. La batería se encuentra constantemente cargada hasta el momento en que se necesite emplear la energía almacenada, este modo de trabajo es común cuando la batería se emplea como respaldo por algún corte eléctrico o falla interna.

2.13.1.2 Trabajo en ciclos

Consiste en ciclos de carga y descarga de la batería de manera continua. Por ejemplo, en aplicaciones solares en la cual la batería se carga de mañana y se descarga en la noche de manera continua.

2.14 Regulador de carga

El regulador de carga ver Fig. 29 se encarga de gestionar la corriente eléctrica que absorbe la batería o acumulador. Un regulador siempre es recomendable para la seguridad y protección del sistema de batería y en prácticamente todas las ocasiones su utilización es obligatoria.

La labor consiste en evitar sobrecargas y sobre descargas en las baterías. Si el acumulador está lleno y el panel solar aún recibe radiación, se inyectará energía en la batería sobrecargándola. Para evitarlo el regulador corta el ingreso de energía en la batería y en caso de que la batería se encuentra con baja carga el regulador corta el suministro de energía protegiendo así la batería.

Existe dos procesos diferentes de carga: carga profunda y carga de flotación. Tras un proceso de carga profunda en la cual se alcanza la tensión máxima de regulación, la tensión de la batería se mantiene mediante cargas intermitentes en el valor de la tensión de flotación. En sistemas de 12 V la desconexión suele darse entre los 13,7 V y 14,4 V.

La mayoría de los sistemas de acumulación para instalaciones fotovoltaicas son de electrolito ácido y es muy perjudicial descargarlos completamente. Cuando se alcanza la tensión de alarma por exceso de descarga el regulador procede al corte del suministro. En sistema de 12 V la desconexión suele darse entre 11,1 V y 11,4 V.



Fig. 29 Regulador solar [25]

2.15 Descripción de la especie

La tilapia es un pez de origen tropical, cuyo cultivo se lo realiza en climas que estén entre los 15-30 grados centígrados, por lo que nos permite cultivar en cualquier zona de la costa ecuatoriana.

Entre todas las especies pertenecientes al género Tilapia u Oreochromis (nombre científico), la tilapia roja es la más conocida y con mayor producción a nivel mundial Fig. 30. La tilapia como especie se puede reproducir en cualquier tipo de agua y por ser herbívoro u omnívoro resultan comparativamente fáciles de alimentar, son especies sumamente resistentes y pueden ser cultivadas en agua dulce, salobre o incluso marina [13].

La tilapia posee un rápido crecimiento, puede alcanzar un peso de 0.45 a 0.68 kilogramos en un periodo hasta 9 meses, estos parámetros pueden variar según el método de cultivo que se emplea, la reducción de tiempo disminuye los gastos correspondientes y aumenta los ingresos.

La tilapia posee una alta resistencia a las enfermedades, temperaturas, cambio de hábitat, su reproducción es fácil al disponer de la temperatura requerida, al terminar el cultivo se realiza el encalamiento y se procede a realizar sembrar los nuevos alevines, y a sus veces se procede con el control de los parámetros de pH, temperatura y oxígeno disuelto.



2.15.1 Hábitos reproductivos

Se reproducen a temprana edad cuando cumplen 2 o 3 meses a una temperatura de entre 20 – 25 °C.

El proceso de reproducción de la especie *Oreochromis* es muy práctica, se necesita tener los peces reproductores, los cuales se siembran en un ambiente controlado y en el transcurso de una semana proceden con la reproducción.

En proceso de reproducción comienza con el macho formando un nido de unos 30 cm de diámetro, la hembra almacena los huevos en el nido creado para que el macho los pueda fecundar, al realizar este proceso la hembra culmina recogiendo los huevos por medio de su boca, este proceso se repite con todas las hembras disponibles.

Al eclosionar los huevos la madre se queda con las larvas por una semana acondiciéndolas en su boca, por cualquier peligro [13].

Después de aproximadamente 3 semanas que haber sembrado los peces reproductores, se podrá visualizar bancos de pececillos (alevines) los cuales se podrán capturar con la ayuda de redes como se puede ver Fig. 31.



2.15.2 Hábitos alimenticios

La tilapia es una especie omnívora dispone de una gran diversidad de los alimentos que puede consumir, puede ingerir vegetación, algas y bacterias como el zooplancton [13].

Las tilapias posee una gran característica que consiste en el fácil proceso de alimentar a la especie con alimento balanceado, estos pueden ser creados por el acuicultor o comprado comercialmente, son creados a partir de fórmulas especiales para la especie que pueden contener frutas, plantas, cereales, semillas, estos elementos son triturados y mezclados para luego compactarlos para que no se disuelvan al contacto con el agua.

2.16 Requerimientos medios ambientales

Para tener un óptimo desarrollo y reproducción de la tilapia se requiere un medio ambiental con las siguientes características, las cuales afectan al crecimiento, reproducción y su sobrevivencia en su entorno de cultivo, los cambios de las variables pueden retrasar o aumentar el tiempo que le toma a la tilapia roja llegar a su tamaño comercial.

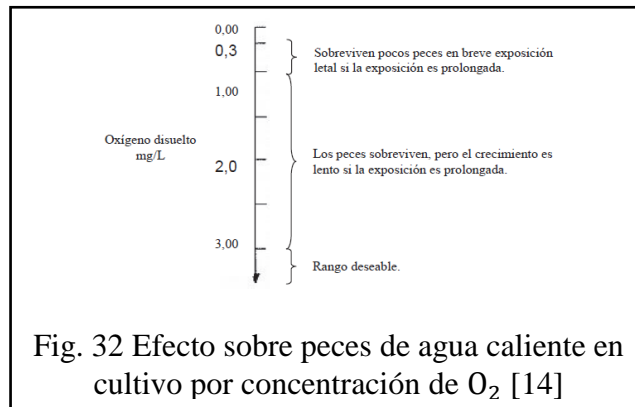
2.16.1 Temperatura

El rango sugerido de temperatura para cultivar al *Oreochromis* (tilapia) debe oscilar entre 20-30°C, por ello que los cultivos se restringen a zonas, cuya temperatura de invierno no bajen de 20°C, se podría solucionar este problema implementando calderas que nos permitiría subir la temperatura de la piscina. La especie puede soportar temperaturas menores ya cuando la temperatura baja a los 15°C los peces pierden la capacidad de crecer y alimentarse, si se continúa bajando la temperatura a los 12°C los peces no sobreviven mucho tiempo. La reproducción de la tilapia se da con éxito a temperaturas entre 26-29°C y los límites de tolerancia de la especie oscilan entre 37-42°C [13].

2.16.2 Oxígeno disuelto

La concentración del oxígeno (O_2) en la piscina debe ser mayor a 5 mg/L para un buen desarrollo de la tilapia roja, sin embargo, la especie puede tener metabolismo anaeróbico en concentraciones mínimas del oxígeno aproximadamente 1mg/L, esta reducción de oxígeno reduce el consumo de alimento lo cual retrasa su crecimiento y solo permite alcanzar su tamaño comercial en un año.

La cantidad de oxígeno O_2 requerido por los animales acuáticos varía y depende de las especies, alimento, dinamismo, tamaño, temperatura del agua y concentración de O_2 disuelto. Un pez consume mayor cantidad de O_2 cuando requiere comer, aumenta la actividad, incrementa la respiración o por un incremento en la temperatura [14]. La Fig. 32 muestra la cantidad de oxígeno disuelto que se desea para los peces.



2.16.3 pH

El valor de pH del agua que contiene a las tilapias puede favorecer la productividad que pueda tener la piscina. La tilapia roja obtiene un mejor crecimiento cuando el agua en donde habita posee un pH neutro o inclinado a lo alcalino, el valor que oscila el pH óptimo esta entre 7 y 8. La especie no puede tolerar valores inferiores a 5 pH, pero si pueden resistir superiores a 11 pH. En aguas ácidas el crecimiento se reduce mientras que en aguas básicas el amonio se transforma en amoniaco tóxico que produce la muerte de los peces. [14]

2.16.4 Turbidez

La turbidez actúa sobre la dispersión de la luz en el estanque, esto limita la producción natural del estanque por la disminución de la fotosíntesis, lo que reduce el alimento para las tilapias. Se recomienda el monitoreo para que el agua de las piscinas se encuentre en buenas condiciones y disponga de poca turbidez, las materias que pueda existir en agua turbias pueden provocar lesiones e infecciones en las branquias de los peces. Se debe mantener 30 centímetro de visibilidad de profundidad, caso contrario se debe realizar un recambio de agua.

2.16.5 Altitud

La relación de la altitud con la temperatura y de las características microclimáticas es un factor limitante para la producción de la tilapia por producir cambios que la especie no podría soportar, este requerimiento el cultivo de tilapia puede ser ignorado si se cultivan a la especie en un ambiente controlado que asegure la supervivencia y reproducción de la tilapia. En Ecuador la altitud se establece entre los 850 y los 2000 metros sobre el nivel del mar. [13]

2.17 Estratificaciones Térmicas

La piscina al estar en la intemperie el calor provocado por el sol se distribuye de manera irregular, lo que lleva al fenómeno de la estratificación térmica, la piscina de cultivo se divide en 3 estratos que se diferencian por sus temperaturas ver Fig. 33.

- El epilimio es la zona en la cual permanece prácticamente constante la temperatura.
- El mesolimnio existe un gradiente de temperatura.
- El hipolimnio es la zona en la que presenta cambios moderados en la temperatura.

La superficie del agua capta el calor por el día, mientras transcurso la noche pierde dicho calor, la densidad del agua es menor en la superficie que en la aguas más profundas y frías. Este mecanismo de circulación natural de calor en la piscina promueve la introducción de O_2 , la eliminación de gradientes nutricionales y la confrontación de microorganismos. [14]

Cuando los niveles de O_2 disminuyen considerablemente por tener una piscina estancada sin movimiento, los peces no tienen más alternativa que subir a la superficie de la piscina y busca directamente el oxígeno atmosférico.

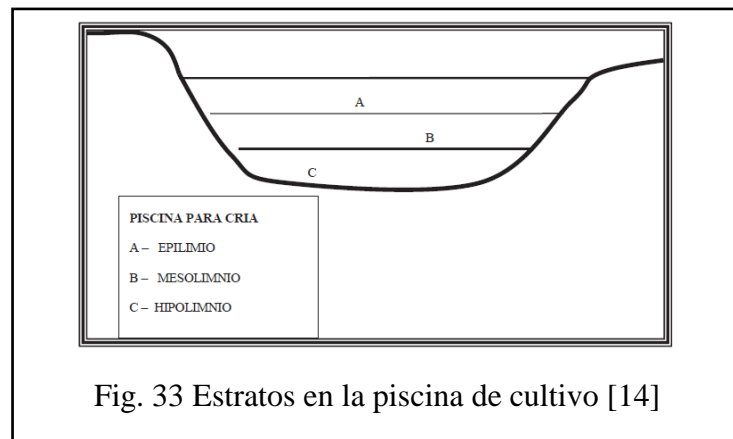


Fig. 33 Estratos en la piscina de cultivo [14]

2.18 Sistema de producción

Existen diversos sistemas de producción de la tilapia como los sistemas extensivos el cual posee poco control del ambiente, sistema semi-intensivo que realizan modificaciones en el ambiente y por último los sistemas super intensivos los cuales poseen control completo del ambiente, alimentación y todos los parámetros para el crecimiento de los peces.

2.18.1 Extensivo

Este sistema de producción se caracteriza por la mínima modificación del medio ambiente, con poco control del ambiente, la calidad y la cantidad de insumos que se pueden agregar para estimular la cadena de alimentación.

El estanque posee un sistema para poder cambiar el agua, este sistema es utilizado al momento de ver turbidez en el agua o cuando el pH llega a valores elevados, no existe

control completo en el ingreso del agua, la piscina puede llenarse por medio de la lluvia natural, la cantidad de siembra oscila entre 10,000 a 20,000 peces.

2.18.2 Semi-intensivo

El sistema semi-intensivo, realiza modificaciones significativas en el ambiente controlado, se monitorea y controla todo lo relacionado con el agua, se utiliza componentes químicos para mejorar la producción del cultivo, la alimentación se analiza para mejorar producción sin aumentar la aireación [13].

El sistema semi-intensivo es utilizado para producciones de tamaño pequeño y mediano los cuales no disponen de los suficientes recursos para realizar grandes modificaciones en el cultivo. Las instalaciones disponen de piscinas de tierra las cuales contiene bombas para el llenado y drenado del agua a gusto. La cantidad de peces que se siembran varían de 50,000 a 100,000 ejemplares, el tiempo de producción es de 6 meses a partir del sembrado de los alevines.

2.18.3 Intensivo

Se realiza modificaciones sustantivas en las instalaciones del cultivo, posee completo control sobre el agua en la piscina al igual que el control de las especies que se cultivan, se aumenta la cantidad de siembra a su vez se ejerce un mayor control en los parámetros del agua, la aireación y el cambio del agua se realiza regularmente, las piscinas puede ser fabricada en diferentes materiales como tierra, piscina de concreto o jaulas.

2.18.3.1 Estanques

En los estanques se utiliza un alimento complementario de 25 a 30% de proteína. Los estanques en sistemas intensivos se encuentran provistos de aireadores encargados de aumentar el oxígeno si así es requerido.

2.18.3.2 Jaulas

En los sistemas intensivos existe diferentes jaulas para diferentes tipos de volumen, las cuales disponen de una medida de menor y mayor a 5 metros cúbicos. La cantidad mínima de cultivo que se puede sembrar es de 600 tilapias/ m^3 , las jaulas de menor volumen poseen la mayor productividad, esto ocurre por el mayor recambio del agua.

2.18.4 Super intensivo

En este sistema los recambios de agua en el estanque deben hacerse a diarios, se utilizan aireadores mecánicos constantemente. La alimentación artificial es única fuente de alimentación, este balanceado es realizado especialmente para la especie por lo que contiene un gran porcentaje de proteína.

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Metodología de la investigación

El método empleado para elaborar el proyecto es el método lógico inductivo, el cual nos indica que, si se parte de casos particulares, se eleva a conocimientos generales. El método permite la formación de hipótesis, investigación de leyes científicas y las demostraciones.

En el proyecto se plantea realizar un prototipo, que pueda mostrar la factibilidad del controlador GSM en la acuicultura en la costa ecuatoriana. Se parte de un caso particular, como es la medición de parámetros y comunicaciones con el cliente por medio de mensajes de texto, si se tiene éxito con el funcionamiento el controlador podrá ser capaz de funcionar en diferentes proyectos que pueden incluir otras áreas.

3.2 Técnica de investigación

Constituye al conjunto de mecanismos, medios o recursos dirigidos a recolectar, conservar, analizar y transmitir los datos sobre lo que se investiga.

3.2.1 Técnica de campo

Se realizó el estudio en el lugar planteado, técnica usada en el momento de realizar las pruebas a los sensores, actuadores que se encuentran con el equipo y en diversos lugares que disponga de cobertura celular para así poder verificar que la información llega y se envía correctamente

3.3 Procedimiento del proyecto

3.3.1 Primera etapa (Investigación del proyecto)

Se realizó las respectivas investigaciones para así cotizar los precios de los diferentes equipos que se necesitarán, como los sensores y actuadores. Luego se procede a la compra de los equipos más indispensables y se comenzó a realizar los primeros bosquejos de la estructura.

3.3.2 Segunda etapa (equipos y diseño)

Se realizó las investigaciones del funcionamiento de los sensores que llegaron, se probó el funcionamiento correcto del controlador con las diferentes bandas de frecuencia GSM que se dispone en el país. Se procede a diseñar el módulo que contendrá al controlador y actuadores con su alimentación. Se diseña el circuito del todo el proyecto e identificar nuevos equipos para la alimentación.

3.3.3 Tercera etapa (Construcción y prueba de los cálculos)

Se inició el ensamblaje del módulo mientras que sigue realizando pruebas con el alimentador del módulo, se realiza pruebas separadas de los sensores con el controlador. Se procede a ensamblar los equipos en el módulo y realizar primeras pruebas grupales sin disponer de todos los elementos.

3.3.4 Cuarta etapa (Finalización de las instalaciones, pruebas finales)

Se finaliza el completo ensamblaje del módulo con todos sus elementos, comienza la prueba del equipo con todos sus elementos, se monitorea su correcto funcionamiento en varios días. Se corrigen errores y soluciona problemas en el módulo.

4 DISEÑO Y ANÁLISIS DEL HARDWARE

4.1 Diseño del proyecto

Para del diseño e implementación del prototipo se procede a crear un diagrama de flujo general del proyecto, más adelante se especificará las partes importantes como la alimentación del proyecto. Como se puede observar en la Fig. 34 se aprecia un diagrama general del proyecto, en la cual, al iniciar el equipo, inmediatamente se procede a medir de los parámetros requeridos. Los valores de los sensores van dirigidas al controlador GSM el cual enviará un SMS al encargado de la piscina si se sufre alguna anomalía, este proceso se repite. En el **Anexo 2** la propuesta de solución del proyecto.

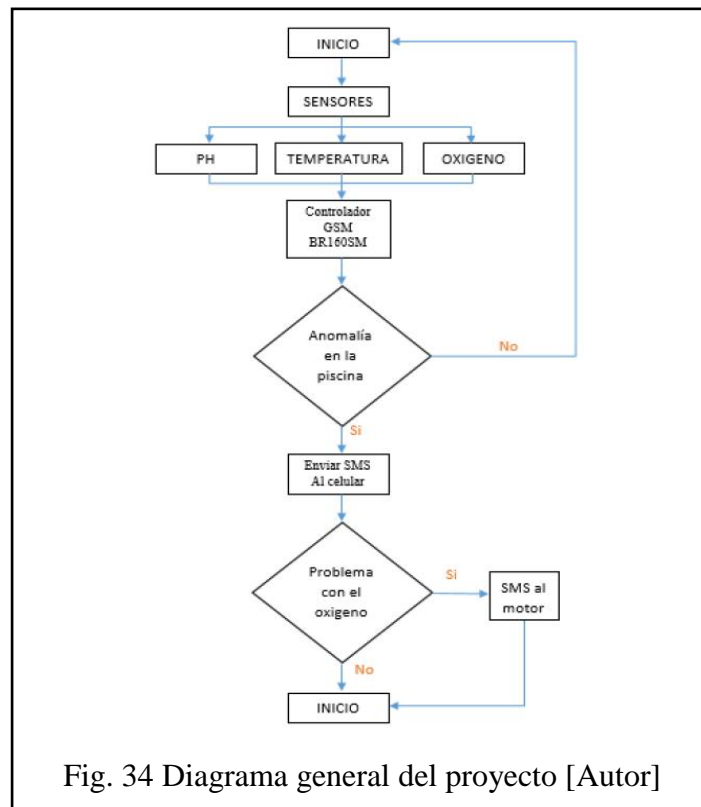


Fig. 34 Diagrama general del proyecto [Autor]

4.2 Energía renovable

El proyecto dispondrá de energía renovable la cual se encargará de alimentar los equipos y a su vez almacenar energía en la batería. Para poder descubrir que características debe tener el panel o la batería se debe verificar por medios de cálculos.

4.2.1 Elección y cálculos referente al panel solar

El proceso de elección se debe hacer según su ámbito de aplicación, el panel que se escogió es policristalino, los cuales se utilizan cuando la insolación directa es garantizada en el trabajo, en el proyecto se garantiza que no se interrumpe la luz, el rendimiento medio es de cerca de un 13%.

Los cálculos necesarios para escoger los vatios (W) que necesita tener su panel solar o su banco de paneles solares, se debe multiplicar la potencia en vatios de los equipos que se utilizaran, más las horas de trabajo de los mismo.

Para descubrir las horas de sol promedio que dispone el país ver Fig. 35, se toman las horas anuales del país dividido a los días del año, nos da como resultado un aproximado de las horas diarias que se dispone.

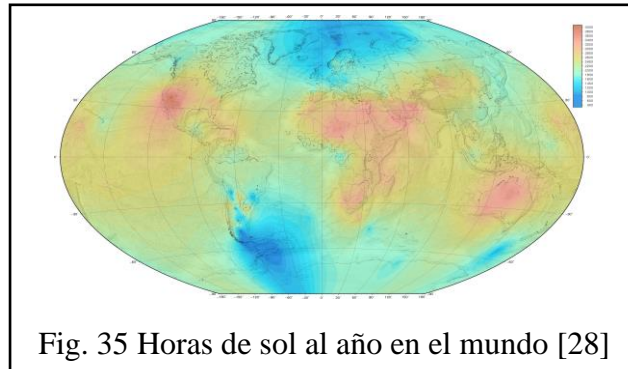


Fig. 35 Horas de sol al año en el mundo [28]

En la Fig. 36 se muestra a mayor escala el país de esa forma se puede ver cuantas horas posee anualmente.

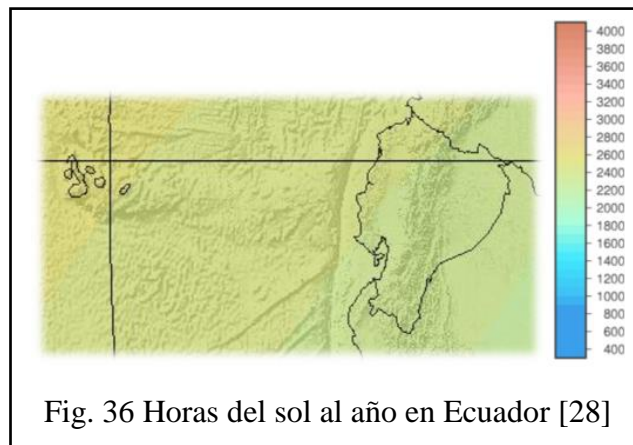


Fig. 36 Horas del sol al año en Ecuador [28]

En el Ecuador se puede observar las horas de sol por año dependiendo del color y tenemos tiempo anual entre 2200 a 2600.

$$\text{Tiempo diaria aprox. min.} = \frac{2200}{365} = 6.03 \text{ hr}$$

$$\text{Tiempo diaria aprox. max.} = \frac{2600}{365} = 7.12 \text{ hr}$$

Ya conociendo las horas que se dispone del sol se puede calcular los vatios por hora, por el momento se procede a sacar los vatios por hora de los equipos que se utilizan para así saber si el panel solar podrá abastecer a todo el módulo TABLA III.

Controlador:

voltaje =12V Amperio =0.30A horas de trabajo= 12hr

$W = V \cdot I = 12 \cdot 0.30 = 3.6W$ $Whr = W \cdot hr = 3.6 \cdot 12 = 43.2Whr$

Batería:

voltaje =12V Amperio hora =9.0Ahr horas de trabajo= 20hr

$I = Ahr/hr = 9 / 20 = 0.45A$ $Whr = V \cdot Ahr = 12 \cdot 9Ahr = 108Whr$

Panel solar:

voltaje =17.2V Amperio =3.49A horas de trabajo= 7.12hr

$W = V \cdot I = 17.2 \cdot 3.49 = 60W$ $Whr = W \cdot hr = 60 \cdot 7.12 = 427.2Whr$

TABLA III

VATIOS POR HORA DE LOS EQUIPOS

Material	Horas de trabajo	Vatios por hora
Panel solar	7.12 hr	427.2 Whr
Controlador más sensores	12 hr	43.2 Whr
Baterías	20 hr	108 Whr
Air compressor	1 hr	150 Whr
		126 Whr

Se utiliza un panel solar policristalino de 60w a 17.2V y 3.49 A ver Fig. 37, es suficiente para cargar la batería, alimentar el controlador en horas con radiación solar.



Fig. 37 Panel solar de 60w (17.2V a 3.49A) [Autor]

4.3 Baterías para el panel solar

Para seleccionar la batería para el proyecto se debe determinar las clases de acumuladores, que se pueden conseguir en el mercado, que satisfagan los requisitos de la planta.

En este caso se selección una batería de plomo/AGM (Absortion Glass Mat) son confeccionadas a base de fibra de vidrio absorbente, al ensamblar la batería e introducir el electrolito líquido, este es absorbido por la fibra AGM que trabaja como una esponja.

4.3.1 Cálculo de capacidad de la batería

Para realizar los cálculos correspondientes se debe tener algunos datos previos como son el amperaje que consume el equipo, para este primer cálculo se procede a utilizar los amperios que consume el controlador GSM con sensores conectados, el cual es de 0.30 A.

Luego de obtener el amperaje que se consume se procede a sacar los amperios hora (Ahr). Los amperios hora indica las veces que un número de amperios se acumula por una hora o las horas especificadas en la batería.

$$\text{Consumo} = C = I * Hr = 0,30 A * 20 hr = 6 Ahr$$

El consumo por 20 hr de funcionamiento seria de 6 Ahr, el cual nos indicaría que batería se debería comprar, pero este valor no posee algunos parámetros como el ciclo de vida que nos indica cuanto de porcentaje se puede descargar la batería y el tiempo de descarga ya sea rápido o lento.

4.4 Controlador de carga para el panel solar

El controlador o regulador de carga, se encarga de controlar de gestionar la corriente eléctrica que absorbe las baterías en el equipo, evita la sobre descargas y sobrecarga en los acumuladores (baterías), así podremos tener una vida útil más larga.

El equipo dispone de 2 baterías, se encargan de la alimentación del controlador, del motor, inversor, luces indicadoras, todo equipo electrónico dentro de la planta. Dichas baterías deben estar cargadas en todo momento, de ese modo podrán dar energía a la planta en todo momento en el cual no se disponga de la energía solar.

La mayoría de los sistemas de acumulación para instalaciones fotovoltaicas son de electrolito ácido y es muy perjudicial descargarlos completamente. Cuando se alcanza

la tensión de alarma por exceso de descarga el regulador procede al corte del suministro. En sistema de 12 V la desconexión suele darse entre 11,1 V y 11,4 V.

Si ocurre esta desconexión total de los acumuladores la planta perderá su energía indefinidamente, se debe proceder al cambio de acumuladores (baterías) o a la energización si es posible. El controlador de carga del panel solar necesita la alimentación de las baterías para poder encender y así realizar la carga de las baterías ver Fig. 38, si se descargan y pasan la tensión de alarma, al momento de disponer de energía solar el controlador no permitirá el suministro de energía a las baterías ya que no dispone de energía dicho controlador



4.5 Estructura de la planta

La estructura de la planta se encargada de sostener todo los equipos actuadores y controladores, dicho esto debe ser capaz de soportar el peso de todos los equipos actuadores y controladores sin la posibilidad de que puedan producir algún accidente. Al disponer de las partes fundamentales de la estructura se proceder a realizar el ensamblaje, según el prototipo realizado en AutoCAD.

4.5.1 Creación del prototipo de la estructura

Se realizo un prototipo de la estructura en AutoCAD, con la finalidad de saber la cantidad de material que se podrá utilizar y el modelo final de la estructura.

Se realizar la base de la estructura con ángulos, luego se agregan las boyas a la base y se procede a indicar medidas ver Fig. 39.

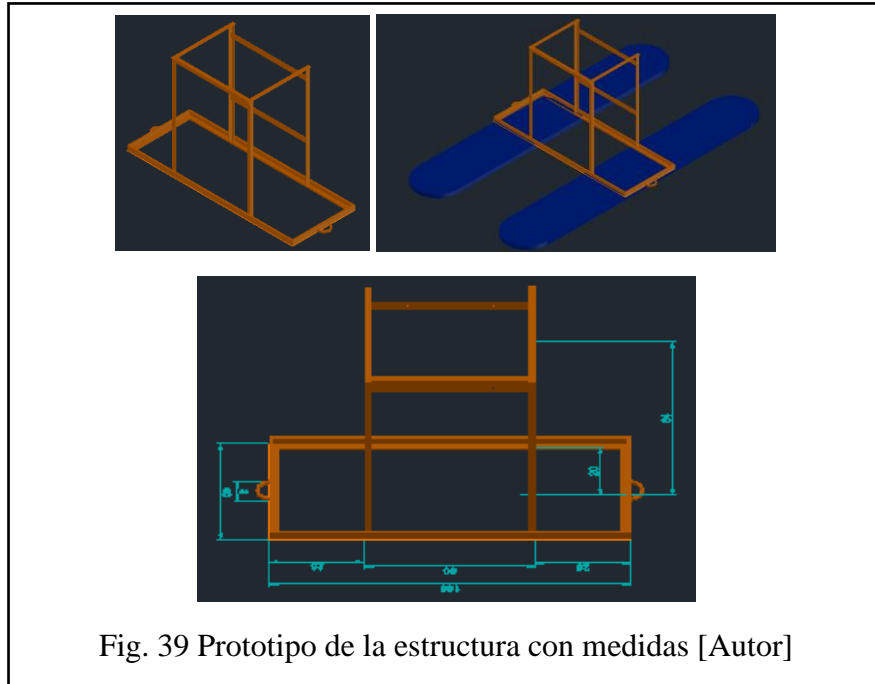


Fig. 39 Prototipo de la estructura con medidas [Autor]

Terminada la estructura se agrega el panel solar y la caja protectora del controlador para tener la referencia de como deberá quedar terminado la planta ver Fig. 40.

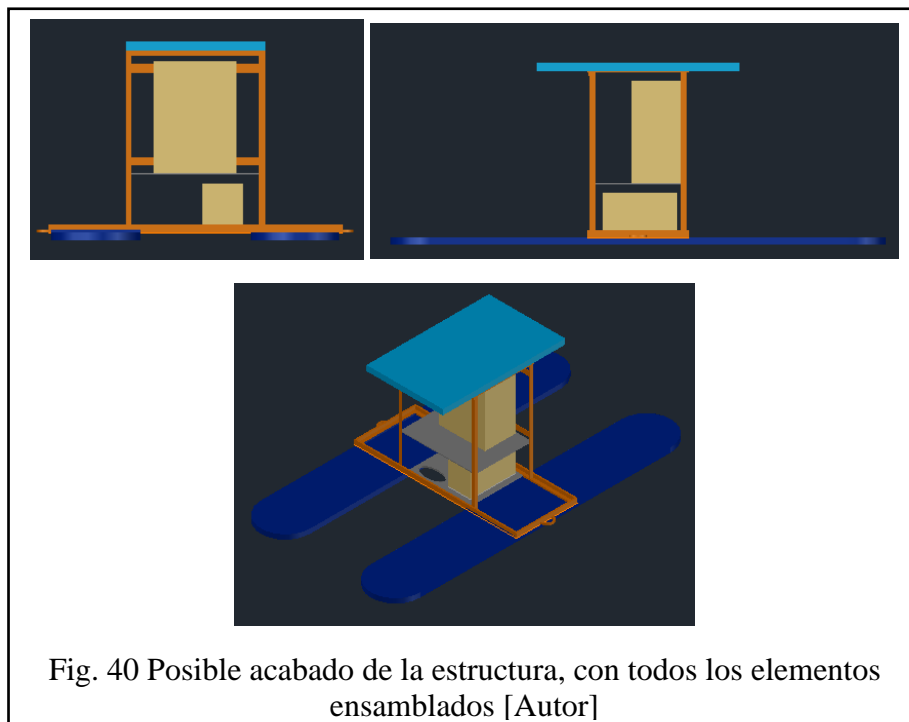


Fig. 40 Posible acabado de la estructura, con todos los elementos ensamblados [Autor]

4.6 Prueba de los equipos

Las salidas del controlador GSM son perfectas para controlar cargas que no consumen demasiada corriente, como un relay, pero no son capaces con cargas mayores. En la planta disponemos de dos circuitos, el de control que está formado por el controlador

GSM el módulo de 4 relés, controlador de carga solar y sensores. Mientras que el circuito de fuerza se encuentra el compresor el cual funciona a 110V con la ayuda de un inversor.

4.6.1 Modulo de 4 relés

El módulo relay consiste en 4 relés que funcionan a 5 voltios, soportan hasta 10 amperios en 250 voltios, dispone de indicadores lumínicos ver Fig. 41.

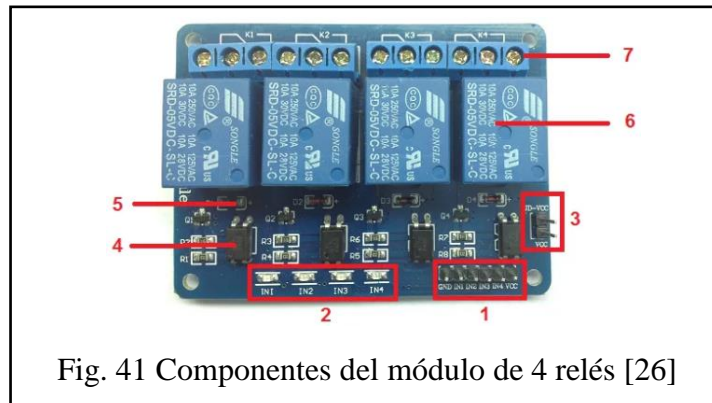


Fig. 41 Componentes del módulo de 4 relés [26]

1. Conectores de entrada (IN1 – IN4), alimentación de energía (GND y Vcc) 5v
2. Leds indicadores de los estados de energía de los relays
3. Jumper selector para alimentación de los relés
4. Optoacopladores de tipo FL817C
5. Diodos de protección
6. Relés de 5 V que soporta 10 A a una tensión de 250V
7. Borneras (Común, normalmente abierto y normalmente cerrado)

La Fig. 42, muestra el circuito esquemático de un relay, los demás canales tienen el mismo circuito.

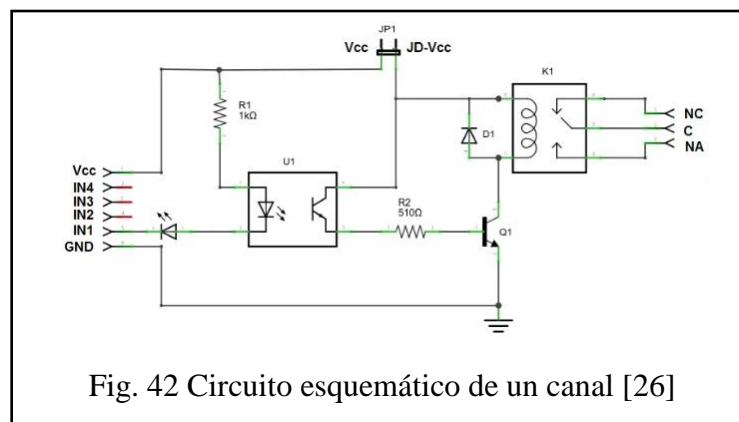
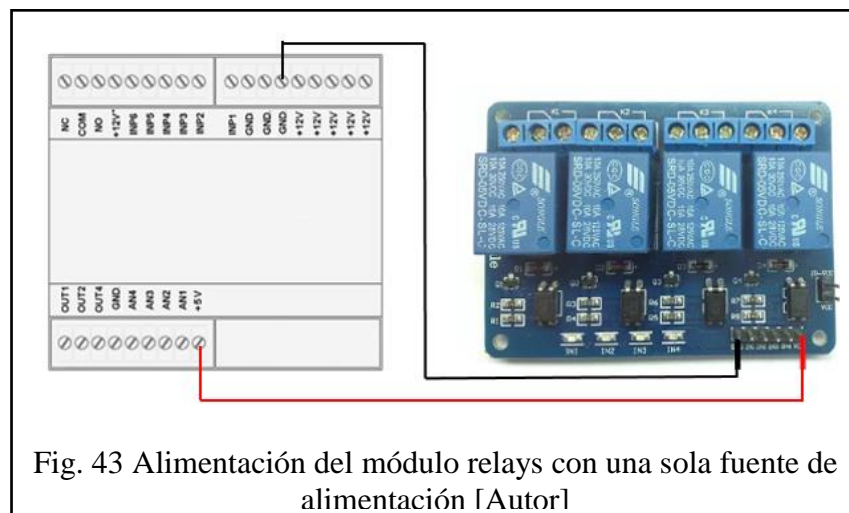


Fig. 42 Circuito esquemático de un canal [26]

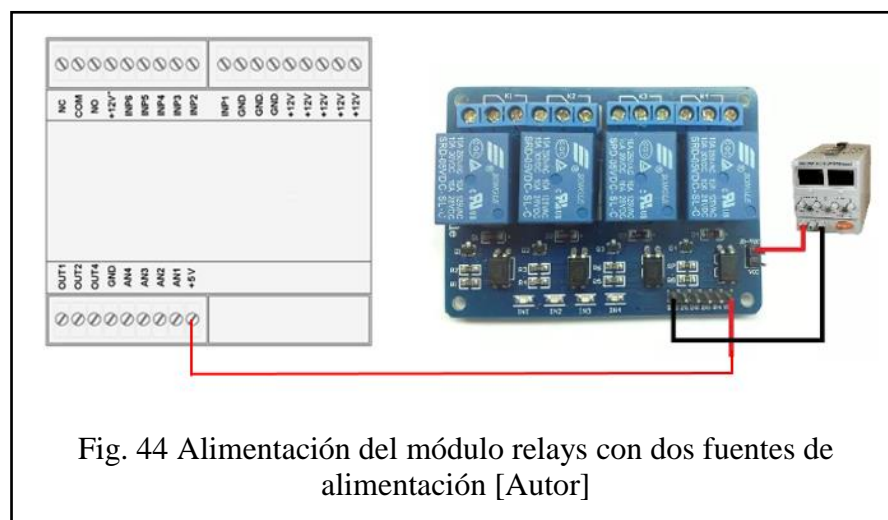
El módulo se alimenta con 5V los cuales se conectarán en el Pin Vcc y GND, se puede observar la conexión en la Fig. 43. Si se deja el jumper conectado el $V_{cc} = JD-V_{cc}$ dispone de 2 limitaciones:

- Se pierde la aislación que nos otorga el optoacoplador, lo que aumenta la posibilidad de algún daño al controlador GSM, si se tiene algún problema con la carga del relé.
- La corriente que consume los relays debe ser entregada por el controlador GSM. Cada relé consume 90 mA, si se suma los 4 relés, la cantidad que debe suministrar el controlador sería una cantidad 360 mA. Si se suma a esta cantidad otros equipos que consumen la cantidad de amperaje que debe suministrar el controlador aumentara.

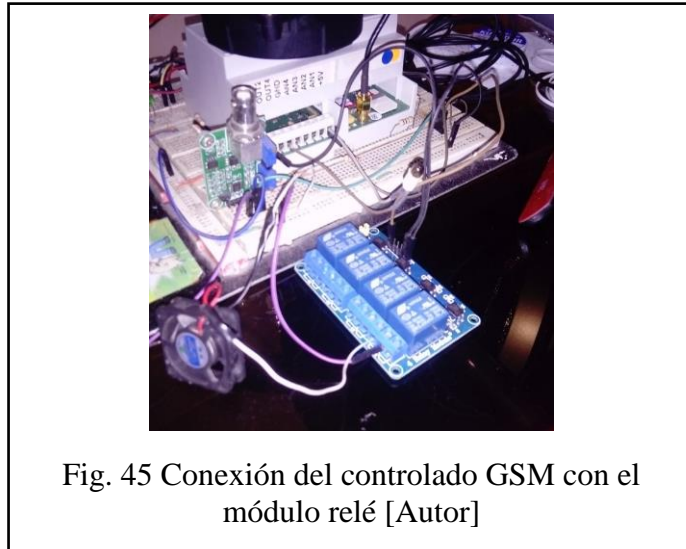


Si se remueve el jumper y se alimenta el módulo relé con dos fuentes, el controlador GSM con el V_{cc} y la otra fuente con el positivo de $JD-V_{cc}$ y el negativo a GMD.

La ventaja de separar las fuentes de energía provoca la completa aislación entre la carga y el controlador GSM, todo el consumo de los relés es tomado de la segunda fuente y no del controlador ver Fig. 44.



Se procede a realizar pruebas con el controlador GSM activando un cooler en los diferentes relés ver Fig. 45. Se obtiene un correcto funcionamiento del módulo relé con el controlador GSM.



4.6.2 Inversor y compresor

El circuito de fuerza de la planta consta del inversor de energía y el compresor de aire ver Fig. 46. Estos equipos funcionarán en cortos periodos de tiempo y en momentos en el cual el oxígeno de la piscina baje a medicas peligrosas para los peces, la activación del circuito de fuerza es mediante un relay, es activado mediando mensaje de texto el cual puede estar configurado para activar el temporizador con el mismo comando, solo el temporizador está habilitado para la salida 1 (OUT1).



4.6.2.1 Inversor de energía de DC a AC

El inversor de voltaje convierte un determinado voltaje de entrada que sea de corriente directa (DC) a otro voltaje de salida de corriente alterna (AC).

El inversor emplea una serie de filtros para para que los cambios que se producen en la corriente alternan sean suaves y regulares de forma que la energía eléctrica que nos entrega el inversor pueda ser utilizada en la mayoría de los equipos que funcionan con corriente alterna.

Existen diferentes tamaños de inversores, los cuales funcionan para diferentes productos electrónicos, la cantidad de vatios (wattios) que pueden suministrar puede dar una pequeña referencia del tamaño, a mayor cantidad de vatios mayor robusto debe ser el inversor a utilizar esto aumentara su tamaño.

La capacidad de media del inversor es la cantidad de vatios, para poder escoger correctamente el inversor se debe sumar el total de vatios requeridos por los equipos que se van a conectar más un porcentaje, el cual nos dará una tranquilidad para que el inversor pueda soportar posibles picos de arranque.

$$\underline{150W + 50\%(1500w) = 225W}$$

El inversor que se debe utilizar con el compresor de aire debe ser un inversor de 300W. El problema que puedo ocurrir al comprar un compresor de 300W vatios, es que puede que no sean 300W reales, es decir la cantidad real de vatios que entrega el compresor puede ser menor y esto provocara desconexión, sobre calentamiento y mal funcionamiento de inversor al ser conectado con el compresor. Por estos motivos se decidió comprar un inversor de 1000w ver Fig.47, el cual soportaría el compresor sin tener el problema que no entregue el inversor los 1000w vatios reales, al obtener un inversor con esa cantidad de vatios no se dispone de ningún problema al decidir conectar más equipos a la salida del inversor sin tener la necesidad de comprar otro inversor con mayor capacidad de vatios.

La mayoría de los inversores puede producir corriente alterna de onda cuadrada o una sinusoidal pura. La diferencia entre estas ondas consiste en que la onda cuadrada no posee unos picos y valles de forma tan suave como la onda sinusoidal pura que es la misma que la encontramos en la red eléctrica. El inversor de onda cuadrada tiene un menor precio y es más común de encontrarlo, mientras que le inversor de onda sinusoidal pura posee un precio elevado y es utilizado para equipos sensibles, como de hospitales.



Fig. 47 Inversor de voltaje de 1000w [22]

4.6.2.2 Compresor de aire

El compresor de aire opera suavemente sin lubricación con aceite, posee un motor lineal electromagnético, adecuado para la acuicultura para agregar oxígeno en las piscinas de crianza. El motor AC libre de lubricantes utiliza tecnología de inducción magnética permanente empleando un sistema de un solo pistón. El motor electromagnético asegura un alto caudal con una presión adecuada. En la Fig. 48 muestra las dimensiones del compresor a utilizar. La TABLA IV indican las especificaciones técnicas del compresor mientras que la TABLA V indica las dimensiones de las acotaciones de la Fig. 48.

TABLA IV
ESPECIFICACIONES DEL COMPRESOR. [15]

Modelo	Voltaje AC/DC/V	Frecuencia (Hz)	Consumo (w)	Enchufe (Tipo)	Longitud cable (cm)	Protección eléctrica
ACQ-012	AC/230/115v	50/60 Hz	150W	"A" dos polos	189	IPX4
Modelo		Presión Max. (Mpa)	Caudal (litros/min)		Número de salidas	
ACQ-012		0.034	170		16	

TABLA V
DIMENSIONES DEL COMPRESOR. [15]

Modelo	L	A	B	C	H	M
ACQ-012	295mm	142mm	132mm	120mm	165mm	145mm

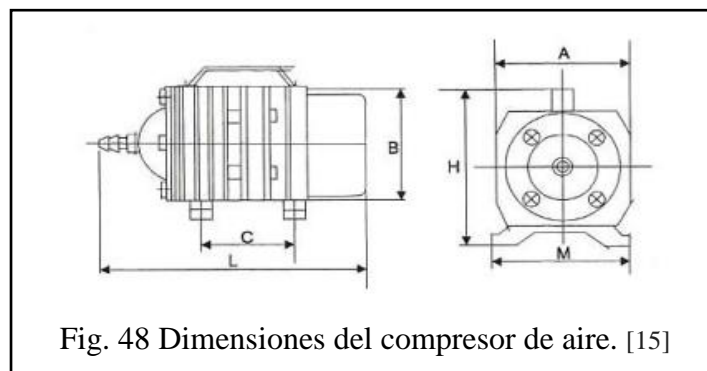
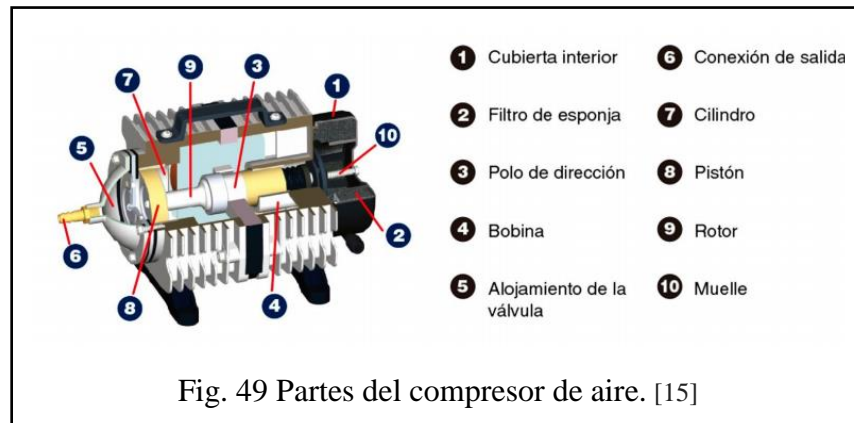


Fig. 48 Dimensiones del compresor de aire. [15]

Para la instalación del compresor en la planta se debe tener algunas precauciones. Si el motor cayera a la piscina accidentalmente desconectar inmediatamente su conexión eléctrica, para asegurarlo se atornilla en la base metálica. No dejar al compresor directamente en el sol o en áreas con mucho polvo, evitar la salpicadura de agua. La temperatura de trabajo es entre 0°C a 40 °C, no cubrir el compresor con trapos, plásticos o cubiertas similares ya que pueden alterar la correcta disipación de calor y en vez de evitar su calentamiento aumentan la temperatura. La Fig. 49 muestra las partes que componen al compresor de aire.



4.7 Análisis del agua

Al momento de realizar la compra de los respectivos sensores, se necesita obtener una referencia de los valores en los cuales trabaja la piscina de tilapia, de ese modo se podrá comprar el sensor indicado dependiendo de los valores que tiene que medir. Se procede a tomar una muestra del agua ver Fig. 50, para así poder obtener los parámetros de PH y oxígeno disuelto.

Se envía la muestra del agua a la empresa “ELICROM” a nombre de “DIPROMACOM” Anexo 1, para realizar el análisis del agua con equipos de medición.



La TABLA VI muestra los resultados del análisis hecho a la muestra de la piscina.

TABLA VI

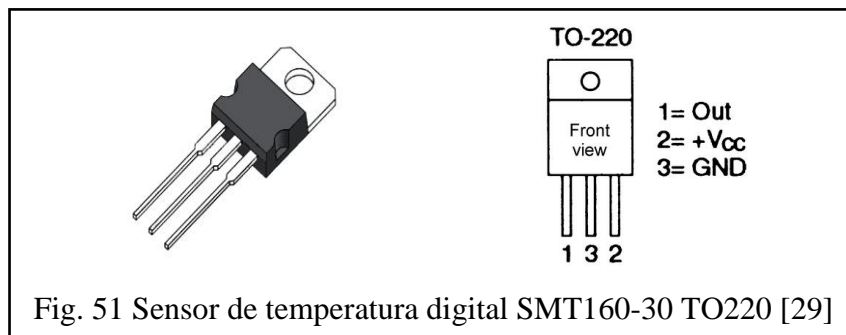
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA POR LA EMPRESA CONTRATADA [Autor]

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD	PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	METODO ANALITOCO
PH	8.36	U pH	PEE.EL.021	SM 4500 H+B
Oxígeno disuelto	7.96	mg/L	PEE.EL.025	SM 4500-O G

4.8 Calibrar el sensor

Se dispone de 3 sensores a utilizar sensor de temperatura, sensor de pH y sensor de oxígeno disuelto.

El sensor de temperatura SMT160-30 TO 220 Fig. 51, dispone de un rango de 175 °C (-45 a +130) °C, con salida digital, no necesita calibración, se conecta al controlador y se procede a revisar los datos obtenidos.



4.8.1 Sensor de PH

El sensor de pH tiene el rango de 0 – 14ph, suficiente para poder utilizarlo en una piscina de tilapia en la cual la tolerancia mínima de la especie es 5 pH y la tolerancia máxima es 11 pH. Las condiciones óptimas para el crecimiento de la tilapia oscilan entre 7 y 8 ya que esto permite la secreción sin ninguna anomalía del mucus en la piel.

Para proceder a la calibración del sensor pH, se necesita conseguir ya sea soluciones líquidas de diferente pH o soluciones en polvo ver Fig. 52, estas soluciones son necesarias para poder calibrar el controlador GSM.

La solución en polvo de debe disolver en 250 ml de agua destilada, ya disuelta se procede a recoger una pequeña muestra para poder ingresar el electrodo de pH, dependiendo de la cantidad de pH en el líquido el valor de voltaje que entrega el sensor varía.



Fig. 52 Solución de pH (4 - 6.86 - 9.18) disuelta en agua destilada [Autor]

La TABLA VII muestra las funciones que realizan los pines del circuito impreso del sensor de pH.

TABLA VII

INDICACIÓN DE LOS PINES DE SALIDA DEL SENSOR DE PH [Autor]

V+	Alimentación del circuito (5V)
G	Masa de alimentación
G	Masa del circuito analógico
Po	El valor en V de pH
Do	Señal límite de pH
To	Temperatura

El circuito dispone de dos potenciómetros, que regular el offset (el potenciómetro cerca del conector BNC) y el límite de pH (el potenciómetro más alejado del conector BNC).

El offset nos indica el rango de medida de la sonda, la cual oscila entre valores positivos y negativos. En 0v representa un pH de 7.0 (pH neutro), esto nos indica que la variación entre pH alcalino y ácido va a oscilar entre -5 y +5. Para poder usar el controlador GSM el cual nos indica que dispone de entrada analógica de 0 – 5 V se debe modificar el offset, para así solo tomar valores positivos de tensión. Por lo tanto, se debe forzar un pH de 7.0 en un valor positivo de tensión y no en el 0.

En la Fig. 53, se procede a realizar el cambio, se desconecta la sonda del circuito y se procede a realizar un cortocircuito en el conector BNC, realizado el corto se procede a colocar un multímetro en los pines Po - G y a continuación se ajusta el potenciómetro para que nos muestre un voltaje de 2.5 V.



Fig. 53 Calibración del sensor de pH para trabajar en tensión positiva [Autor]

Al terminar de calibrar el sensor de pH y disponer de las soluciones de pH disueltas se procede a realizar las pruebas para poder descubrir el voltaje que da cada solución de pH distinta, en este proceso se utilizó pH de 4.0 – 6.86 – 9.18. se debe conectar la sonda al circuito para hacer las mediciones Fig. 54.



Fig. 54 Sonda de pH con conector BNC [Autor]

La TABLA VIII indica el voltaje obtenido al usar la sonda en soluciones con pH definidos.

TABLA VIII

VALORES OBTENIDOS PARA LA CALIBRACIÓN DEL SENSOR [Autor]

pH	Voltaje obtenido
4.0	2.89 V
6.86	2.43 V
9.18	2.04 V

Ya obtenidos los voltajes de cada sobre, se procede a realizar la ecuación de la recta, para obtener el valor del pH al solo ingresar su valor en voltaje, el sensor de pH es lineal, así que la fórmula a usar seria $y=mx + b$. Tomaremos dos puntos los cuales se

midieron antes tal que x es el voltaje medido, mientras que, y es el valor en pH, así se podrá deducir la fórmula para convertir el voltaje medido en pH.

$$\underline{Y = -6.094 \cdot X + 21.611}$$

Al ser el controlador GSM configurable no es posible modificar su programación así, que dicho controlador nos permite colocar un rango en porcentaje, estos porcentajes equivalen a un valor en voltios o amperios, para descubrir que valor se debe ingresar, se tiene que conocer qué tipo de señal entrega el sensor y luego verificar la tabla que se encuentra en **Anexo 3** para poder seleccionar el porcentaje requerido.

Ya identificado los valores se procede a ingresar el código por vía GSM y así dejar configurado el controlador.

4.8.2 Sensor de oxígeno disuelto

El sensor de D.O. (oxígeno disuelto) es de la marca “Atlas Scientific” ver Fig. 55, se utiliza la sonda para poder medir el oxígeno que se encuentra en la piscina, dicho oxígeno disminuye si el agua se encuentra estancada, sin ningún movimiento que permita el ingreso del oxígeno al agua o si las temperaturas del agua suban a cifras muy elevadas.

La sonda dispone de un rango de 0 – 100 mg/L con un tiempo de respuesta de 0.3 mg/L/por sec, soporta una presión máxima de 3,447 kPa (500 PSI) a una profundidad máxima de 343 meters (1,125 ft), trabaja normalmente en un rango de temperatura de 1 – 50°C.

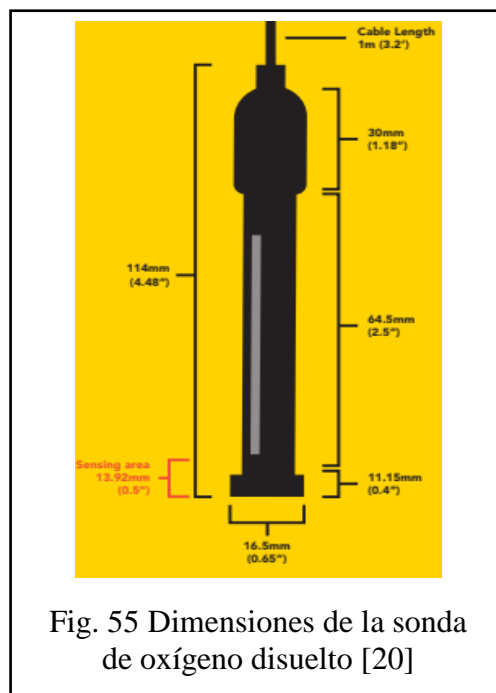


Fig. 55 Dimensiones de la sonda de oxígeno disuelto [20]

La sonda puede sumergirse por completo en el líquido que desea saber su medida hasta antes de llegar al conector BNC.

La sonda consiste en una membrana de polietileno, un ánodo bañado en electrolítico y un cátodo ver Fig. 56. La molécula de oxígeno cruza la membrana y se reúne al cátodo, así se genera una pequeña tensión. Si no existe moléculas de oxígeno presente, la sonda emitirá 0mV. A medida de aumenta el oxígeno también aumenta la salida de la sonda. Un valor constante de la sonda es $0\text{mV} = 0 \text{ Oxígeno}$.

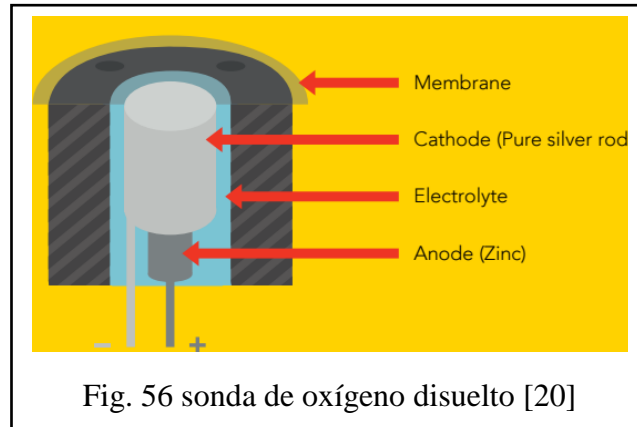


Fig. 56 sonda de oxígeno disuelto [20]

La sonda genera un pequeño voltaje de $0\text{mV} - 40 \text{ mV}$ dependiendo de la saturación de oxígeno de la membrana de detección de teflón.

El sensor funciona sin perder la señal a más de 100 metros. Si se necesita una conexión BNC a prueba de agua se recomienda utilizar caucho para sellar de forma segura y prevenir cualquier daño que pueda producir el agua ver Fig. 57.

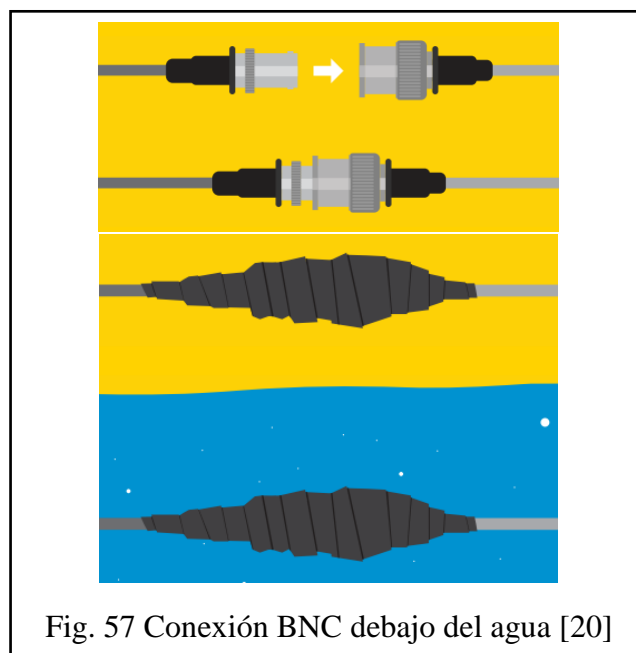
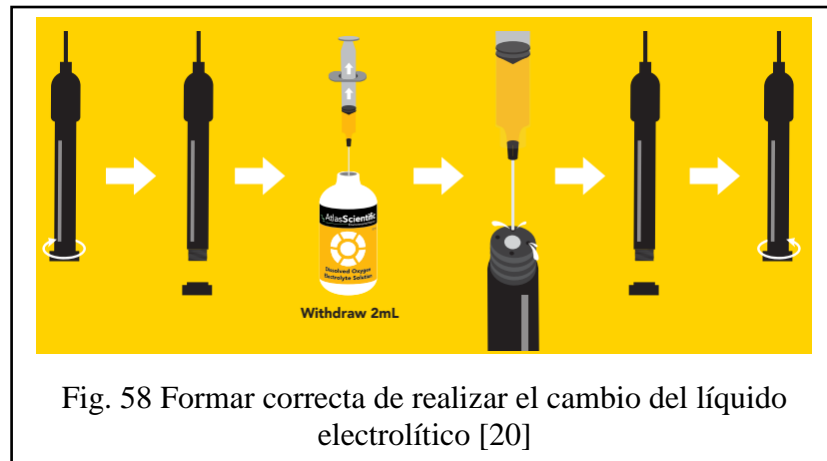


Fig. 57 Conexión BNC debajo del agua [20]

Para realizar el mantenimiento se debe tener el respectivo kit con el cual se cambia la membrana ya sea por daño o tiempo, luego se procede a llenar con 2 ml de solución electrolítica, así el sensor se encuentra listo para volver a medir ver Fig. 58.

Para limpiar la sonda de recubrimientos químicos se puede cepillar ligeramente alrededor de los lados de la sonda, de manera suave para no provocar ningún daño en la membrana.



Para calibrar el dispositivo existe 2 pasos para diferente precisión en las lecturas. Conectando la sonda de oxígeno al circuito que nos ofrece AtlasScientific y este a su vez a un Arduino que nos mostrara los valores de oxígeno en el pc procedemos con los siguientes pasos que nos muestra la Fig. 59:

- Retirar la tapa protectoras de la sonda (utilizada para la protección durante el envío).
- Dejar que se asiente la sonda expuesta al aire hasta que el valor mostrado se estabilice, unos 5 – 30 S
- Calibrar utilizando el comando “Cal”
- Una vez culminada la calibración debe mostrar los valores de oxígeno disuelto entre $\sim 9.09 - 9.1 \text{Xmg/L}$



Una vez culminada la primera parte de calibración, se puede proceder con los siguientes pasos, si se necesita lecturas precisas por debajo de 1.0mg/L ver Fig. 60.

- Primero se coloca la sonda en la solución de calibración para eliminar aire atrapado, este aire puede producir fallos en la lectura.
- Dejar q la sonda se asiente
- Calibrar usando el comando “cal,0”

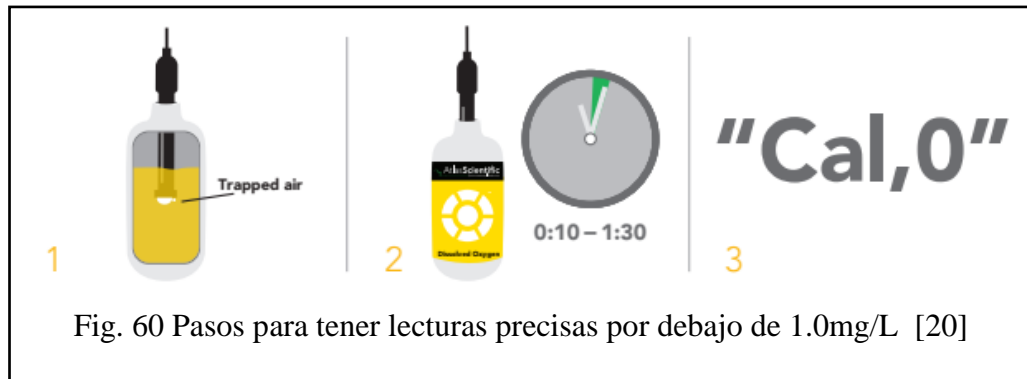


Fig. 60 Pasos para tener lecturas precisas por debajo de 1.0mg/L [20]

5 ANÁLISIS DE LOS COMANDOS Y DEL EQUIPO

5.1 Comando SMS

La TABLA IX indica los comandos que se debe incluir en los mensajes de texto, para poder activar o desactivar alarmas digitales y números telefónicos, pedir información del equipo, entre otras funciones fundamentales en la configuración del controlador GSM.

TABLA IX
COMANDOS SMS [16]

Comandos SMS	Respuestas SMS	Función
Activar alarma SMS / Desactivar alarma SMS (Para entradas digitales)		
2345E	OK	Enable alarm SMS for digital inputs, default enable (after restart - enable)
2345B	OK	Disable alarm SMS for digital inputs
Obtener información		
2345I	(information) T1=+22 T2=+23 I3=0 I4=0 I5=0 I6=0 O1 OFF, O2 OFF, O3 OFF, O4 OFF A1=0 A2=0 A3=0 A4=0 AUTO: heater, cond.. D=15	Read information Temperature in °C input output output analog Auto mode Out1 timer duration
Cambio de contraseña		
2345P2010	Psw: 2010	Change password; use only 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 default password 2345 if you forgot password, use jumper for restore default password 2345
Agregar número telefónico para las alarmas SMS		
2345N1 ... 2345N4	OK	Set number for alarm SMS at position 1..4
2345C1 ... 2345C4	OK	Clear number at position 1..4 for alarm SMS

La TABLA X muestran los comandos para poder controlar un sistema de refrigeración y calefacción, mediante la ayuda del sensor de temperatura, la programación de las salidas y entradas se encuentran definidas, solo se activa o desactiva las acciones.

TABLA X

CONTROL Y MONITOREO DE TEMPERATURA [16]

Comandos SMS	Respuestas SMS	Función
2345L1+16 2345L2+18	(setpoints info)	Set minimum temperature level in °C default: T1:+16, T2:+18
2345H1+27 2345H2+29	(setpoints info)	Set maximum temperature level in °C default: T1:+27, T2:+29
2345A0 2345A1 2345A2 2345A3 2345A4	(information)	0-Disable auto heater control, 1-Enable auto heater control, 2-Disable auto air condition control, 3-Enable auto air condition control, 4-Disable heater and air condition control default: Disable auto heater and air condition control
2345F1	(setpoints info)	Timeout filter for temperature 0: 30sec, 1: 5min ... 9: 45min; default 0

En el proyecto se utiliza el sensor de temperatura, pero no el control de refrigeración y calefacción, por ese motivo se desactiva este control y se ingresa los valores en los cuales el sensor de temperatura deber indicar una alarma al celular. Se debe ingresar la temperatura mínima y la temperatura máxima (el valor se puede modificar en cualquier momento) ver Fig. 61.

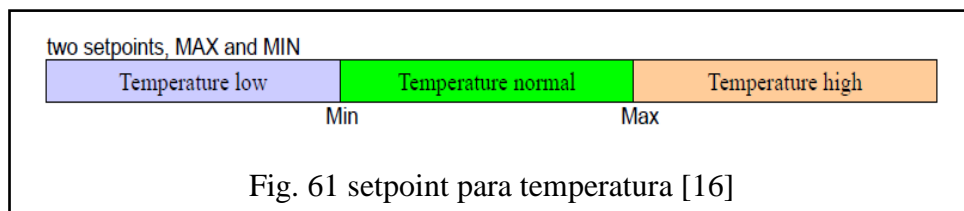


Fig. 61 setpoint para temperatura [16]

Las entradas analógicas del controlador GSM posee la capacidad de establecer valores de corriente ver Fig. 62 o voltaje ver Fig. 63, dependiendo de los valores que entregue el sensor utilizado, para modificar que parámetro censara las entradas analógicas se utiliza los comandos de la TABLA XI.

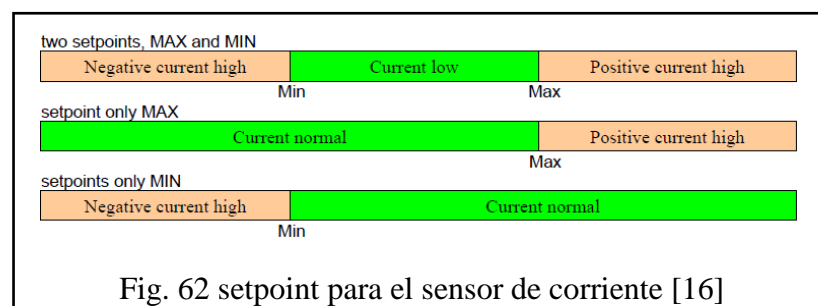


Fig. 62 setpoint para el sensor de corriente [16]

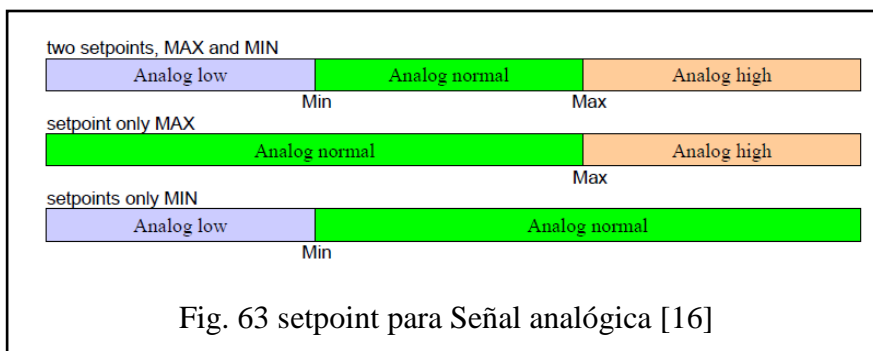


TABLA XI

COMANDOS PARA LAS ENTRADAS ANALÓGICAS [16]

Comandos SMS	Respuestas SMS	Función
2345M1,35 2345M4,40	(setpoints info)	Set setpoints for minimum analog level for A1,A2,A3,A4 in % (table page 4) default: AN1,AN2,AN3 = 0%, AN4 = 60%
2345Y1,65 2345Y4,60	(setpoints info)	Set setpoints for maximum analog level for A1,A2,A3,A4 in % (table page 6) default: AN1,AN2,AN3 = 0%, AN4 = 95%
2345U	(setpoints info) T1:+18+23 T2:+18+23 F: 0 A1:35 65 A2:00,00 A3:00 00,A4:00 00 223	Get setpoints temperature setpoints temperature timeout filter analog setpoints analog inputs mode
2345W523	(setpoints info)	Set current sensor for AN1,2,3 individual 5 – +/-5A current sensor 2 – +/-20A current sensor 3 – +/-30A current sensor 1 – 0-10V analog input (10V = 100%) 0 – 0-5V analog input (5V = 100%) or 0-20mA input (20mA = 100%) (default 000)

Los comandos para poder activar o desactivar las salidas del controlador para poder activar algún actuador se muestran en la TABLA XII.

El controlador tiene la alternativa de modificar el texto que envía al operador, para eso se debe modificar los mensajes por defecto ver **Anexo 4**, se envía el comando respectivo con el nuevo texto y se cambiar el mensaje que llegara al operador.

TABLA XII
SET/RESET DE SALIDAS; TEMPORIZADOR EN OUT1 [16]

Comandos SMS	Respuestas SMS	Función
2345S1 ... 2345S4	(information)	Set output
2345R1 ... 2345R4	(information)	Reset output
2345V30	(information)	set duration for timeout = 30 min (default 15 min)
2345T60 2345T	(information)	set Out1 for timeout = 60 min default timeout = 15 min set Out.1 for timeout = default

5.2 Entradas y salidas del controlador GSM

El controlador dispone de múltiples entradas y salidas que pueden actuar en diferentes circunstancias, se debe configurar previamente. La TABLA XIII muestra la descripción de las salidas.

TABLA XIII
ENTRADAS DEL CONTROLADOR CON SU DESCRIPCIÓN [16]

Entradas	Name	Descripción
Digital inputs	Inp,1,2	Temperature sensor SMT160-30 T1, T2, result in oC
Digital inputs	Inp 3,4,5,6	Digital Inputs 3,4,5,6 (positive/negative level selectable with jumpers)
Analog inputs	AN1, AN2, AN3	1) Current sensor ACS712 +/-5A, +/-20A or +/-30A, result in A 2) 0-5V analog signal, (5V = 100%), result in % 3) 0-10V analog signal, (10V = 100%), result in %
Analog inputs	AN4	Battery voltage (15V maximum, via resistor 27k), result in V; or internal jumper (see Jumper J0)

Las salidas del controlador entrega la suficiente energía para activar un relay de control, de esta forma se puede controlar, el circuito de fuerza. La Fig. 64 muestra las entradas y salidas que dispone el controlador GSM

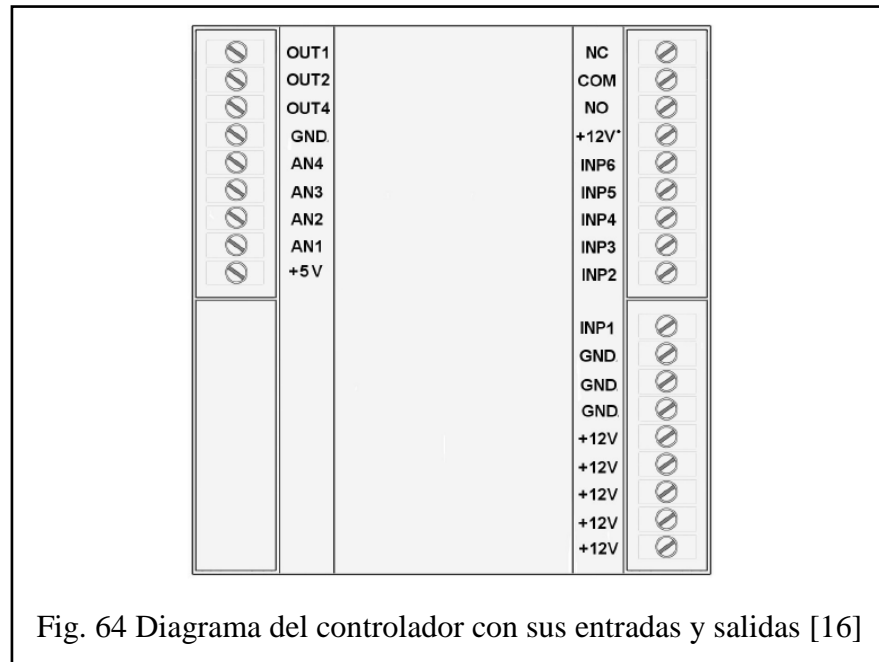


Fig. 64 Diagrama del controlador con sus entradas y salidas [16]

5.3 Indicadores LED

El controlador GSM dispone de dos leds las cuales indican estados y procesos que está ocurriendo en el equipo.

LED ROJO – indicador del estado del módulo ver TABLA XIV

LED VERDE – indicador del estado del modem GSM ver TABLA XV

TABLA XIV

INDICADOR DEL ESTADO DEL MÓDULO (LED RED) [16]

Estado del LED	Estado del modem
Permanecer apagado	Dispositivo apagado
Parpadeo corto después de encender – después parpadeo periódico	Proceso de lectura de la tarjeta SIM
Parpadeo corto	Modulo se encuentra trabajando
Permanecer encendido	Modulo trabajando con modem

TABLA XV

INDICADOR DEL ESTADO DEL MÓDULO GSM (LED GREEN)[16]

Estado del LED	Estado del modem
Permanecer apagado	Dispositivo apagado
Parpadeo rápido (period 1s, ton 0.5s)	Apagado, no registrado, búsqueda de red
Parpadeo lento (period 3s, ton 0.3s)	Servicio registrado completamente
Permanecer encendido	Llamada, si se encuentra activado

6 IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

6.1 Ensamblaje de la estructura

Se procede a soldar los ángulos para crear el esqueleto de la planta, luego se procede a unir el gabinete que protege al controlados GSM, encima se coloca el panel solar y debajo de la estructura se coloca las boyas.

Primero se procede a realizar la estructura con puntos de suelda, realizado los puntos se comienza a colocar los elementos y se procede a verificar las medidas, ya encajado todas las partes, se retira los elementos y se procede a reforzar los puntos de suelda para luego proceder con la pintura fig. 65.



Fig. 65 Ajuste en los puntos de suelda y colocación de la boya [Autor]

Al tener la estructura terminada, colocado las boyas en su lugar, se procede con la pintura, se utiliza pintura automotriz, se realiza dos capas, primero con la pintura auto corrosiva (pintura base), ayuda a prevenir el óxido y da un tono a mate. La segunda capa se realiza con la pintura de color, a su propio gusto. Al terminar el proceso de pintado, se inserta el gabinete y panel solar ver Fig. 66.



Fig. 66 Acabado de la estructura (primera etapa) [Autor]

6.2 Instalación de los equipos en el gabinete

El gabinete a utilizar dispone de un doble fondo que nos permite colocar los equipos sin dañar la parte exterior del gabinete, se procede a instalar el controlador de carga solar en la parte superior, se instalan las canaletas y el riel en sus respectivos lugares para luego colocar el controlador GSM y el break como se muestra en la Fig. 67.



Fig. 67 Instalación del controlador en el gabinete [Autor]

Instalado el controlador se procede a instalar los demás componentes que faltan, como el banco de relay de 4, la caja donde se encontraran conectados los sensores, las luces en el interior y exterior y el cableado para alimentación de los equipos y comunicación con los sensores Fig. 68.



Fig. 68 Conexión internada de los componentes, conexión de las luces [Autor]

Terminado la parte básica del cableado se procede a realizar las pruebas, se probará el sensor de temperatura y la sonda de pH ver Fig. 69. También se utilizará el actuador, el cual en esta etapa es el compresor que se encuentra energizado a 110V gracias al inversor, con un relay que permite el paso de la corriente.



Fig. 69 Pruebas de funcionamiento de los sensores y el actuador por medio de SMS [Autor]

6.3 Primera prueba de la planta GSM en la piscina en Taura

Terminado el primer prototipo, se procede a realizar las pruebas de funcionamiento dentro de la piscina en la parroquia Taura, nos dirigimos a la asociación de productos agropecuarios “La Hormiga”, dentro se verifica el estado de los equipos y se introduce a la piscina ver Fig. 70.



Fig. 70 Pruebas de funcionamiento, primer prototipo en la piscina [Autor]

Al realizar las primeras pruebas con el prototipo, se pudo deducir algunos problemas que se debe mejorar, como son:

- Dejar los sensores que tomarán la lectura en un estado fijo, de esta forma el viento no los moverá en diferentes lugares y al encender el compresor no se elevaran a la superficie.
- El sobrecalentamiento del módulo relay, este fenómeno ocurre por los altos amperajes que genera el compresor y a su vez el poco amperaje que soporta el relay de activación. Estas prácticas produjeron que se funda un relay del módulo de 4 relay.
- La corta distancia que tiene la manguera que traslada el aire dentro de la piscina para producir burbujas, esta manguera tiene que ser mayor que 40 cm y menor a 2.5 metros, de esta forma oxigenará la piscina y no elevara los desechos que se encuentran en la profundidad de la piscina.

6.4 Primeras modificaciones

Para las modificaciones, se realiza un soporte de acero inoxidable el cual contendrá los 3 sensores en una posición fija ver Fig. 71, a su vez se instala un soporte de caucho debajo del inversor, de esta forma el agua que se pueda ingresar a la parte inferior del prototipo (esto puede pasar por el viento o por las lluvias) no tenga contacto con el inversor.



Fig. 71 Soporte del inversor y fijación de los sensores [Autor]

Al disponer de solo 3 relay, se instala uno que soporta un mayor amperaje, este actuará como el relay de fuerza el cual energiza al compresor, mientras que los otros relay que se dispone, se encargarán de la parte de control en la planta ver Fig. 72.

Se debe cambiar el fusible que previamente se instaló, el motivo de este cambio es por disponer de un cableado muy fino, este fusible no soporto un amperaje elevado por dicho motivo al estar encendido por más de 7 minutos el cable y plástico que mantiene al fusible y se quema.



Fig. 72 Instalación del relay de mayor amperaje [Autor]

6.5 Segunda prueba de la planta GSM en la piscina en Taura

Para esta segunda prueba el equipo se quedará en la piscina algunas semanas transmitiendo al celular por medio de mensajes de texto.

Se realiza el traslado de la planta a la piscina y se coloca dentro de ella se dejará sujeta por cañas en un lugar céntrico Fig. 73. Al mismo tiempo que se dejó instalada la planta en la piscina, se procedió a activar el actuador por unos quince minutos, la prueba se completó de forma satisfactoria.



Fig. 73 Instalación de la planta en la piscina [Autor]

6.5.1 Comandos utilizados para las pruebas

Para que el controlador GSM nos indique los datos que está censando se escribe el comando SMS correspondiente, (2345i) le indica al controlador GSM que envíe la información del dispositivo ver Fig. 74.

La información que se podrá ver en esta primera prueba es la temperatura y la cantidad de voltaje que contiene la batería, al aumentar los sensores nos mostrará los valores de las entradas analógicas, también el tiempo que se tiene configurado para que esté activo la salida 1 (Out1).



Fig. 74 Comando para pedir la información [Autor]

Si se desea cambiar los rangos en los cuales el controlador enviará alerta se utiliza el comando (2345L1 + 18 y 2345H1 + 34). Para saber la información de cuáles son los valores que están establecidos para los rangos se usa el comando (2345U) Fig. 75.

El rango se cambia para poder tener la alerta cuando la temperatura del agua baje o suba a cierta cantidad. El rango que se coloca es el rango que debe tener la especie para poder crecer y/o reproducirse en la piscina.

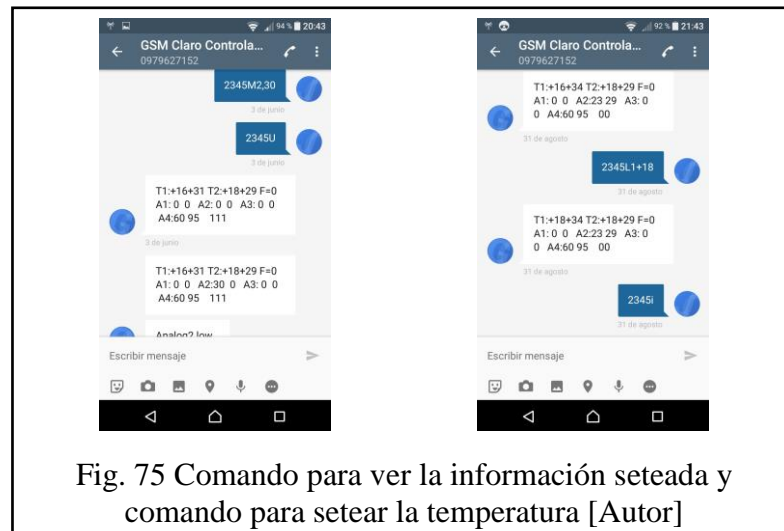


Fig. 75 Comando para ver la información setead y comando para setear la temperatura [Autor]

Al tener implementado los límites de la temperatura se debe configurar la entrada analógica para que reconozca ya sea corriente o voltaje, para estos sensores se medirán valores de voltaje en el rango de 0 – 5v por lo tanto se ingresa el comando para que las entradas analógicas funciones con voltaje y reconozcan un 100% = 5V.

Configurada las entradas analógicas se procede a colocar los rangos los cuales dependiendo de la forma que se configuran las entradas, se configuraron los rangos de medición en el controlador, con la tabla 9 y dependiendo de los valores en los cuales deseamos el rango, se debe modificar el valor Fig. 76, para tener una mejor configuración se puede comprar sobres con pH definido para asegurar que los rangos se encuentren correctos

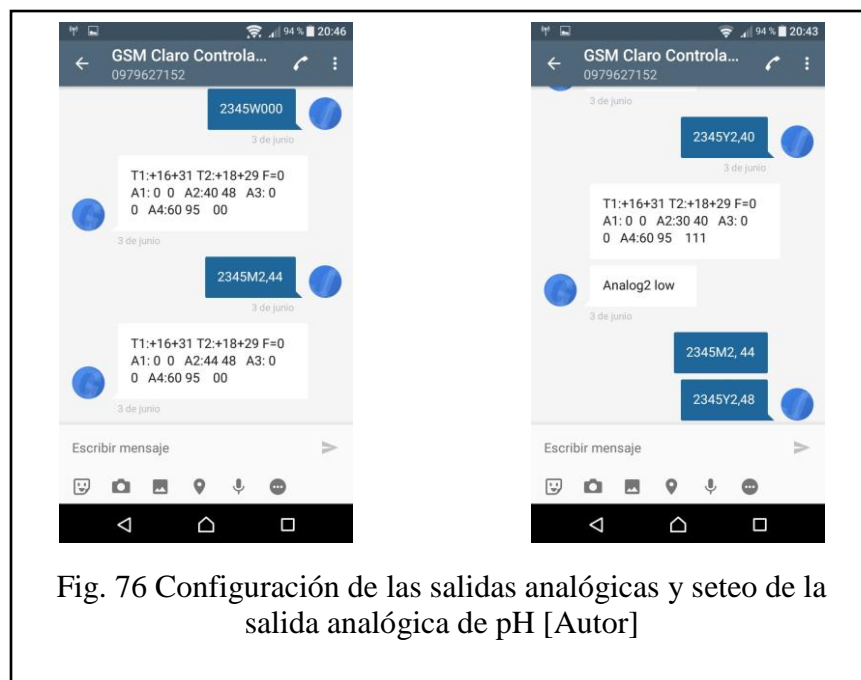


Fig. 76 Configuración de las salidas analógicas y seteo de la salida analógica de pH [Autor]

Ya se tiene configurado lo principal para que el controlador comprenda los sensores conectados y pueda enviar mensajes de alerta al celular precisamente registrado, para que los mensajes puedan ser un poco más amables con el usuario final se puede indicar con un máx. de 14 caracteres, una pequeña descripción de la alarma que llega al celular Fig. 77. Estos mensajes de texto que se integraran serán para que indique si el pH es bajo, medio o alto igual que el oxígeno disuelto y si la batería esta baja, media o alta.

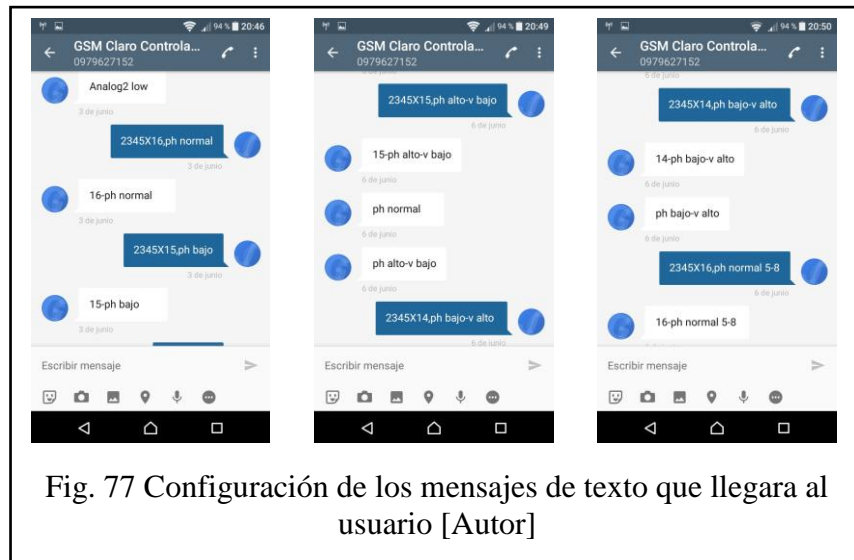


Fig. 77 Configuración de los mensajes de texto que llegara al usuario [Autor]

Para finalizar se activará las salidas de nuestro controlador, para poder accionar el compresor o encender la alarmar y luces indicadoras ver Fig. 78.

Se puede activar las 3 salidas que disponemos, solo la salida número uno dispone de temporizador, las otras salidas se activan y desactivan mediante el envío de texto. (comando 2345S1 y 2345R1)

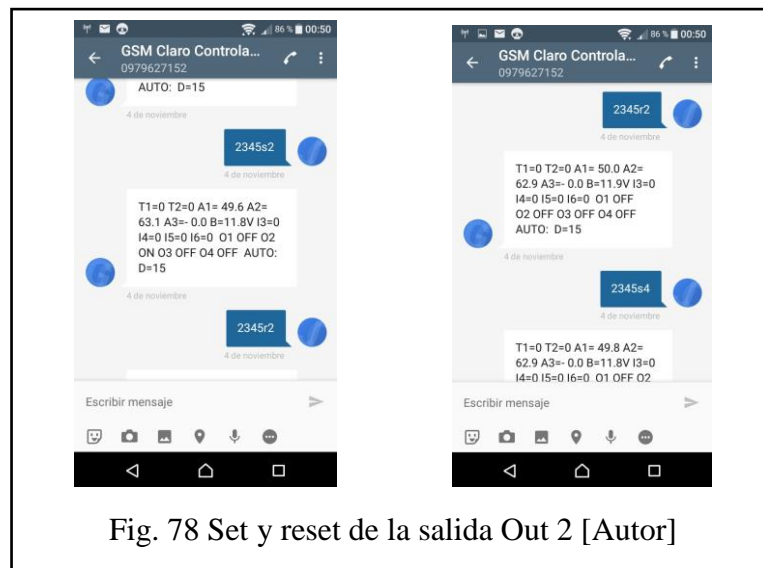


Fig. 78 Set y reset de la salida Out 2 [Autor]

6.6 Primera modificación de la planta GSM

Al estar la planta GSM por 3 semanas en la piscina al aire libre, sufrió algunos contratiempos, como los desechos de pájaros los cuales podrían entrar en el inversor y el compresor que a su vez dañarían los equipos ver Fig. 79. La profundidad de los

sensores debe aumentar, se debe colocar la alarma sonora y visible, la suciedad de la superficie de la piscina cubre a los sensores y comienzan a variar sus mediciones.



Fig. 79 Estado de la planta GSM después de estar varias semanas en la piscina
[Autor]

Para evitar el posible daño que pueda sufrir el inversor y compresor por la suciedad de los animales, se cubre sus 4 lados y los 3 lados del gabinete (la parte principal se deja libre para poder ver los componentes internos), luego de colocar sus paredes se procede a colocar una varilla en la cual se encontrara conectada la sirena estroboscópica y la luz indicadora, se pinta la varilla de pintura para auto para proteger del óxido por estar al contacto con el agua ver Fig. 80.



Fig. 80 Instalación de las paredes protectora y de la varilla con sus luces [Autor]

6.7 Segunda modificación de la planta GSM y visita al equipo.

Después de 13 meses de funcionamiento con las baterías de 12v 9Ah, y al no tener la alimentación constante todo el tiempo y sufrir descargas completas, la vida útil de dichas baterías ha disminuido y no puede mantener encendido el compresor a más de 3 min. Se decide el cambio de las baterías y al mismo tiempo se aumenta el amperaje hora de las nuevas, por motivos de costos de los equipos.

Se procede a colocar dos baterías de 12v 26Ah, sobre las boyas en la estructura, al cambiar de ubicación las baterías se debe instalar un techo para de esta forma evitar la lluvia directa ver Fig 81.



Fig. 81 Instalación de las baterías y paredes protectora [Autor]

Otro cambio menor en la planta es la instalación de un nuevo sensor de temperatura, al presentar un problema el sensor de temperatura digital por el contacto con el agua y al no disponer de repuesto en el país, se decide instalar el sensor analógico LM35 el cual se encuentra protegido de un vástago de acero inoxidable que permite la propagación de la temperatura exterior, de esta forma se protege el sensor del agua.

El sensor entrega una señal analógica en mV el controlador GSM lo capta y dependiendo de los límites configurados envía la alarma al celular, la calibración del sensor se puede hacer mediante el datasheet, que indica que 0.10mv equivale a 10°C, dependiendo de los grados se procede a indicar los límites.

Una vez modificado la planta, se procede a trasladar a la piscina en Taura, al ingresar el equipo a la piscina todos sus sensores funcionan en correcto estado ver Fig. 82.

Después de dos semanas la planta se encuentra al fondo de la piscina este ocurrió por el cultivo de la piscina, para realizar esta tarea se drena toda el agua para poder pescar el cultivo. En este periodo de tiempo en el cual la piscina se encuentra seca se realizó mantenimiento y visita al lugar para ver el estado de la planta ver Fig. 83. La planta se encuentra en buenas condiciones las baterías cargadas y los componentes en sus ubicaciones. El siguiente proceso es esperar al llenado de la piscina para un nuevo cultivo o cambiar de ubicación la planta GSM a una piscina recién sembrada, al ser el equipo autosustentable el cambio de ubicación no necesita asesoría.



Fig. 82 Planta con el controlador GSM en la piscina de cultivo [Autor]



Fig. 83 Verificación del estado de la planta después cultivar [Autor]

RESULTADO

El prototipo de monitoreo y control para una piscina de acuicultura funciona de manera sustentable sus 24 horas con dos baterías de 12v a 9Ahr, al culminar un año que funcionamiento constante y al exponerse a descargas totales en sus acumuladores de energía, las baterías pierden su capacidad de carga, afectando al tiempo en el que el actuador (compresor) se mantiene encendido, por este motivo se procede al cambio de baterías. Los nuevos acumuladores poseen 12v a 26Ahr, el incremento de la capacidad de los acumuladores proporciona mayor soporte al pico de energía que exige el actuador al inicio de su encendido, aumenta la duración de la oxigenación de la piscina. La diferencia de precios entre las baterías es bajo considerando la nueva capacidad de carga de las nuevas baterías.

El controlador GSM BR160SM-2SMT-4A-A monitorea las variables de oxígeno, pH y temperatura las 24 horas, enviando reportes de datos al celular cada vez que el operador desee saber el estado de la planta.

La estructura compuesta de ángulos metálicos con encubrimiento impermeable soporta el controlador, actuador y batería de forma sólida, las dos boyas generan la fuerza para soportar todos los equipos; no presenta problema en temporada de invierno o verano, la robustez de la planta permite el cambio de piscina y el transporte, sin preocupación de dañar algún elemento.

El monitoreo de la piscina se realiza por medio de mensajes GSM, al disponer de saldo el controlador los operadores pueden pedir información y analizar el estado de la piscina.

En caso de baja cantidad de oxígeno en la piscina el controlador envía una alerta, el operador activa el temporizador del controlador; el cual por medio del relays, activa el circuito de fuerza de tal forma que se energiza el actuador y oxigena la piscina, el tiempo de funcionamiento se puede modificable.

La alarma acústica de la planta cumple con el objetivo de alertar al personal en los sectores de la piscina, posee una luz parpadeante que se activa por medio de mensaje de texto y se desactiva con otro comando por el mismo medio. Además, dispone de luces led de diferente color, las cuales pueden representar diferentes alarmar, dependiendo de lo establecido por el propietario de la planta. La activación de la alarma acústica o las luces led, se realizar con diferentes comandos.

El controlador GSM puede disponer de varios dispositivos vinculados, el mantenimiento del mismo no es requerido constantemente. en caso de los sensores se necesita realizar el mantenimiento de los mismo una vez al mes.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

El prototipo de monitoreo y control para una piscina de tilapia auto sustentable desempeña su funcionamiento sin ningún inconveniente en su lugar de trabajo y en su tiempo establecido de funcionamiento. El prototipo puede funcionar dos días, sin la necesidad de luz solar, este tiempo puede mejorar con la adquisición de baterías con mayor capacidad. El controlador GSM es altamente versátil que permite la adquisición de datos con sus entradas analógicas y digitales, y a su vez permite realizar alguna acción, al disponer de salidas, las cuales pueden ser el circuito de control para cualquier trabajo necesario, toda la información se transmite a través de un modem GSM incluido en el controlador, el prototipo cumple con el objetivo de adquirir datos, enviarlos al usuario y activar determinadas acciones que el usuario active por medio del mensaje de texto.

La configuración de controlador es por medio de los mensajes de texto con su respectiva clave modificable, la comunicación entre los dispositivos móviles y el controlador GSM depende de la cobertura que presta la compañía contratada, se puede cambiar de compañía dependiendo del lugar en donde operara el controlador.

Una vez integrado el sistema en la parroquia Taura, en el caso de la infraestructura de la planta, se realizó algunas modificaciones para poder soportar el ambiente, el tiempo de funcionamiento no sufre ningún daño al no disponer obstáculos que bloqueen la luz solar, el peso que soporta la planta puede aumentar sin preocuparte por el equilibrio en la piscina.

Se necesita inducción para que el usuario final pueda verificar el estado del prototipo y realizar activaciones, este punto se puede mejorar al realizar software que permita la configuración del controlador de manera más amigable para el consumidor final. Al no tener la capacidad de modificar la programación del controlador GSM, pero al ser tan versátil en su funcionamiento, siendo capaz de trabajar en diferentes ramas que no sea la acuicultura realizar un software para el consumidor final, tiene que ser capaz de modificarse para cumplir con los requerimientos del cliente y con las actividades que desempeña el controlador en el lugar en donde se encuentra.

La experiencia que se adquirió al estar construyendo el prototipo ha mostrado que es posible la aplicación del proyecto en muchas otras áreas industriales, agrícolas o empresariales en nuestra localidad como a su vez es completamente factible funcionar en la rama de la acuicultura.

Las implicaciones del proyecto han tenido como objetivo adicional, servir de ayuda a todo trabajador artesanal que desee modernizarse a un bajo costo y con pocas exigencias, por lo tanto, es esencial analizar las diferentes circunstancias en las que

puede trabajar el controlador para así ofrecer un prototipo especializado para trabajos definidos y así modernizar los procesos que realizan los trabajadores artesanales.

Se recomienda que el prototipo solo actúe el circuito de control y no el de fuerza, al ser un prototipo autosustentable, la parte de fuerza de cualquier actividad exige una mayor demanda de energía, esto disminuye el tiempo en el que funciona el controlador al momento de no disponer de luz solar, si se puede separar, la parte de control con su respectiva red eléctrica, el tiempo de funcionamiento del controlador como la capacidad de la batería cambiará.

Como recomendación final, crear software el cual se pueda personalizar dependiendo del lugar donde trabajará el controlador, es una manera en la cual el consumidor final se facilitará el uso del equipo sin la necesidad de estar capacitando.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] Á. González Ureña, «INVESTIGACIÓN Y CIENCIA,» 28 04 2009. [En línea]. Available: <http://www.investigacionyciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/10/posts/descubrimiento-de-las-ondas-de-radio-la-confirmacin-de-la-teora-electromagntica-10186>. [Último acceso: 10 05 2018].
- [2] Colegio oficial de ingenieros de telecomunicaciones (COIT), «La evolucion de la gestion del espectro radioelectrico,» 01 2007. [En línea]. Available: https://www.coit.es/sites/default/files/informes/pdf/la_evolucion_de_la_gestion_del_espectro_radio_electrico.pdf. [Último acceso: 01 10 2018].
- [3] J. Pérez Martínez, S. Ramos Villaverde y P. Huélamo Valero, «Regulacion, Politicas Publicas y Percepcion Social del Impacto sobre la Salud,» 10 2001. [En línea]. Available: https://avancedigital.gob.es/inspeccion-telecomunicaciones/niveles-exposicion/DocumentacionOtros/2001_COIT_EfectosSaludExposicionCEM_InformeRegulacion.pdf. [Último acceso: 15 07 2018].
- [4] J. M. Hernando Rabanos, Comunicaciones moviles 2da Edicion, Madrid: Editorial Universitaria Ramon Areces, 2004.
- [5] F. Novillo , «Arquitectura del sistema GSM,» Guayaquil, 2016.
- [6] R. Mare, «SlideShare,» 2003. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/Xhakasojo/introduccion-a-la-telefonía-celular>.
- [7] W. Tomasi, Sistemas de comunicaciones eltronicas, Pearson Educacion, 2003.
- [8] J. M. Angulo Usategui y I. Angulo Martinez, Microcontroladores PIC: Diseño Practico de Aplicaciones 1ª, MADRID: S.A. MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA, 2003.
- [9] Centro de computacion Universidad de chile, «cec.uchile.cl,» [En línea]. Available: <http://www.cec.uchile.cl/~mcarter/EL54B/Informe%20SPDI%20presentaciones/pic.pdf>. [Último acceso: 01 04 2018].
- [10] D. A. Arenas Sánchez y H. S. Zapata Castaño, «utp.edu.co,» 2011. [En línea]. Available: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2369/62131244A681.pdf>. [Último acceso: 15 08 2018].
- [11] M. Á. Valenzuela Zapatas, O. Solorza Feria y O. Vigil Galán, Tecnologia Solar-Eólica-Hidrógeno-Pilas de Combustible como fuente de energía, Ciudad de México: Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, 2009.
- [12] Hiper Shops, «todosai,» 24 11 2016. [En línea]. Available: <https://todosai.com/blog/baterias-tipos-y-usos-b50.html>. [Último acceso: 14 05 2018].
- [13] M. A. Saavedra Martínez , «Manejo del cultivo de tilapia,» 4 08 2006. [En línea]. Available: <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>. [Último acceso: 10 02 2018].
- [14] C. A. Barba JAramillo, «bibdigital.epn.edu.ec/,» 02 2015. [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10324/3/CD-6152.pdf>. [Último acceso: 01 04 2018].

- [15] Ideas Marinas, «ideasmарinas,» [En línea]. Available: http://ideasmарinas.com/archivo/manuales/BOYU/Bombas%20de%20aire/PDF/compresores_de_aire_acq_mi.pdf. [Último acceso: 20 06 2018].
- [16] Biene Electronics, «bieneelectronics,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.bieneelectronics.com/GSM-controller-BR160SM-2SMT-4A-A.pdf>. [Último acceso: 05 12 2017].
- [17] S. Arteaga, «computerhoy,» 13 1 2016. [En línea]. Available: <http://computerhoy.com/noticias/internet/todo-que-necesitas-saber-del-wifi-ad-wifi-ah-halow-39101>.
- [18] M. Verle, PIC Microcontrollers - Programming in basic, MikroElektronika, 2010.
- [19] J. F. Diaz, «juanfrancisco207.wordpress,» 18 03 2015. [En línea]. Available: <https://juanfrancisco207.wordpress.com/2015/03/18/efecto-fotovoltaico/>.
- [20] Atlas Scientific, «atlas-scientific,» 09 01 2014. [En línea]. Available: https://www.atlas-scientific.com/_files/_datasheets/_probe/DO_probe.pdf. [Último acceso: 01 12 2017].
- [21] AutoSolar, «Autosolar.es,» 19 04 2015. [En línea]. Available: <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/esquema-de-conexion-de-las-baterias-estacionarias-12v-24v-y-48v>. [Último acceso: 05 03 2019].
- [22] Poojin Electronics, «BELTTT,» [En línea]. Available: <http://belttt.com/en/low-frequency-ups/bel1000xt.html>. [Último acceso: 5 01 2018].
- [23] B. Klug, «anandtech,» 27 04 2011. [En línea]. Available: <https://www.anandtech.com/show/4289/verizon-4g-lte-two-datacards-wifi-hotspot-massively-reviewed/2>. [Último acceso: 20 01 2018].
- [24] Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicaciones (COIT), «Emisiones radioelectricas,» *Emisiones bajo control (EL PAIS)*, p. PG Esp A1.1 01, 2001.
- [25] Damia Solar, «Damiasolar,» 19 03 2016. [En línea]. Available: https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/que-regulador-solar-necesito_1. [Último acceso: 23 07 2018].
- [26] T. Ernesto, «profetolocka,» 9 MAYO 2015. [En línea]. Available: <http://www.profetolocka.com.ar/2015/05/09/modulo-de-4-reles-para-arduino/>. [Último acceso: 01 09 2018].
- [27] G. Perez, «Espectrometria,» [En línea]. Available: https://www.espectrometria.com/espectro_electromagnetico. [Último acceso: 18 11 2017].
- [28] P. Gonzalo, «Geografia Infinita,» 24 07 2017. [En línea]. Available: <https://www.geografiainfinita.com/2017/07/reparto-las-horas-sol-mundo/>. [Último acceso: 07 01 2018].
- [29] Smartec, «rawet,» 07 2005. [En línea]. Available: <https://www.rawet.cz/stahnout/-1010?name=smt16030-pdf>. [Último acceso: 20 05 2018].

ANEXOS

Anexo 1: Empresa Beneficiada

DIPROMACOM S.A.

Se encuentra laborando en el mercado ecuatoriano por más de 18 años ofreciendo diversidad de servicios en la comunidad, con la misión de brindar soluciones eficientes y eficaces en nuestras ramas corporativas, preocupándonos por entregarles día a día productos y servicios de excelente calidad e innovación, con el afán de ofrecer esa tranquilidad y seguridad que nuestros clientes necesitan y de garantizar una respuesta ágil por medio del manejo de negocio y proyectos sostenibles en temas económicos, sociales y ambientales.

Misión

Brindar a nuestros clientes soluciones eficientes y eficaces en nuestras ramas corporativas, preocupándonos por entregarles día a día productos y servicios de excelente calidad e innovación.

Visión

Consolidarnos como una Empresa que brinda soluciones corporativas, en todo el territorio Nacional e Internacional, proporcionando productos y servicios de calidad e innovando siempre con nuevas tecnologías y conocimientos para agilizar las tareas diarias de las Empresas.

Los servicios que brinda la empresa Dipromacom:

MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS Y CORRECTIVOS DE EQUIPOS DE COMPUTACIÓN

Contempla los siguientes aspectos para impresoras, computadoras desktops, computadoras laptop, servidores, UPS y proyectores:

- Limpieza y Ajuste físicos.
- Limpieza de Software y Papeleras de Reciclaje
- Actualización de Antivirus.
- Inspección de Estado Físico, inspección de accesorios, baterías, fuentes, coolers, etc.
- Soporte 24/7
- Contamos con paquetes Semestrales, trimestrales y anuales de mantenimientos preventivos y correctivos de Equipos de oficina (computadoras, partes, impresoras, fax, redes en general).
- Reemplazo de partes y piezas originales.
- Actualización de software

INSTALACIONES DE REDES Y TELECOMUNICACIONES

- Realizamos instalación de equipos de telecomunicaciones en áreas residenciales, comerciales, de oficina e industriales.
- Redes de comunicación sea física o por medio de equipos Wireless.
- Realizamos instalaciones temporales o empotradas de acuerdo con sus necesidades.
- Configuración del sistema de visualización remota por medio de tablets, celular o equipos de cómputo.
- Redes para uso de Internet residencia, archivos compartidos para oficina, instalación de cybers, etc.
- Mantenimientos, Reposición, actualización de sistemas existentes.
- Revisión y Recomendaciones para una buena repartición de redes y sus equipos en el negocio.

SISTEMAS DE VIDEO VIGILANCIA.

En lo referente a Sistema de Video Vigilancia contamos con equipos de última tecnología que lo ayudaran a supervisar las áreas críticas de su empresa, domicilio u oficina. Nuestros productos le permiten una visualización desde el internet.

- Sistemas de CCTV análogo
- Sistema de CCTV IP
- Sistemas de CCTV inalámbricos
- Sistema de cámaras PTZ
- Ofrecemos servicio de ingeniería, suministro, mantenimiento y reposición de cualquier sistema existente.

SISTEMAS DE CONTROL DE ACCESOS Y SEGURIDAD

- Sistemas biométricos
- Huella
- Facial
- Retina
- Sistemas con tarjeta de proximidad
- Sistemas de control de accesos con PIN
- Sensores de movimiento y control de apertura.

SISTEMAS DE EXTINCION Y DETECCION DE INCENDIO.

- Sistemas de Detección Análogos.
- Sistemas de Detección Direccionables.
- Estaciones Manual de aviso.
- Luces estroboscópicas.
- Extinción mediante agentes limpios FM-200, NOVEC 1230 entre otros.
- Extintores de CO2, PQS.

SISTEMAS DE TELECONTROL

- Ofrecemos Monitoreo y Control en: Niveles de Agua, Temperatura, Iluminación y Riego Automático. El equipo cuenta con alarmas las cuales llegarán a su dispositivo móvil.
- Contamos con equipos de última generación para trabajar con sistema GSM de 4 bandas GSM850/900/1800/1900.
- Podemos configurar sistema de alarmas directo a su celular.
- Podemos configurar acciones de operación por medio de un mensaje de texto desde su celular.
- Para instalaciones en hogares, oficinas, lugares comerciales e industria, que tenga operaciones distantes y que deseen disminuir costos de operación y de pérdidas operacionales.
- Podemos asesorarlos sin costo con la ingeniería de selección de equipos de acuerdo con su necesidad y optimizando los recursos de su compañía.

Anexo 2: Propuesta de solución en diagrama de bloques

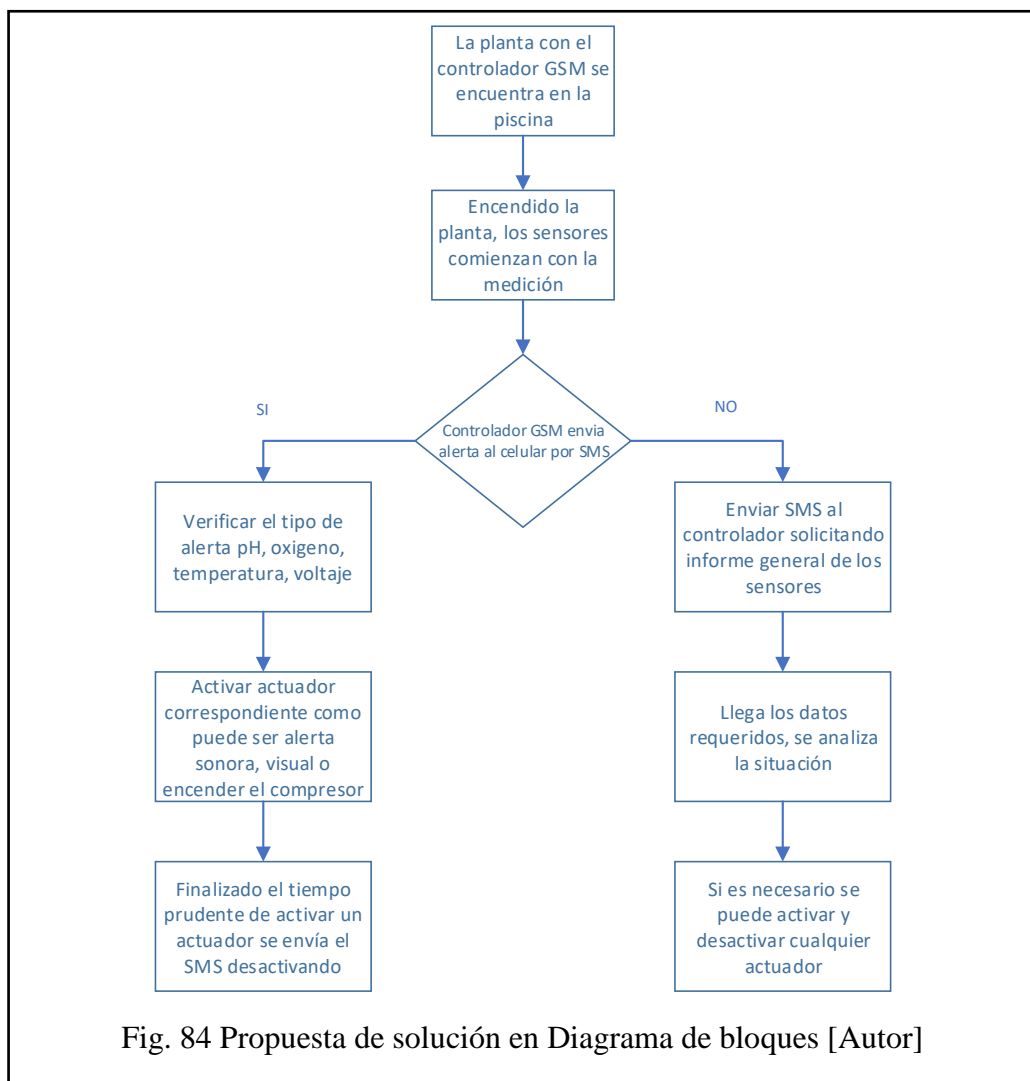


Fig. 84 Propuesta de solución en Diagrama de bloques [Autor]

Anexo 3: Tabla de selección de entradas analógicas

TABLA XVI

ENTRADAS ANALÓGICAS (AN1, AN2, AN3) [16]

0 – 10 V sensor V	0 – 20 mA sensor mA	Entrada analógica V (modo 0 – 5 V)	+/- 5 A sensor 185mV/1A	+/-20 A sensor 100mV/1A	+/-30 A sensor 66mV/1A	%	Setpoint mínimo sensor 20ª	Setpoint máximo sensor 20A	Setpoint mínimo sensor 30A	Setpoint máximo sensor 30A
0	0	0		-25A	-37.9A	0				
1	2	0.5		-20A	-30.3A	10				
1.04	2.08	0.52			-30A					
2	4	1		-15A	-22.7A	20	<-15ª	>-15ª	<-22.7A	>-22.7A
3	6	1	-5.4A	-10A	-15.1A	30	<-10ª	>-10ª	<-15.1A	>-15.1A
3.16	6.32	1.58	-5A							
4	8	2	-2.7A	-5A	-7.6A	40	<-5ª	>-5ª	<-7.6A	>-7.6A
4.8	9.6	2.4	-0.5A	-1A	-1.5A	48	<-1ª	>-1ª	<-1.5A	>-1.5A
4.9	9.8	2.45	-0.3A	-0.5A	-0.5A					
5	10	2.5	0	0	0	50	0	0	0	0
5.1	10.2	2.55	0.3A	0.5A	1A		<+0.5A	>+0.5ª	<+1A	>+1A
5.2	10.4	2.6	0.5A	1A	1.5A	52	<+1ª	>+1ª	<+1.5A	>+1.5A
6	12	3	2.7A	5A	7.6A	60	<+5ª	>+5ª	<+7.6A	>+7.6A
6.86	13.72	3.46	5A							
7	14	3.5	5.4A	10A	15.1A	70	<+10A	>+10ª	<+15.1A	>+15.1A
8	16	4		15A	22.7A	80	<+15A	>+15ª	<+22.7A	>+22.7A
8.96	17.92	4.48			30A					
9	18	4.5		20A	30.3A	90				
10	20	5		25A	37.9A	99				

Anexo 4: Tabla con los textos por defecto del controlador

TABLA XVII

TEXTO ENVIADO AL USUARIO EN CASO DE ALARMA [16]

Comandos SMS	Text (límite de 14 caracteres)
2345X01,	Temp.1 high
2345X02,	Temp.1 low
2345X03,	Temp.1 normal
2345X04,	Temp.2 high
2345X05,	Temp.2 low
2345X06,	Temp.2 normal
2345X07,	Input 3
2345X08,	Input 4
2345X09,	Input 5
2345X10,	Input 6
2345X11,	Analog 1 high
2345X12,	Analog 1 low
2345X13,	Analog 1 normal
2345X14,	Analog 2 high
2345X15,	Analog 2 low
2345X16,	Analog 2 normal
2345X17,	Analog 3 high
2345X18,	Analog 3 low
2345X19,	Analog 3 normal
2345X20,	Battery high
2345X21,	Battery low
2345X22,	Battery normal