

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**TESIS**

**“MODELACION DE UN SISTEMA DE TELEMETRIA CON TECNOLOGIA GSM  
PARA EL MONITOREO DE VARIABLES FOTOVOLTAICAS, CASO:  
POBLACIONES DOMESTICAS RURALES”**

**PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR LOS BACHILLERES:**

- VILCHEZ VIDAL, JOSE HUMBERTO.
- ZAPANA DE LA CRUZ, NEIL AMSTRONG.

**ASESOR: Ing. LUIS E. CRUZADO MONTAÑEZ**  
**CALIFICACION: 16 (DIECISÉIS)**

-----  
**Mg.Ing. MOSCOSO SÁNCHEZ JORGE E.**  
**PRESIDENTE DE JURADO**

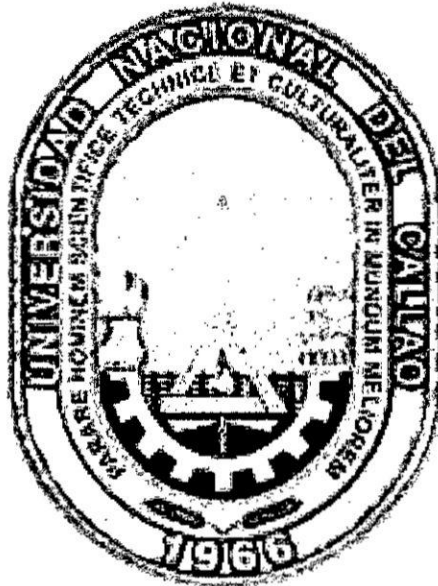
-----  
**Dr.Ing. CARLOS A. MORENO PAREDES**  
**SECRETARIO**

-----  
**M.S.C.Ing. ABILIO B. CUZCANO RIVAS**  
**VOCAL**

**Callao, PERU 2017**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y  
ELECTRÓNICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**TESIS**

**“MODELACIÓN DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA CON TECNOLOGÍA  
GSM PARA EL MONITOREO DE VARIABLES FOTOVOLTAICAS, CASO:  
POBLACIONES DOMESTICAS RURALES”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

**AUTOR(es):**

- VILCHEZ VIDAL, JOSE HUMBERTO
- ZAPANA DE LA CRUZ, NEIL AMSTRONG

**Callao-2017  
PERU**

## INDICE

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	9
1.1. Identificación del problema	9
1.2. Formulación del problema	10
1.2.1. Problema general	10
1.2.2. Problema específico	10
1.3. Objetivos de la investigación	11
1.3.1. Objetivo general	11
1.3.2. Objetivo específicos	11
1.4. Justificación de la investigación	11
II. MARCO TEÓRICO	12
2.1. Antecedentes del estudio	12
2.1.1. Antecedentes Nacionales	13
2.2. Marco Teórico	14
2.2.1. Energías renovables	14
2.2.2. Energía solar fotovoltaica	15
2.2.3. Celdas solares	16
2.2.4. Paneles fotovoltaicos	17
2.2.5. Controlador de carga solar	18
2.2.6. Telemetría	18
2.2.7. Batería	19
2.2.8. Tipos de baterías	20
2.2.9. Batería de Plomo Ácido	21
2.2.10. Inversor de corriente DC – AC	21
2.2.11. Tecnología GSM	22
2.2.12. Short Message Service – SMS	23
2.2.13. Comandos AT	24
2.2.14. Microcontroladores	26

2.2.15. PIC C Compiler	26
2.2.16. Simulador ISIS Proteus	27
2.3. Definición de términos	28
2.3.1. PIN	28
2.3.2. ADC	28
2.3.3. VCC	29
2.3.4. GND	29
III. VARIABLES E HIPÓTESIS	29
3.1. Definición de las variables	29
3.1.1. Variables dependientes	30
3.1.2. Variables independientes	30
3.2. Operacionalización de Variables	30
3.3. Hipótesis general e hipótesis específica	31
3.3.1. Hipótesis general	31
3.3.2. Hipótesis específica	31
IV. METODOLOGÍA	32
4.1. Tipo de Investigación	32
4.2. Diseño de la Investigación	32
4.2.1. Módulo de adquisición de datos	33
4.2.2. Modulo Emisor/Receptor	53
4.3.1. Población	60
4.3.2. Muestra	60
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	60
4.5. Procesamiento Estadístico y Análisis de datos	61
V. RESULTADOS	61
VI. CONCLUSIONES	65
VII. RECOMENDACIONES	66
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	67

## CUADRO DE CONTENIDOS

### A. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1: Funcionamiento de una batería	20
Figura N° 2.2: Arquitectura de una red GSM	23
Figura N° 2.3: Proceso de transmisión de un mensaje SMS	24
Figura N° 2.4: Manual de referencia del software PIC MCU	27
Figura N° 4.1: Diagrama general de una instalación doméstica en zonas rurales	33
Figura N° 4.2: Variables a medir por el módulo de adquisición de datos	34
Figura N° 4.3: Microcontrolador PIC 18F4550 y PIC 18F4455	35
Figura N° 4.4: Diagrama de conexión para lectura por el pin AN0	36
Figura N° 4.5: Curva característica de un termistor NTC	38
Figura N° 4.6: Configuración de termistor como un divisor de voltaje	39
Figura N° 4.7: Termistor en presentación de ojal para batería	39
Figura N° 4.8: Sensor ACS712 en un módulo	40
Figura N° 4.9: Diagrama de conexión del regulador de tensión 78L05	43
Figura N° 4.10: Esquema del módulo en EAGLE	46
Figura N° 4.11: Diseño PCB del módulo en EAGLE	46
Figura N° 4.12: Diagrama de flujo del módulo de adquisición de datos	47
Figura N° 4.13: Segmento del programa, configuraciones iniciales del programa	48
Figura N° 4.14: Segmento del programa, variables del programa	48
Figura N° 4.15: Segmento del programa, lectura de señales analógicas	48
Figura N° 4.16: Segmento del programa, valores PFV, BAT, INV	49
Figura N° 4.17: Segmento del programa, valor ILOAD	50
Figura N° 4.18: Segmento del programa, variable STBAT en °C	50
Figura N° 4.19: Forma sintetizada de la información transmitida	50
Figura N° 4.20: Segmento del programa, envió de información al módulo Emisor/Receptor	51
Figura N° 4.21: Circuito del módulo en PROTEUS	52

Figura N° 4.22: Simulación del módulo en PROTEUS	52
Figura N° 4.23: SIM900 en presentación modular.	54
Figura N° 4.24: Conexión SIM900 con Virtual Terminal	54
Figura N° 4.25: Simulación de SIM900 en PROTEUS	55
Figura N° 4.26: Diagrama de flujo del módulo receptor	57
Figura N° 4.27: Interfaz gráfico en Visual Basic	58
Figura N° 4.28: Segmento de interfaz, configuración de puerto serial	59
Figura N° 4.29: Segmento de interfaz, Parámetros fotovoltaicos	60
Figura N° 5.1: Interfaz sin recibir datos	61
Figura N° 5.2: Simulación del módulo en PROTEUS	62
Figura N° 5.3: Interfaz con datos recibidos	63
Figura N° 5.4: Segunda simulación del módulo en PROTEUS	64
Figura N° 5.5: Segunda Interfaz con datos recibidos	64

## **ABSTRACT**

In rural areas of Peru, more than 30% of people do not have access to electricity, which is why, in recent years, subsidized projects have been implemented for this renewable energy service, with photovoltaic panels being one of the projects most used. The benefits of electric service go hand in hand with the development of the beneficiary community, which allows for better education, better communication, and the quality of life of its inhabitants. However the problem that has been identified is the lack of local skilled labor, so before any technical problem, the photovoltaic system stops operating until the problem is reported and subsequently repaired, this can take days due to lack of communication and inaccessibility to the area. (DGER, 2014, p.5).

Modeling a telemetry system to monitor these photovoltaic systems will serve to remotely and in real time know the critical parameters of these installations, so that the companies that provide the support and maintenance service can repair, repotence or predict possible faults in the photovoltaic system. The wireless medium will be GSM technology, due to its wide coverage and interoperability with virtually all telecommunication technologies in force and at low cost



## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Identificación del problema**

En el Perú existen alrededor de 23,900 instalaciones fotovoltaicas domésticas en zonas rurales instaladas como parte del Plan Nacional de Electrificación Rural (véase la tabla N° 1.1), los cuales necesitan soporte y mantenimiento ante algún problema técnico. Un sistema fotovoltaico doméstico rural está compuesto de tres partes: arreglo de paneles, almacenamiento de respaldo, e inversor de corriente, por lo general, al averiarse alguno de estos módulos es más práctico reemplazarlo que intentar reparar.

Sin embargo las empresas encargadas de brindar el servicio de mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos domésticos rurales deben realizar visitas periódicas para conocer el estado actual de los sistemas fotovoltaicos, los cuales se encuentran en zonas muy alejadas y de difícil acceso; lo que incrementa significativamente el costo de operación.

Para resolver este problema se propone diseñar un sistema que permita conocer de manera remota el estado de estas instalaciones fotovoltaicas domésticas rurales, mediante la adquisición de señales eléctricas críticas y enviar un mensaje de texto SMS conteniendo la información procesada a un centro de monitoreo, el cual podrá predecir posibles fallas, reparar o repotenciar el modelamiento fotovoltaico.

Tabla N° 1.1: Sistemas fotovoltaicos domésticos en zonas rurales instaladas por la DGER 1993-2014

N°	DEPARTAMENTO	N° SFD
1	AMAZONAS	201
2	ANCASH	1
3	AREQUIPA	963
4	AYACUCHO	953
5	CAJAMARCA	4221
6	CUSCO	2744
7	HUANCAVELICA	252
8	HUANUCO	52
9	JUNIN	886
10	LAMBAYEQUE	1652
11	LIMA	531
12	LORETO	5933
13	MADRE DE DIOS	206
14	PASCO	1640
15	PIURA	2146
16	PUNO	45
17	SAN MARTIN	5
18	TUMBES	6
19	UCAYALI	1556
	Total	23993

Fuente: PNER2014. [www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/Publico/Oficina Comunicaciones/EventosRealizados/ForoApurimac/2/Plan\\_Nacional\\_de\\_Electrificacion\\_Rural.pdf](http://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/Publico/Oficina%20Comunicaciones/EventosRealizados/ForoApurimac/2/Plan_Nacional_de_Electrificacion_Rural.pdf)

## 1.2. Formulación del problema

### 1.2.1. Problema general

¿Cómo modelar un sistema de telemetría utilizando tecnología GSM para el monitoreo de variables fotovoltaicas en zonas domesticas rurales?

### 1.2.2. Problema específico

a. ¿Cómo modelar un circuito electrónico que permite obtener las variables eléctricas fotovoltaicas?

- b. ¿Cómo modelar un sistema electrónico que permite transmitir la data mediante la tecnología GSM?
- c. ¿Cómo modelar un sistema electrónico que permite recibir la data mediante la tecnología GSM?
- d. ¿Cómo diseñar una interfaz gráfica que permita el monitoreo de variables eléctricas fotovoltaicas?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Modelar un sistema de telemetría utilizando tecnología GSM, para monitorear variables fotovoltaicas en zonas domesticas rurales.

#### **1.3.2. Objetivo específicos**

- a. Modelar un circuito electrónico que permite obtener las variables eléctricas fotovoltaicas
- b. Modelar un sistema electrónico que permite transmitir la data mediante la tecnología GSM
- c. Modelar un sistema electrónico que permite recibir la data mediante la tecnología GSM
- d. Diseñar una interfaz gráfica que permita el monitoreo de variables eléctricas fotovoltaicas

### **1.4. Justificación de la investigación**

Modelar un sistema de telemetría para monitorear estas instalaciones fotovoltaicas reducirá significativamente el tiempo de respuesta ante algún problema, además que permitirá realizar los diagnósticos remotamente, por lo que reducirá costos de visitas técnicas periódicas en sitio. Según el Plan Nacional de Electrificación Rural – PNER 2011-2020 del Ministerio de Energía

y Minas, invertirán 121,7 millones de dólares en instalaciones fotovoltaicas para electrificación rural, por lo que diseñar un sistema de monitoreo remoto resulta oportuno. En la tabla siguiente (véase la tabla N° 1.2) se encuentran los proyectos de inversión del PNER y su presupuesto en dólares americanos.

Tabla N° 1.2: Presupuesto del periodo PNER 2011 – 2020

N°	PROYECTO	PERIODO 2011-2020
1	INVERSIONES	Millones de dólares
1	Líneas de Transmisión	29,9
2	Sistemas eléctricos rurales	1328,4
3	Centrales hidroeléctricas	34
4	Módulos fotovoltaicos	121,7
5	Centrales eólicas	33,2
6	Obras empresas eléctricas	323
7	Obras gobiernos regionales y locales	356

Fuente: PNER 2011-2020. [spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2010/diciembre/31/RM-572-2010-MEM-DM.pdf](http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2010/diciembre/31/RM-572-2010-MEM-DM.pdf)

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del estudio

Como antecedentes importantes en el ámbito internacional, se mencionan a dos trabajos resaltantes, el primero del ingeniero Jonathan Sumano Fuentes, quien ha diseñado y construido de un modelamiento de seguimiento fotovoltaico.

Sumano Fuentes (2012) En su trabajo de investigación; diseñó y construyó un sistema de seguimiento fotovoltaico.

Se concluyó lo siguiente que durante el monitoreo del panel fotovoltaico, el voltaje generado se mantenía en 20V con mínimas variaciones a lo largo del día, como se observó durante la carga de la batería de voltaje y la corriente que recibía eran constantes lo cual permitió que la batería se cargara durante un periodo de 5 horas aproximadamente y ésta no dejara de cargarse durante algún determinado tiempo o cuando aún se presentara irradiación solar.

Ángel Cornejo, Jorge Luis (2010). En su trabajo de investigación; Diseño, construcción e implementación de un sistema de telemetría utilizando tecnología GSM; para el monitoreo de los parámetros de temperatura, presión de aceite, velocidad de giro del motor y velocidad de desplazamiento de un vehículo Chevrolet optra 2088, se concluyó lo siguiente:

En etapa de adquisición de datos del vehículo es muy importante conocer el tipo de señal que proporciona el sensor del parámetro que se desea obtener, ya que el tratamiento por medio del microcontrolador es diferente en una señal analógica o en una de tipo digital: además hay que tomar en cuenta que en el vehículo existen distintos tipos de ruidos que podrían ocasionar distorsiones en las señales recibidas en nuestra unidad y por ende una lectura errónea de los parámetros monitoreados; para evitar este inconveniente se utiliza cables apantallados utilizados para aplicaciones automotrices.

### **2.1.1. Antecedentes Nacionales**

Pérez Urteaga, (2006) Supervisión y monitoreo de procesos utilizando mensajes de texto desde teléfonos celulares, se ha logrado integrar al teléfono celular con la computadora mediante la implementación de protocolo FBUS, potenciando las aplicaciones de ambos dispositivos. Se ha validado el funcionamiento de protocolo implementando a través de aplicaciones prototipos. Se ha propuesto un procedimiento para el análisis y estudio del protocolo FBUS el cual se puede extender para analizar otros protocolos de comunicación. Se ha logrado documentar a través de las pruebas experimentales realizadas, la manera en que el teléfono celular intercambia información con la computadora mediante

el protocolo FBUS detallando la función de los bytes dentro de cada tipo de trama.

Rubén Bocanegra (2012). En su trabajo de investigación: Desarrollo de una aplicación web para el monitoreo de vehículos con dispositivos GPS que comercializa una empresa de telecomunicaciones, se concluye lo siguiente:

Por lo tanto el objetivo principal de esta investigación aplicada fue alcanzado, debido a que producto del trabajo realizado a través del proceso de desarrollo de la presente investigación, se implementó una solución web de monitoreo vehicular que da servicio a múltiples clientes sin necesidad de instalaciones personales, solo con el uso de un navegador web, los usuarios pueden gozar de las más representativas funcionalidades que una solución de monitoreo puede brindar de manera inmediata. Actualmente el sistema cuenta con 95 clientes y 200 unidades transmitiendo todos los días, siendo la principal herramienta de monitoreo de muchas de ellas.

En la presente investigación, se llegó a conocer de manera más profunda los términos y conceptos que engloba el servicio de monitoreo vehicular, así mismo se conceptualizó las principales definiciones del proceso de monitoreo vehicular. Por lo tanto el objetivo específico de la presente investigación que era conocer los conceptos más importantes del servicio de monitoreo vehicular fue logrado.

## **2.2. Marco Teórico**

### **2.2.1. Energías renovables**

Se llama energías renovables a las que se producen continuamente y que son consideradas inagotables; a diferencia de las energías que provienen de combustibles fósiles las cuales se consideran agotables y escasas. Entre

las principales formas de energías renovables se tienen: la eólica, solar, geotérmica, la biomasa, hidráulica y las energías producida por el mar.

En la actualidad, la contribución de las energías renovables (con respecto al consumo total de energía primaria) a nivel mundial ronda el 8%; estos porcentajes corresponden casi exclusivamente a energía hidráulica y biomasa.

Todas las previsiones realizadas por distintos organismos indican un enorme incremento en el uso de las energías renovables a medio plazo. La Unión Europea se ha fijado como objetivo triplicar la aportación actual de las energías renovables en el año 2020, llegando al 20% del consumo total de energía primaria.

### **2.2.2. Energía solar fotovoltaica**

Es una fuente de energía renovable que utiliza la radiación solar para producir electricidad, mediante un dispositivo llamado célula fotovoltaica. Este tipo de energía permite alimentar aplicaciones y aparatos autónomos o que se encuentren en zonas donde la conexión a la electricidad comercial sea imposible. En la actualidad el uso de este tipo de energía renovable se ha ampliado llegando, incluso, a zonas con electrificación comercial, esto gracias a programa de incentivos económicos en un gran número de países. Es así como la energía solar se ha convertido en la tercera fuente de energía renovable más importante, y se tiene estimado que el 2017 se hayan instalados cerca de 300 GW de potencia en todo el mundo.

### **2.2.3. Celdas solares**

La energía solar se puede transformar directamente en electricidad mediante células fotovoltaicas. Este proceso se basa en la aplicación del efecto fotovoltaico, que se produce al incidir la luz sobre unos materiales denominados semiconductores; de esta manera se genera un flujo de electrones en el interior del material que puede ser aprovechado para obtener energía eléctrica. La vida útil media a máximo rendimiento se sitúa en torno a los 25 años, período a partir del cual la potencia entregada disminuye por debajo de un valor considerable.

El material más utilizado en la actualidad para la fabricación de células fotovoltaicas es el silicio, que es el material más abundante en la tierra después del oxígeno; la combinación de ambos forma el 60% de la corteza terrestre. Tradicionalmente han coexistido tres tipos de células de silicio:

- a. Silicio monocristalino: utiliza lingotes puros de silicio (los mismos que utiliza la industria de chips electrónicos). Son los más eficientes, con rendimientos superiores al 12%.
- b. Silicio policristalino: se fabrica a partir de restos de piezas de silicio monocristalino. Su rendimiento es algo inferior pero su menor coste ha contribuido enormemente a aumentar su uso.
- c. Silicio amorfo: Se obtiene por deposición de capas delgadas sobre vidrio. El rendimiento es bastante menor que los anteriores, por lo que su uso se limita a aplicaciones de pequeña potencia como calculadoras, relojes, etc.



#### **2.2.4. Paneles fotovoltaicos**

Al grupo de células fotovoltaicas se le conoce como panel fotovoltaico. Los paneles fotovoltaicos consisten en una red de células solares conectadas como circuito en serie para aumentar a tensión de salida hasta el valor deseado (usualmente se utilizan 12V o 24V).

Comercialmente es posible encontrar paneles desde 10 watts hasta de 250 watts, aunque de necesitar mayor potencia se podrá realizar arreglos serie paralelo, por ejemplo si se desea duplicar el voltaje se unen dos paneles idénticos en serie; si se desea duplicar la corriente, se unen dos paneles idénticos en paralelo. Esto resulta sencillo gracias a que en la mayoría de marcas trae consigo conectores MC4.

Se debe considerar que no todos los paneles solares son iguales, aunque su capacidad pueda ser la misma, esto debido al material de las celdas solares, tipo de soldadura, grado de protección del chasis, entre otros; cómo mínimo se debe tener en cuenta los siguientes parámetros para elegir un panel solar:

- a. Potencia de salida: es la potencia que entrega los paneles solares.
- b. Voltaje a potencia máxima: Es el voltaje que entrega cuando se conecta la carga que consume la potencia máxima.
- c. Voltaje en circuito abierto: Es el voltaje que se puede medir cuando no se conecta ninguna carga.
- d. Corriente en corto Circuito: Es la corriente que circula cuando se unen los terminales MC4 del mismo panel. Esta acción no se debe realizar ya que probablemente los

conectores se derritan por el alto calor que produce la corriente circulante.

e. **Máximo Voltaje en Arreglo:** Limita las conexiones máximas en serie.

f. **Máxima Corriente de Fusible:** Limita las conexiones máximas en paralelo.

### **2.2.5. Controlador de carga solar**

Es un dispositivo que controla la carga que proviene de los paneles solares a la batería, comúnmente ambos circuitos deben estar a 12 voltios. Además, permite administrar la carga almacenada en las baterías para que pueda ser utilizada bajo ciertas circunstancias, por ejemplo que permita la salida de carga por la noche (ausencia de luz solar).

Este dispositivo es importante para conservar el óptimo funcionamiento de las baterías, ya que impide que la carga solar ingrese cuando la batería está totalmente cargada, tampoco permite que la batería sea utilizada por debajo del 60 % de su capacidad, por lo que no se degradará más de lo habitual, y conservará el tiempo de vida que indica el fabricante.

### **2.2.6. Telemetría**

Los sistemas de telemetría permiten capturar magnitudes físicas, procesarlas y enviarlas a distancia mediante algún medio de comunicación inalámbrica (ondas de radio, redes celulares, satélite, etc). Esta información es recibida por el centro de control que interpretan y actúan sobre el objeto monitoreado.

La telemetría es utilizada en diversos campos tales como plantas químicas, redes de suministro eléctrico, submarinos, drones, aviones de reconocimiento, satelitales entre otros.

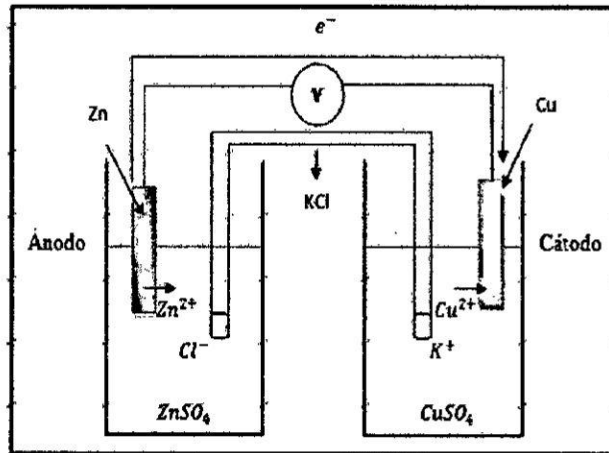
### **2.2.7. Batería**

La batería es un dispositivo que almacena energía en forma electroquímica y es la más ampliamente usada para almacenar energía en una variedad de aplicaciones. Existen dos tipos básicos de batería:

- a. **Batería Primaria:** Su reacción electroquímica es irreversible, es decir, después de que la batería se ha descargado no puede volver a cargarse.
- b. **Batería Secundaria:** Su reacción electroquímica es reversible, es decir después de que la batería se ha descargado puede ser cargada inyectándole corriente continua desde una fuente externa. Su eficiencia en un ciclo de carga y descarga está entre el 70% y 80%.

En general el funcionamiento de una batería, se basa en una celda electroquímica. Las celdas electroquímicas tienen dos electrodos: El Ánodo y el Cátodo. El ánodo se define como el electrodo en el que se lleva a cabo la oxidación y el cátodo donde se efectúa la reducción. Los electrodos pueden ser de cualquier material que sea un conductor eléctrico, como metales, semiconductores. Se observa el principio básico de una batería (véase la figura N° 2.1), así como el flujo de electrones a través de los terminales Cátodo o Ánodo.

Figura N° 2.1: Funcionamiento de una batería



Fuente: Elaboración propia

Tres características que definen una batería:

- La cantidad de energía que puede almacenar: El número de Wh puede calcularse multiplicando el valor del voltaje nominal por el número de Ah.
- La máxima corriente que puede entregar (descarga): Se especifica como un número fraccionario, por ejemplo para  $C=200(\text{Ah})$  una de tipo  $C/20=20^{\text{a}}$  quiere decir que la batería pueda entregar  $10^{\text{a}}$  por 20 horas.
- La profundidad de descarga que puede sostener: Representar la cantidad de energía que puede extraerse de una batería. Este valor está dado en forma porcentual.

### 2.2.8. Tipos de baterías

Existen diferentes de batería debido a su composición, peso, capacidad. Se observa una comparación con los parámetros más importantes de las baterías más disponibles en el mercado (véase la tabla N° 2.1).

Tabla N° 2.1: Características de los tipos de baterías más comerciales

Tipo	Energía/ peso	Tensión por elemento (V)	Duración (número de recargas)	Tiempo de carga	Auto-descarga por mes (% del total)
Plomo	30-50 Wh/kg	2 V	1000	8-16h	5%
Ni-Cd	48-80 Wh/kg	1,25 V	500	10-14h	30%
Ni-Mh	60-120 Wh/kg	1,25V	1000	2h-4h	20%
Li-ion	110-160 Wh/kg	3,16 V	4000	2h-4h	25%
Li-Po	100-130 Wh/kg	3,7 V	5000	1h-1,5h	10%

Fuente: Baterías. [www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos\\_mo.php?it=3134](http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=3134)

### 2.2.9. Batería de Plomo Ácido

Batería de plomo ácido es el tipo de batería recargable más común por su buena relación de desempeño costo aunque es la de menor densidad de energía por peso y volumen. Esta batería cuenta con varias versiones:

- a. La versión shallow-cycle o de ciclo corto es usada en automóviles, en los cuales se necesita una corta explosión de energía que es forzada desde la batería para encender el motor.
- b. La versión Deep-cycle o de ciclo profundo, diseñada para repetidos ciclos de carga y descarga.
- c. La mayoría de las aplicaciones requiere este tipo de baterías.
- d. La versión sellada "gel-cell" con aditivos, los cuales vuelven el electrolito en un gel anti-derrames, está pensada para ser montada de lado o de invertido pero su alto costo la limita aplicaciones en aviones militares.

### 2.2.10. Inversor de corriente DC – AC

Para transformar la electricidad producida por un panel solar fotovoltaico (corriente continua) en electricidad con

las mismas características que la de la red eléctrica (corriente alterna a 230 voltios y frecuencia de 50HZ), se necesita un inversor. Existen diferentes tipos de inversores, con lo que es recomendable escogerlo en función del tamaño de la instalación. La potencia del inversor es la que se toma como potencia nominal de la instalación expresándose en vatios (W). La suma de las potencias de todos los módulos fotovoltaicos que constituyen la instalación se denomina potencia pico, con unidad WP. La potencia del inversor suele ser entre un 10% y un 20% menor que la potencia pico de la instalación. El inversor se instala entre el generador fotovoltaico y el punto de conexión a la red.

#### **2.2.11. Tecnología GSM**

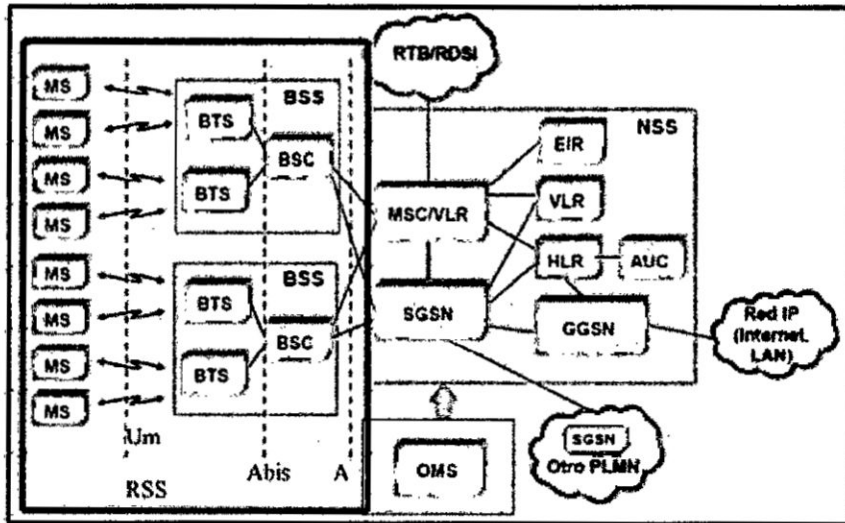
Formalmente conocida como global sistema for mobile communication es un estándar mundial para teléfonos móviles digitales creado por la SEPT y posteriormente desarrollado por el ETSI como una estándar para los teléfonos móviles europeos, con la intención de desarrollar una normativa que fuera adoptada mundialmente. El estándar es abierto, no propietario y evolutivo (aun en desarrollo) y es el estándar predominante en Europa, así como el mayoritario resto del mundo.

GSM tiene cuatro versiones principales basadas en las bandas: GSM-850, GSM-900, GSM-1800 y GSM-1900, GSM-900 (900 MHz) y GSM-1800(1,8 GHz) son utilizadas en la mayor parte del mundo salvo en EEUU, Canadá y el resto del américa latina, lugares en los que se utilizan las bandas de GSM-850 y GSM-1900 (1,9 GHz), ya que en EEUU las bandas de 900 y 800 MHz están ya ocupadas

para uso militar. Inicialmente, GSM utilizó la frecuencia de 900 MHz, pero tras su rápida expansión pronto se saturó el espacio radioeléctrico entorno a esa frecuencia por lo que las redes de telecomunicación pública empezaron a utilizar las frecuencias de 1800 a 1900 MHz, con lo cual es habitual que los equipos móvil de hoy en día sean tri banda.

El único servicio ofrecido por GSM y que no se encuentra en los sistemas analógicos más antiguos, es el que realmente nos interesa para este proyecto, el servicio de mensajes cortos por SMS (short message service), SMS es un servicio bidireccional para mensajes alfanuméricos cortos (hasta 160 bytes). Se muestra la arquitectura de una red GSM (véase la figura N° 2.2) y sus principales componentes.

Figura N° 2.2: Arquitectura de una red GSM



Fuente: Red GSM. [bibing.us.es/proyectos/abreproy/11141/fichero/PFC%252F4+Red+GSM.pdf](http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11141/fichero/PFC%252F4+Red+GSM.pdf)

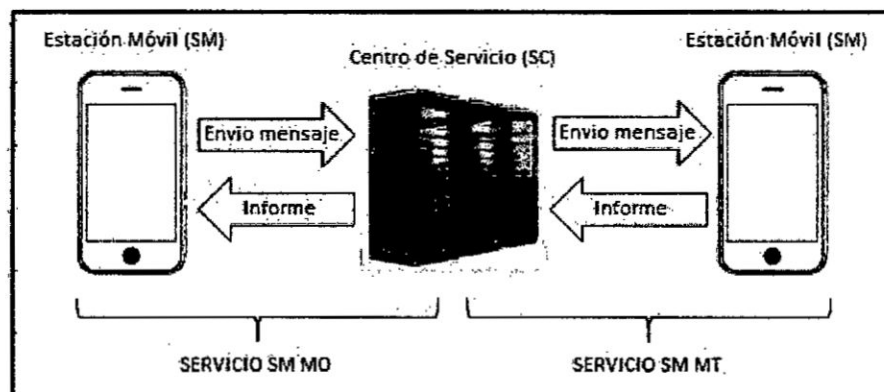
### 2.2.12. Short Message Service – SMS

El servicio SMS (short message service) permite transferir un mensaje de texto corto (160 caracteres) entre una

estación móvil y otra entidad a través de un centro de servicio. El servicio final ofrecido es una comunicación extremo-extremo entre la estación móvil y la entidad (véase la figura N° 2.3). La entidad puede ser otra estación móvil o puede estar situado en una red fija. En el caso de envío de mensaje entre dos móviles, ambas partes son estaciones móviles.

- a. SM MT (short message mobile terminate point-to-point).  
Servicio de entrega de un mensaje desde el SC hasta un SM, la respuesta es un informe del obtenido.
- b. SM MO (short message mobile originated point-to-point).  
Servicio de entrega de un mensaje desde una SM hasta un SC, la respuesta es un informe de lo obtenido.

Figura N° 2.3: Proceso de transmisión de un mensaje SMS



Fuente: Elaboración propia

### 2.2.13. Comandos AT

Toda transacción comienza con las letras "AT" y a continuación de una acción que se encuentran definidas en un juego de instrucciones, los equipos procesan esta información y devuelven un resultado.

El lenguaje ha sido diseñada para configurar MODEMS, los equipos GSM han adoptado muy bien estos comandos, por



lo que la gran mayoría de celulares poseen un juego de instrucciones con la cual se realizan ejecuciones mediante el equipo, es decir es posible realizar llamadas y enviar mensajes SMS. Debido a que los servicios que se pueden utilizar mediante comandos AT (véase la tabla N° 2.2), se extendieron, razonablemente, se realizó una ampliación sumando nuevos comandos.

Tabla N° 2.2: Lista de comandos AT del módulo SIM900

Comando	Descripción
<b>AT</b>	Verifica si el módulo SIM900 está funcionando adecuadamente para entrar en modo comando.
<b>AT+CGMI</b>	Retorna el nombre del fabricante
<b>ATI</b>	Retorna la información del producto
<b>AT+IPR=?</b>	Retorna el Baud Rate que puede operar el SIM
<b>AT+IPR?</b>	Retorna el Baud Rate actual
<b>AT+IPR=XXXX</b>	Configura la frecuencia deseada
<b>AT+COPS?</b>	Retorna el nombre de la compañía Telefónica
<b>AT+CGSN</b>	Visualiza el IMEI del chip utilizado
<b>AT+CSCS?</b>	Selecciona el tipo de texto
<b>AT+CSCS="XXX"</b>	Configura a tipo de texto
<b>AT+CMGF?</b>	Retorna formato de un mensaje, ya sea PDU(0) o SMS(1)
<b>AT+CMGS=04455XXXXX</b>	Envía un SMS. El módulo reconoce Ctrl+Z y retorna "OK" si el SMS se envió correctamente
<b>AT+CMGL=ALL</b>	Retorna todos los mensajes que han llegado al SIM
<b>ATD04455XXXXX;</b>	Ejecuta una llamada cualquier teléfono móvil, el teléfono deberá estar en formato internacional
<b>ATA</b>	Contesta una llamada
<b>ATH</b>	Cuelga una llamada
<b>AT+CPAS</b>	Retorna el estado del MÓDEM.
<b>AT+CSQ</b>	Retorna a calidad de la señal
<b>AT+CMCF</b>	Selecciona el formato de los mensajes SMS (Modo texto o modo PDU)
<b>AT+CMGR</b>	Lee un mensaje SMS almacenado
<b>AT+AMGS</b>	Envía mensajes SMS

Fuente: Anexo comandos AT. [www.prometec.net/comandos-at-gsm-gprs-gps/#](http://www.prometec.net/comandos-at-gsm-gprs-gps/#)

#### **2.2.14. Microcontroladores**

Los microcontroladores son computadores digitales integrados en un chip que cuenta con un microprocesador o unidad de procesamiento central (CPU), una memoria para almacenar el programa, una memoria para almacenar datos y pines de entrada/salida. A diferencia de los microprocesadores de propósito general, como los que usa en los computadores PC, los microcontroladores son unidades autosuficiente y económicas.

El funcionamiento de los microcontroladores está determinado por el programa almacenado en su memoria. Este puede escribirse en distintos lenguajes de programación, sin embargo los microcontroladores solo procesan datos binarios, la transformación del lenguaje de programación a datos binarios lo realizan el compilador y el grabador de datos. Además, la mayoría de los microcontroladores actuales pueden reprogramarse repetidas veces.

Los microcontroladores incorporan, principalmente una unidad lógica aritmética (ALU), memoria del programa, memoria de registros y pines Y/O. la ALU es la encargada de procesar los datos dependiendo de las instrucciones que se ejecuten, mientras que los pines son los que se encargan de comunicar al microcontrolador con el medio externo; la función de los pines puede ser de transmisión de datos, y alimentación de corriente para el funcionamiento de este o pines de control específico.

#### **2.2.15. PIC C Compiler**

Es un software desarrollador por la manera CSS (véase la figura N° 2.4), está diseñado específicamente para los

Microcontroladores PIC y cada aspecto del software esta optimizado para programar a este tipo de microcontroladores, a diferencia de otros compiladores estándar, incluye librerías, numerosas funciones de pre-procesamiento y la mayor biblioteca de funciones incorporadas. Esto proporciona un acceso único a los programadores de Microcontroladores PIC a características de hardware con un lenguaje de programación de alto nivel basado en C.

Figura N° 2.4: Manual de referencia del software PIC MCU



Fuente: Books. [www.ccsinfo.com/books.php](http://www.ccsinfo.com/books.php)

#### **2.2.16. Simulador ISIS Proteus**

PROTEUS es un software de simulación para circuitos eléctricos tanto análogos como digitales además de que te permite crear el layout del PCB y visualizarlo en 3D. Se compone en cuatro módulos principales

- a. ISIS: es el encargado de realizar el modelo esquemático del circuito, para ello cuenta con una Librería de más de 6,000 dispositivos tanto analógicos como digitales.
- b. ARES: se encarga de hacer la placa de circuito impreso (PCB) además de que puede posicionar automáticamente los componentes y hacer las pistas.
- c. PROSPICE: tal vez el componente más importante, pues se encarga de simular el comportamiento del circuito.
- d. VSM: Permite simular el comportamiento de un micro-controlador de las familias PIC, AVR y otras, solo le cargas el archivo HEX y PROTEUS lo simula, además puede interactuar con diferentes periféricos.

## **2.3. Definición de términos**

### **2.3.1. PIN**

En electrónica, se denomina pin, palabra inglesa que significa "clavija", a la terminal o patilla de cada uno de los contactos metálicos de un conector o de un componente fabricado de un material conductor de la electricidad. Estos se utilizan para conectar componentes sin necesidad de soldar nada, de esta manera se logra transferir electricidad e información.

Para determinar la misión de cada uno de los pines de un dispositivos, se deberá consultar sus respectivas hojas de datos o datasheet.

### **2.3.2. ADC**

Analog-digital converter es un circuito electrónico que convierte señales analógicas a números digitales discretos (ADC). La operación contraria es realizada por un conversor digital-analógico (DAC).

Generalmente, un conversor analógico- digital es un dispositivo electrónico que convierte una entrada analógica de voltaje a un número digital. La salida digital puede utilizar diferentes esquemas de codificación, como binario, o complemento de dos binario. La resolución de un conversor indica el número de valores discretos que este puede producir sobre un rango de valores de voltaje. Generalmente es expresado en bits.

La resolución puede también ser definida eléctricamente y expresarse en volts. La resolución de voltaje de un conversor es equivalente a su rango total de medida de voltaje dividido el número de valores discretos.

### **2.3.3. VCC**

Proviene de la palabra en inglés Collector Supply voltaje, el cual es muy utilizado para referirse a pin de alimentación positiva de un circuito integrado. Comúnmente admite voltaje estándar como 12 voltios, 9 voltios, 5 voltios y 3.3 voltios.

### **2.3.4. GND**

Históricamente la palabra proviene del conductor de referencia más grande posible: el planeta Tierra y su traducción al inglés ground. Es usado para nombrar al pin negativo de un circuito eléctrico pero también para referirse a los puntos que tienen potencial eléctrico igual a cero.

## **III. VARIABLES E HIPÓTESIS**

### **3.1. Definición de las variables**

De acuerdo a la hipótesis planteada, se estableció la relación de las variables de la investigación, las cuales son:

### 3.1.1. Variables dependientes

Variable Y = Medida Variables Fotovoltaicas

### 3.1.2. Variables independientes

Variable X = Modelo de Sistema Telemetría GSM.

## 3.2. Operacionalización de Variables

Establecido las variables de la investigación, se consideraron los indicadores, que se muestran en la tabla siguiente:

**Variable X = Modelo de Sistema Telemetría GSM.**

Tabla Nº 3.1: Lista de variables independientes

Ítem	Nombre del Indicador	Formulación del Indicador	Variable
1	$\Delta VK$ : Variación de Tensión	$\Delta V_K (\%) = \frac{(V_K - V_N)}{V_N} \times 100\%$	X <sub>1</sub>
2	<b>NIC</b> : Número de interrupciones promedio por cliente	$NIC = \frac{\sum C_i}{C_T}$	X <sub>2</sub>
3	<b>DIC</b> : Duración ponderada acumulada de interrupciones promedio por cliente	$DIC = \frac{\sum (C_i \times d_i \times K_i)}{C_T}$	X <sub>2</sub>
4	<b>N por alimentador MT</b> : Número total de Interrupciones originadas fuera de la SER por alimentador MT	Cuenta interrupciones por alimentador MT por SER	X <sub>3</sub>

Fuente: Elaboración propia

**Variable Y = Medida Variables Fotovoltaicas**

Tabla N° 3.2: Lista de variables dependientes

Ítem	Nombre del Indicador	Formulación del Indicador	Variable
1	<b>CCTR:</b> Cumplimiento del control de la calidad de tensión	CCTR: El indicador considera el cumplimiento de: - Número de Mediciones Tensión - Cálculo de Indicadores - Pago de Compensaciones - Entrega de Información requerida - Supervisión de Campo	Y <sub>1</sub>
2	<b>CCSR:</b> Cumplimiento del control de la calidad de Suministro	CCSR: El indicador considera el cumplimiento de: - Registro de Interrupciones - Cálculo de Indicadores - Pago de compensaciones	Y <sub>2</sub>
3	<b>CCCR:</b> Cumplimiento del control de la calidad de Comercial	CCSR: El indicador considera el cumplimiento de: - Número de Contrastes - Cálculo de Indicador - Entrega de Información requerida - Supervisión de campo	Y <sub>3</sub>
4	<b>CCAR:</b> Control de la calidad de Alumbrado Público	CCSR: El indicador considera la cantidad de: - Reclamos por AP	Y <sub>4</sub>

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Hipótesis general e hipótesis específica

#### 3.3.1. Hipótesis general

El modelo mediante un Sistema de Telemetría con tecnología GSM se permitirá el Monitoreo de Variables Fotovoltaica en poblaciones Domesticas Rurales.

#### 3.3.2. Hipótesis específica

- a. Utilizando un microcontrolador se puede obtener las variables eléctricas fotovoltaicas.
- b. Utilizando una tarjeta GSM/GPRS se puede transmitir la

data mediante un SMS.

- c. Utilizando una tarjeta GSM/GPRS se puede recibir la data de un SMS.
- d. Diseñando una interfaz gráfica en Visual Basic se puede monitorear las variables eléctricas fotovoltaicas.

## **IV. METODOLOGÍA**

### **4.1. Tipo de Investigación**

El Tipo de investigación es Descriptiva y aplicada, debido a que se tomará en consideración los indicadores ya establecidos en la Normativa para Telemetría Respectiva y que se aplican para el control de la calidad del servicio actualmente en el país.

### **4.2. Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación está orientada a la mejora del monitoreo de variables fotovoltaicas en poblaciones rurales mediante un modelo telemétrico controlado por la Tecnología GSM, esto permita monitorear el estado de la calidad rural en periodos semestrales. Está encargado de obtener los parámetros eléctricos del sistema fotovoltaico, mediante conversión de señales analógicas a señales digitales, sensor de temperatura para baterías y sensor de corriente alterna. Se procesó estos parámetros, concateno una cadena de texto basada en los parámetros principales; se envió esta información al módulo emisor /receptor mediante comandos AT; y se envió los datos a través de SMS. Se recibió los datos en el módulo receptor y se visualizó los datos en una interfaz gráfica realizada en Visual Basic.

El diseño del sistema de telemetría se divide en dos módulos con funciones específicas:

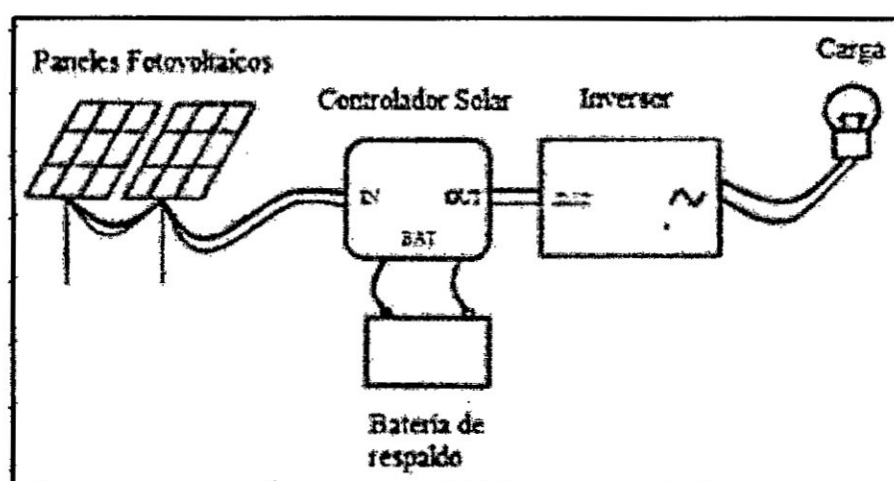
- a. Módulo de adquisición de datos
- b. Módulo emisor/receptor



#### 4.2.1. Módulo de adquisición de datos

El diseño de este módulo considera los parámetros eléctricos necesarios para la detección de problemas en los sistemas fotovoltaicos domésticos. Para ello se ha identificado el diagrama general de una instalación doméstica en zonas rurales (véase la figura N° 4.1).

Figura N° 4.1: Diagrama general de una instalación doméstica en zonas rurales



Fuente: Elaboración propia

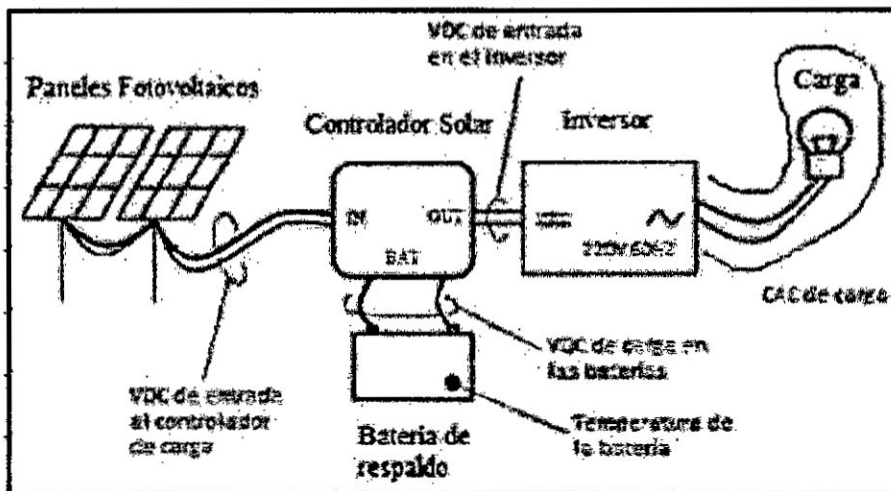
- a. **Voltaje de entrada al controlador de carga:** Esta variable determina el funcionamiento del sistema fotovoltaico.
- b. **Voltaje de carga en las baterías:** Es el voltaje que el controlador entrega a las baterías, regula el voltaje de entrada para cargar a la batería de manera correcta.
- c. **Temperatura de la batería:** La temperatura de las baterías está ligado directamente a la vida útil de la misma, la temperatura de la batería debe oscilar entre  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Para poder medir esta variable, es necesario un sensor que transforme la temperatura en una variable eléctrica.
- d. **Voltaje de entrada en el inversor:** Es el voltaje continuo y estable que proviene del controlador e ingresa al inversor,

este voltaje debe estar por encima de 11.4 VDC según las especificaciones técnicas del fabricante.

- e. **Corriente consumida por la carga:** Es el consumo de corriente que la carga requiere para funcionar. Es necesario de un sensor de corriente alterna.
- f. **Código de instalación fotovoltaica:** todas las instalaciones fotovoltaicas que implementen el sistema de monitoreo deben estar identificadas con un número de 4 dígitos, servirá para que el receptor pueda identificar de que instalación previenen estos valores.

Los parámetros anteriormente descritos son parte del sistema fotovoltaico (véase la figura N° 4.2).

Figura N° 4.2: Variables a medir por el módulo de adquisición de datos



Fuente: Elaboración propia

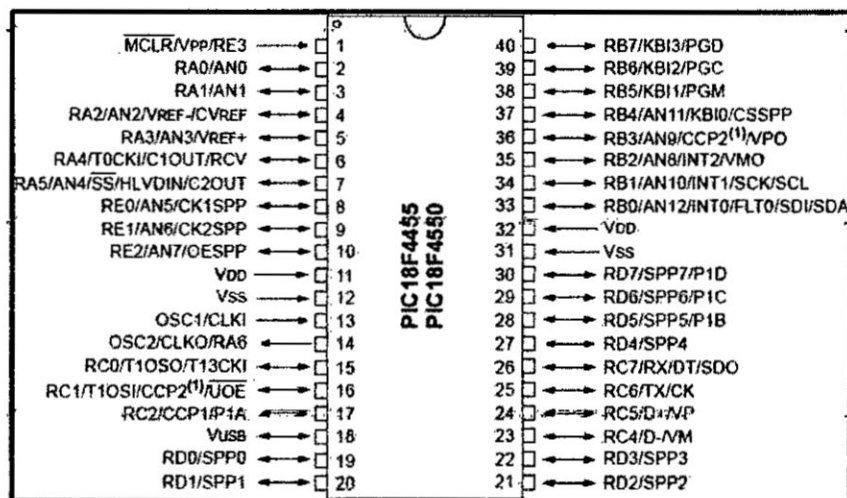
Se realizó las mediciones a través de un conversor analógico digital, está integrado en un microcontrolador. Se escogió el microcontrolador PIC 18F4550 por la cantidad canales analógicos, la resolución de la señal y la velocidad del procesador.

### a. Microcontrolador PIC 18F4550

Es un microcontrolador de la familia de gama alta de microchip, cual consta de 40 pines físicos y una memoria de programa de 32 KB (véase la figura N° 4.3), las características técnicas de dispositivo se describen a continuación:

- ✓ Microcontrolador con modulo USB 2.0.
- ✓ 35pines Y /O disponibles
- ✓ Oscilador externo de dos modos hasta 48 MHz
- ✓ ADC de 10 Bits y 13 canales: permite una mayor resolución en las lecturas de los voltajes análogos.
- ✓ Tecnología nano watt
- ✓ USAR, SPP
- ✓ SPI, I<sup>2</sup>C
- ✓ Función del pin MCLR opcional
- ✓ Brown-out Reset de valor programable

Figura N° 4.3: Microcontrolador PIC 18F4550 y PIC 18F4455

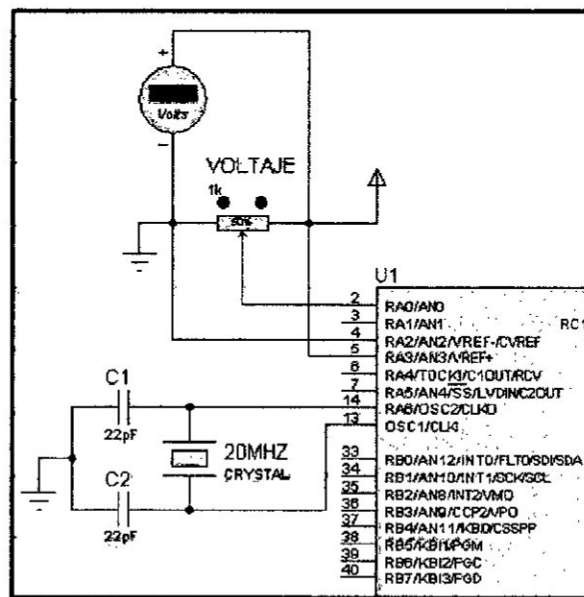


Fuente: PIC 18F4550. [ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf)

## b. Adquisición de Datos

La resolución de lectura ADC está configurada para trabajar con 10 bits (valores que van del 0 a 1023) el cual es compatible con el microcontrolador seleccionado. En la figura 9 se observa el diagrama de conexión para una lectura análoga por el pin AN0 del Microcontrolador (véase la figura N° 4.4), el viaje variable a medir está representado por un potenciómetro utilizado como divisor de tensión, así mismo el microcontrolador está conectado con su respectivo oscilador de 20 MHz:

Figura N° 4.4: Diagrama de conexión para lectura por el pin AN0



Fuente: Elaboración propia

La configuración se realiza por cada variable monitoreada del sistema fotovoltaico. Sin embargo para las variables que no corresponden a voltajes continuos (Temperatura de la Batería y Corriente alterna de la carga) de hacen uso de dos sensores.

### c. Sensor de Temperatura para Baterías

El sensor NTSA0XH103 es un sensor de tipo termistor NTC (Disminuye su resistencia cuando la temperatura aumenta), de resistencia equivalente a 10KΩ a 25°C. Este sensor se conecta al terminal negativo de la batería y con ello se obtiene su temperatura aproximada. El resultado es una resistencia variable en sus terminales. La relación resistencia-temperatura se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$R_t = R_{\infty} * e^{\frac{-B}{T}}$$

Donde:

$R_t$  = Resistencia de la temperatura

$R_{\infty}$  = Resistencia de referencia, cuando la temperatura es infinita.

B = Constante característica del termistor, según fabricante: 3380.

T = Temperatura Absoluta.

En la práctica no es posible establecer una resistencia infinita para una temperatura infinita como referencia, por lo que el fabricante recomienda utilizar una referencia de 25°C (298.15 °K) la cual es de resistencia equivalente igual a 10KΩ. Entonces  $R_{\infty}$ , se reemplaza por  $R_{25}$ , la ecuación queda expresada de la siguiente manera.

$$R_t = R_{25} * e^{\frac{B}{T} - \frac{B}{T_{25}}}$$

Utilizando los valores de los parámetros que proporciona el fabricante y utilizando la constante B=3380 y reemplazando

en la ecuación 2 para obtener la ecuación de la resistencia equivalente del termistor como:

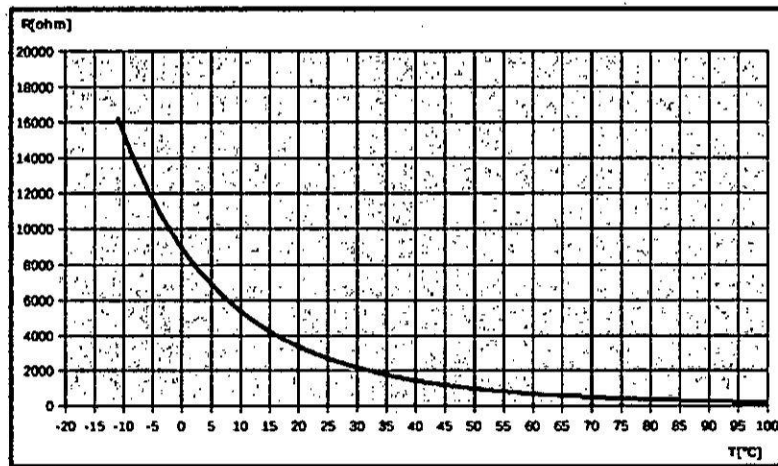
$$R_t = 100K\Omega * e^{\frac{4250}{T} - \frac{4250}{298.15}}$$

Se despeja la variable T:

$$T = \frac{3380}{\ln\left(\frac{R_t}{0.645}\right)}$$

Se observa la curva resistencia vs temperatura (véase la figura N° 4.5) característica del termistor NTC como resultado de la ecuación 4:

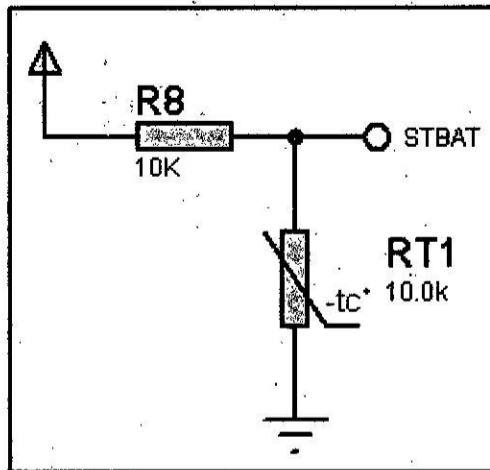
Figura N° 4.5: Curva característica de un termistor NTC



Fuente: NTC thermistor temperature sensors. madur.com/  
pdf/article/en/Thermistors\_EN.pdf

Para realizar la lectura de voltaje variable utilizando la resistencia variable del sensor, es necesario realizar un circuito divisor de voltaje (véase la figura N° 4.6).

Figura N° 4.6: Configuración de termistor como un divisor de voltaje



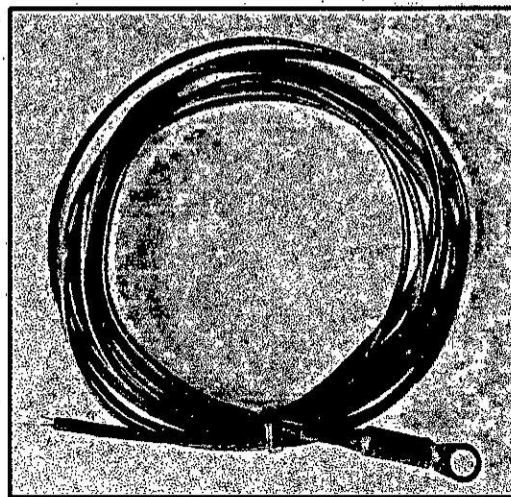
Fuente: Elaboración propia

$$\text{Voltaje} = 5 \frac{R_t}{R_t + 100K}$$

$$R_t = \frac{500000}{5 - \text{Voltaje}}$$

Se observa el sensor de temperatura NTSAXH103 en presentación tipo ojal (véase la figura N° 4.7).

Figura N° 4.7: Termistor en presentación de ojal para batería

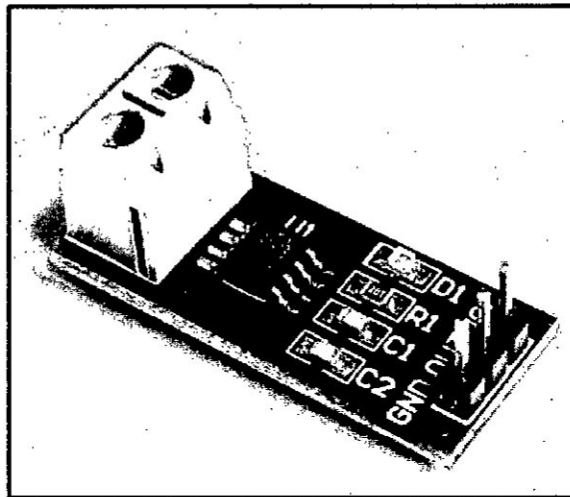


Fuente: NTC thermistor temperature sensors. madur.com/  
pdf/article/en/Thermistors\_EN.pdf

#### d. Sensor de Corriente Alterna

El sensor de corriente ACS712 (véase la figura N° 4.8) funciona internamente con un sensor de efecto Hall que detecta el campo magnético que se produce por inducción de la corriente que circula por la línea que está midiendo.

Figura N° 4.8: Sensor ACS712 en un módulo



Fuente: ACS712. [www.naylampmechatronics.com/blog/48\\_tutorial-sensor-de-corriente-ac712.html](http://www.naylampmechatronics.com/blog/48_tutorial-sensor-de-corriente-ac712.html)

El sensor de corriente ACS712 genera 2.5 voltios entre sus terminales GND y VCC para una corriente de 0A, a partir de allí incrementa proporcionalmente de acuerdo a la sensibilidad del sensor, teniendo una relación lineal entre la salida de voltaje del sensor y la corriente la cual resulta en una línea recta en una gráfica Voltaje vs Corriente donde la pendiente es sensibilidad y la intersección en el eje Y es 2.5 voltios.

La ecuación de la recta que proporciona el fabricante esta expresada en la siguiente ecuación.

$$V = m * I + 2.5$$



Dónde:

- ✓ “V” es el voltaje continuo que entrega el sensor.
- ✓ “m” es la sensibilidad del sensor la cual es igual a 185mV/A, según los datos que proporciona el fabricante.
- ✓ “I” la corriente a medir.

Reemplazando el valor de intensidad que indica el fabricante e igual a 185mV/A, la ecuación 7 queda expresada con:

$$V = 0.185 * I + 2.5$$

Se despeja I y se obtiene la ecuación final:

$$I = \frac{V - 2.5}{0.185}$$

Para la configuración del módulo del conversor análogo digital del microcontrolador es necesario establecer los límites de voltajes (véase la tabla N° 4.1) de entrada en los pines análogos de cada uno respectivamente.

Estos límites pueden estar definidos por hardware o software, para ello es necesario analizar los rangos de entradas de voltajes en los pines análogos.

Tabla N° 4.1: Voltajes min y max de las variables fotovoltaicas

Variable	Identificador	Voltaje mínimo (v)	Voltaje Máximo (v)
VDC de entrada al controlador de carga	PFV	0	19
VDC de carga en las baterías	BAT	11,4	14
VDC de entrada en el inversor	INV	0	12
Temperatura de la batería	STBAT	0	5
CAC de carga	ILOAD	2,5	5

Fuente: Elaboración propia

Con la información (véase la tabla N° 4.1), se definen los parámetros mínimos y máximos redondeados:

- ✓ Vref (-) = 0 voltios
- ✓ Vref (+) = 20 voltios

Se calcula la resolución de las lecturas analógicas en las entradas del microcontrolador, es decir el nivel mínimo que debe variar el voltaje análogo de entrada para un cambio en el valor entero digital en la conversión, es decir la sensibilidad:

$$\text{Resolución} = \frac{(V_{\text{ref}(+)} - V_{\text{ref}(-)})}{(\text{cantidad de números en 10 bits})} = \frac{20}{1024} \\ = 19,53 \text{ mV}$$

La operación de conversión análoga a digital del microprocesador, está representada por la siguiente ecuación:

$$\text{Valor (10 bits)} = 1024 + \left( \frac{V}{V_{\text{ref}(+)} - V_{\text{REF}(-)}} \right)$$

Donde:

- ✓ Valor (10bits): es el resultado digital de la lectura que varía entre 0 y 1023.
- ✓ V: voltaje análogo en la entrada del Microcontrolador, su valor varía entre 0 y 20 voltios.
- ✓ Vref(-) = 0 voltios
- ✓ Vref(+) = 20 voltios

#### **e. Circuito Electrónico del Módulo de Adquisición de Datos**

Para la protección del módulo de adquisición de datos es necesario utilizar un circuito regulador de voltaje, el cual

hace posible trabajar con 5v utilizando el voltaje proveniente del sistema fotovoltaico, se observa los resultados de las pruebas del dispositivo 78L05 (véase la tabla N° 4.2) extraídos de la hoja de datos del fabricante y su rango de operación.

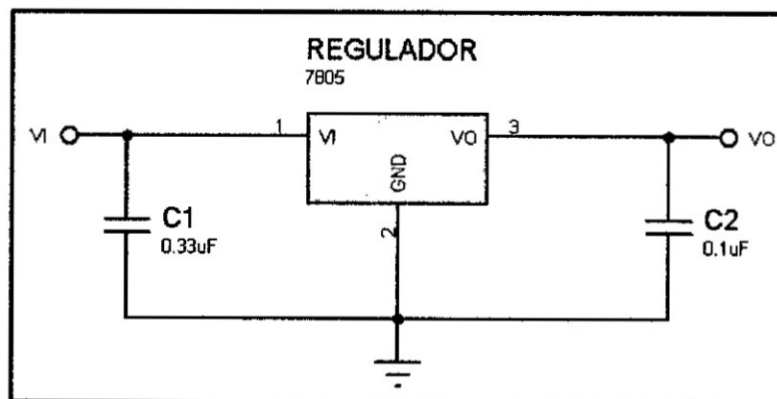
Tabla N° 4.2: Rangos de voltaje del dispositivo 78L05

Símbolo	Parámetro	Condiciones	Min.	Max	Uni
VO	Output Voltaje	IO=to 40 mA VI=7 to 20V	4.5	5.5	V
		IO=1 to 70mA VI=10 V	4.5	5.5	V

Fuente: 78L05. [html.alldatasheet.com/html-pdf/888512/SEMTECH\\_ELEC/78L05/862/1/78L05.html](http://html.alldatasheet.com/html-pdf/888512/SEMTECH_ELEC/78L05/862/1/78L05.html)

Adicionalmente el fabricante sugiere para mejorar la señal eléctrica, disminuir el rizado, colocar dos condensadores cerámicos 0.33uF y 0.1uF (véase la figura N° 4.9) uno en la entrada y otro en la salida.

Figura N° 4.9: Diagrama de conexión del regulador de tensión 78L05



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 4.3: Pines utilizados del PIC 18F4550

Definición	Identificador	Pin	Tipo	Numero
Alimentación Positiva	VCC	VDD	Alimentación	11
Alimentación Negativa	GND	VSS	Alimentación	12
Oscilador	-	OSC1	Oscilación	13
Oscilador	-	OSC2	Oscilación	14
Botón de reinicio general	MCLR	MCLR	Entrada	1
VDC de carga e las baterías	BAT	AN8	Entrada	35
Temperatura de la batería	STBAT	AN9	Entrada	36
VDC de entrada en el inversor	INV	AN10	Entrada	34
CAC de carga	I-LOAD	AN11	Entrada	37
VDC de entrada al controlador de carga	PFV	AN12	Entrada	33
Transmisión serial	SERIAL	TX	Salida	25
Recepción serial	SERIAL	RX	Entrada	26
Transmisión USB+	USB	D+	Entrada/Salida	24
Transmisión USB-	USB	D-	Entrada/Salida	23

Fuente: Elaboración propia

Para ejecutar el envío de información por el protocolo RS232 cada 6 horas, se hace uso del contador TIMER 1 del Microcontrolador PIC 18F4550. Este Microcontrolador posee cuatro contadores TIMER0, TIMER1; TIMER2 y TIMER3, sin embargo por la duración del tiempo que se necesita y la precisión de conteo el TIMER1, este resulta adecuado.

TIMER1 es un contador de 16 bits (de 0 a 65536) que utiliza la frecuencia del reloj externo de 20 MHz referencia y un pre-escalador para determinar el tiempo de los pasos de conteo. Cuando un contador supera su último valor admitido (en este caso 65536) se denomina desbordamiento u overflow. Para determinar cuánto tiempo demora al TIMER1 para desbordarse, el fabricante proporciona la siguiente fórmula:

Desbordamiento

$$= \frac{4}{f. \text{oscilador}} * \text{Pre - escalador} * (65536 - \text{TIMER1})$$

El Pre-escalador del TIMER1 retarda el desbordamiento por multiplicación del tiempo de pulso de reloj, es así como puede utilizar 1, 2, 4 u 8 pulsos de reloj por cada paso de conteo. El valor de TIMER1 puede configurarse para que no inicie un conteo desde el valor de 0, sino desde cualquiera de sus valores posibles (entre 0 y 1023).

Se determinar el tiempo máximo que demora TIMER1 en desbordarse, esto sucede cuando el pre-escalador sea el máximo posible, y el TIMER1 comience el conteo en 0:

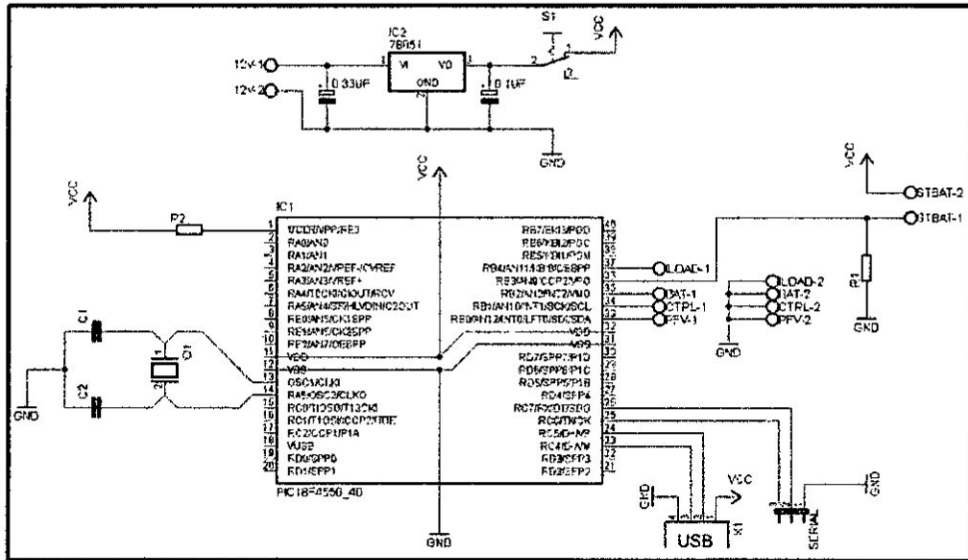
$$\frac{4}{20\text{Mhz}} * 8 * (65536 - 0) = 0,1048576 \text{ segundos}$$

El tiempo calculado no es suficiente para demorar las 6 horas que se requieren para evitar la información, por lo que en la ecuación 14 se convierte valor de horas a segundos, esto permite determinar las veces que se desborda el TIMER1 para el tiempo requerido:

$$\frac{6 \text{ horas}}{0.1048576 \text{ segundos}} = \frac{21,600 \text{ segundos}}{0.1048576 \text{ segundos}} \approx 206$$

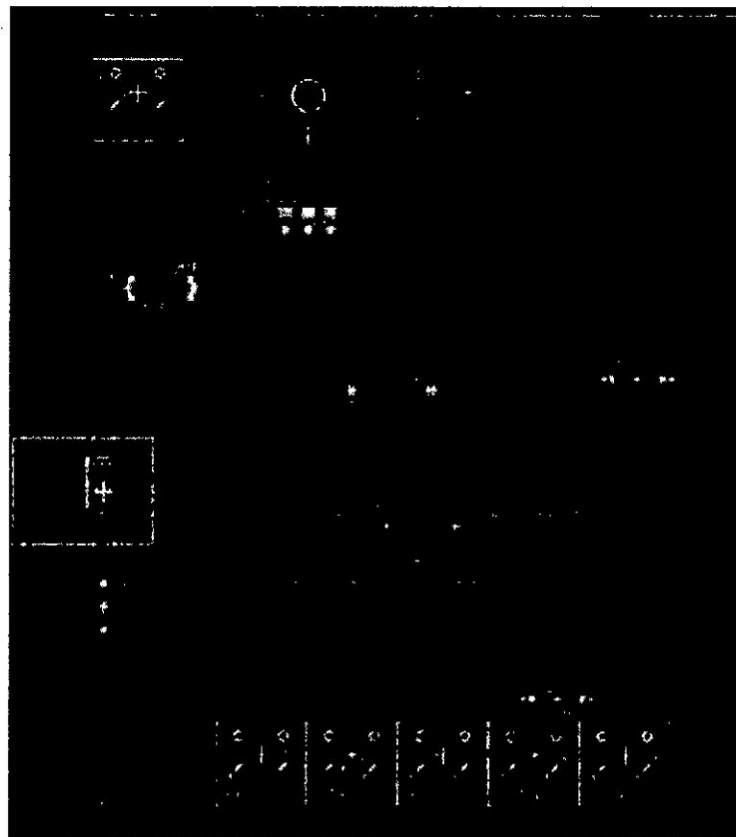
El desbordamiento de un contador es un vector de interrupción del microcontrolador 18F4550, es decir cada vez que el TIMER1 se desborda la secuencia de programación se interrumpe y "salta" a una subrutina predefinida, esto se explica con mayor detalle en el punto

Figura N° 4.10: Esquema del módulo en EAGLE



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 4.11: Diseño PCB del módulo en EAGLE

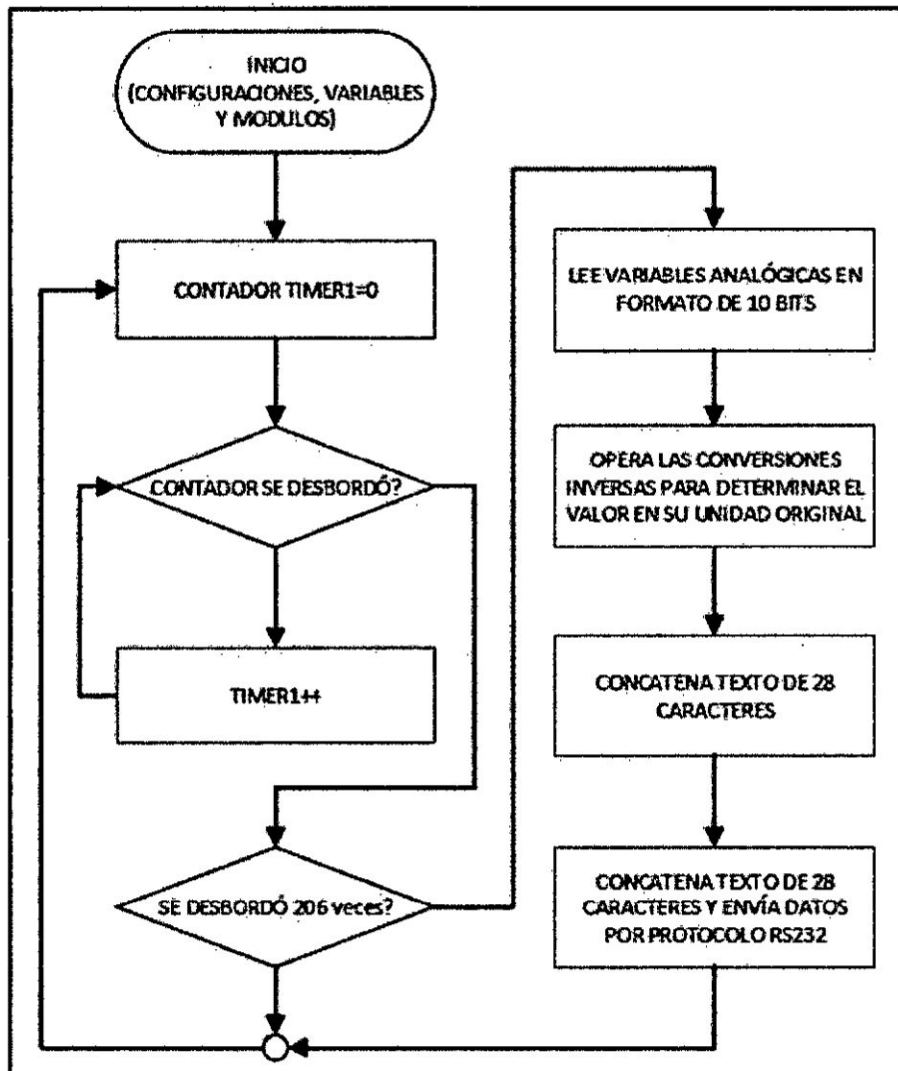


Fuente: Elaboración propia

### f. Programa del Módulo de Adquisición de Datos

Basado en el análisis previo sea elaborado un diagrama del flujo del módulo de Adquisición de Datos (véase la figura N° 4.12).

Figura N° 4.12: Diagrama de flujo del módulo de adquisición de datos



Fuente: Elaboración propia

El programa está elaborado en lenguaje de programación C++. Se observa el inicio del programa (véase la figura N° 4.13) con las configuraciones iniciales: tipo de microcontrolador, resolución del módulo ADC, frecuencia de

oscilación del reloj externo, configuración del módulo serial e inclusión de librerías necesarias

Figura N° 4.13: Segmento del programa, configuraciones iniciales del programa

```
#include <16f4550.h> //Definimos la librería del PIC a utilizar.
#define adc=10 //Establecemos la conversión analógica digital a 10 bits.
#FUSES HS,MCLR,FUS,BROWNOUT //Definimos las utilidades del PIC.
#use delay(clock=2000000) //El oscilador que estamos usando.
#use rs232(baud=9600,xmit=pin_c6,rcv=pin_c7,bits=8) //Velocidad serial.
#include <math.h>
```

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 4.14: Segmento del programa, variables del programa

```
float PFV_1,BAT_1, INV_1,STBAT_1,ILOAD_1,RT; //Declaración de variables auxiliares.
float PFV,BAT, INV,STBAT,ILOAD; //Declaración de variables del sistema.

long CODIGO=1243; //Codigo del sistema fotovoltaico.
long i=0; //Variable auxiliar.
```

Fuente: Elaboración propia

Se escriben las instrucciones necesarias para que se realice las lecturas analógicas (véase la figura N° 4.15) se configura el canal y luego se almacena el valor en una variable. Esto se realiza un canal a la vez.

Figura N° 4.15: Segmento del programa, lectura de señales analógicas

```
set_adc_channel(12); //Canal ANX a leer.
delay_us(20); //Tiempo de gracia para la lectura.
PFV_1=read_adc(); //Lectura almacenada en una variable.
delay_us(20);

set_adc_channel(10); //Canal ANX a leer.
delay_us(20); //Tiempo de gracia para la lectura.
BAT_1=read_adc(); //Lectura almacenada en una variable.
delay_us(20);

set_adc_channel(8); //Canal ANX a leer.
delay_us(20); //Tiempo de gracia para la lectura.
INV_1=read_adc(); //Lectura almacenada en una variable.
delay_us(20);

set_adc_channel(9); //Canal ANX a leer.
delay_us(20); //Tiempo de gracia para la lectura.
STBAT_1=read_adc(); //Lectura almacenada en una variable.
delay_us(20);

set_adc_channel(11); //Canal ANX a leer.
delay_us(20); //Tiempo de gracia para la lectura.
ILOAD_1=read_adc(); //Lectura almacenada en una variable.
delay_us(20);
```

Fuente: Elaboración propia



Almacenado las variables, se procede realizar la operación inversa para obtener el valor en su unidad de medida real:

$$\text{Valor (10 bits)} = 1024 * \left( \frac{V}{V_{\text{ref}(+)} - V_{\text{ref}(-)}} \right)$$

Se despeja el valor V:

$$V = \text{Valor (10 bits)} * \frac{(V_{\text{ref}(+)} - V_{\text{ref}(-)})}{1024}$$

Se reemplaza los parámetros  $V_{\text{ref}(+)}=20$  y  $V_{\text{ref}(-)}=0$ :

$$V = \text{Valor (10 bits)} * \frac{20}{1024}$$

Se aplica esta ecuación en el programa para PFV, BAT y CTR (véase la figura N° 4.16)

Figura N° 4.16: Segmento del programa, valores PFV, BAT, INV

```
PFV=PFV_1*20/1023;           //Conversión inversa de 10 bits a valor absoluto.
BAT=BAT_1*20/1023;         //Conversión inversa de 10 bits a valor absoluto.
INV=INV_1*20/1023;        // Conversión inversa de 10 bits a valor absoluto.
```

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo para los valores ILOD y STBAT, es necesario aplicar los factores de conversión de la relación voltaje – Magnitud, en la ecuación 8 se tiene:

$$V = 0.185 * I + 2.5$$

Se Despeja I y se obtiene la expresión final:

$$I = \frac{(V - 2.5)}{0.185}$$

Figura N° 4.17: Segmento del programa, valor ILOAD

```
ILOAD_1=ILOAD_1*5/1023; // Conversión inversa de 10 bits a valor absoluto.
ILOAD= (ILOAD_1 - 2.5)/0.165; // Aplicamos la ecuación anterior.
```

Fuente: Elaboración propia

$$R_t = \frac{500000}{5 - \text{Voltaje}}$$

$$T = \frac{4250}{\ln\left(\frac{R_t}{0.6475}\right)}$$

Figura N° 4.18: Segmento del programa, variable STBAT en °C

```
STBAT_1= STBAT_1*5/1023; // Conversión inversa de 10 bits a valor absoluto.
RI= STBAT_1*10000/ (5.0-STBAT_1); //Calculamos Rt.
STBAT_1=log(RI/10000.0);
STBAT_1=(1.0/298.15)+(STBAT_1*(1.0/3380.0)); // Hallamos la temperatura en K.
STBAT_1=1.0/STBAT_1;
STBAT=STBAT_1-273.15; //Realizamos la temperatura en °C.
```

Fuente: Elaboración propia

Obtenido los voltajes y procesados a números, es necesario sintetizar una cadena de información que incluyen estos datos y que serán enviados al módulo SIM9000 para el envío de esta información por SMS, se ha diseñado una cadena de texto la cual contiene veintiún (28) caracteres (véase la figura N° 4.19)

Figura N° 4.19: Forma sintetizada de la información transmitida

{XXXX}, {XX.XX}, {XX.XX}, {XX.XX}, {XX.XX}				
Código de instalación fotovoltaica	PFV	CTRL	INV	STBAT

Fuente: Elaboración propia

En la programación, para enviar los datos por el puerto serial, se utiliza el comando "printf", para ello se tiene en cuenta los comandos AT.

Figura N° 4.20: Segmento del programa, envió de información al módulo Emisor/Receptor

```
printf("AT+CMGF=1\r");
delay_ms(10);
printf("AT+CMGS=994389441\r");
delay_ms(10);
printf("%iD,%3.2f,%3.2f,%3.2f,%3.2f,%3.2f \r",CODIGO,PFV,BAT,INV,STBAT,ILOAD);
delay_ms(500);
putchar(0x1a);
```

Fuente: Elaboración propia

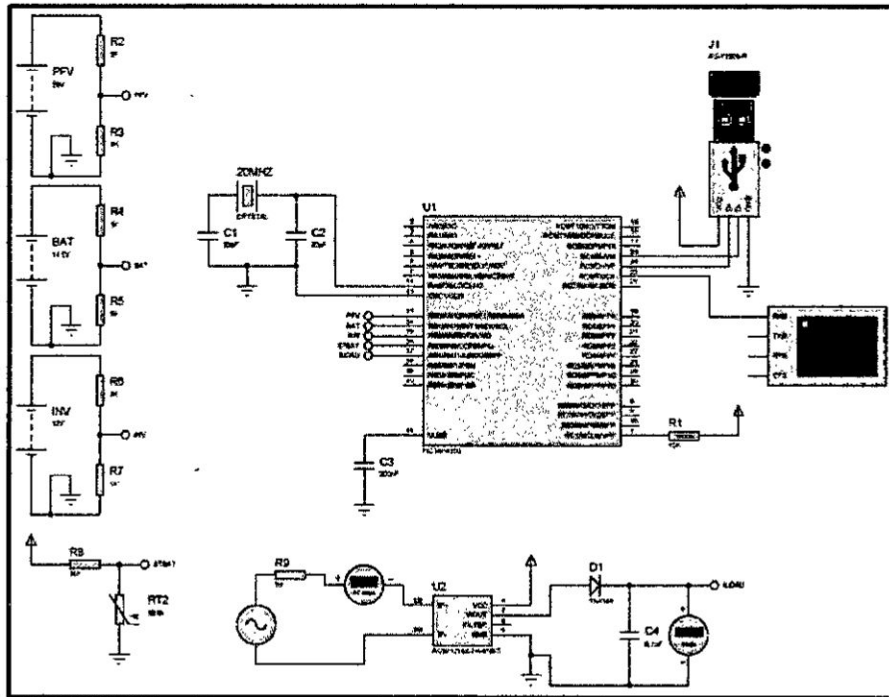
#### g. Simulación del Módulo de Adquisición de Datos

Se estableció los siguientes parámetros que son los valores promedios de lecturas de las variables críticas de un sistema fotovoltaico

- ✓ CODIGO=1234
- ✓ PFV = 19 voltios
- ✓ BAT = 14.5 Voltios
- ✓ INV = 12 Voltios
- ✓ STBAT = 29 °C
- ✓ ILOAD = 320Ma

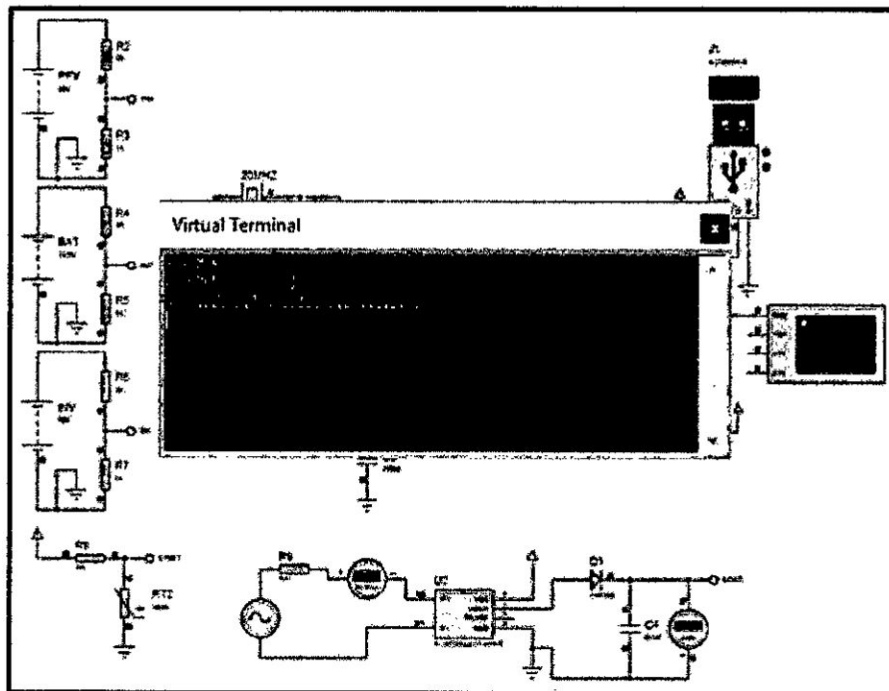
Se observan el circuito del Módulo de Adquisición de Datos (véase la figura N° 4.21). Así mismo se evidencia la conexión serial, en el cual se puede visualizar la trama enviada al Modulo Emisor/Receptor SMS

Figura N° 4.21: Circuito del módulo en PROTEUS



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 4.22: Simulación del módulo en PROTEUS



Fuente: Elaboración propia

#### **4.2.2. Modulo Emisor/Receptor**

El modulo emisor está compuesto básicamente por el controlador GSM SIM900 posee un puerto de comunicación serial por lo que no será necesario diseñar una interfaz entre el microcontrolador PIC 18F4550, el cual utiliza una tarjeta SIM de celular (comúnmente llamado CHIP) para realizar las mismas operaciones que un celular, aunque para efectos de este proyecto solo se utilizara la función de envió SMS con el contenido del texto en concatenado del módulo de adquisición de datos. Mientras que el modulo receptor, procesa inversamente el texto concatenado e inserta dicha información a una base de datos. Ambos módulos están diseñados para comunicarse a través del protocolo RS232 a través de comandos AT.

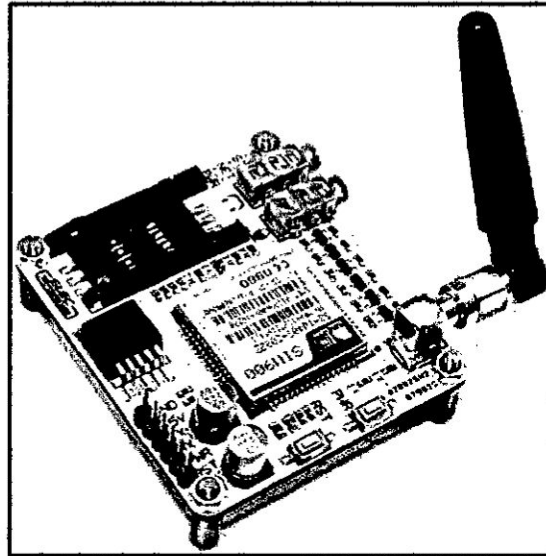
##### **a. GSM SIM 900**

SIMCom presenta un módulo SIM900-inalámbrica (véase la figura N° 4.23) ultra compacta y fiable. Este es un módulo GSM/GPRS completa de cuatro bandas, es un tipo SMT y diseñado con un muy potente procesador de un solo chip integrado AMR926EJ-S, Incorpora el protocolo por comandos AT+ para su uso.

Algunas de sus características son más relevantes son:

- ✓ Quad-Band 850/900/1900 MHz
- ✓ GPRS multi-slot clase 10/8
- ✓ GPRS estación móvil de clase B
- ✓ Control a través de los comandos AT (GSM 07,07,07,05 y SIMCOM mejorada Comandos AT)
- ✓ Suministro rango de voltaje: 3,2 ... 4,8 V
- ✓ Bajo consumo de energía: 1.0mA
- ✓ Temperatura de funcionamiento: -40 °C a 85 °C

Figura N° 4.23: SIM900 en presentación modular.

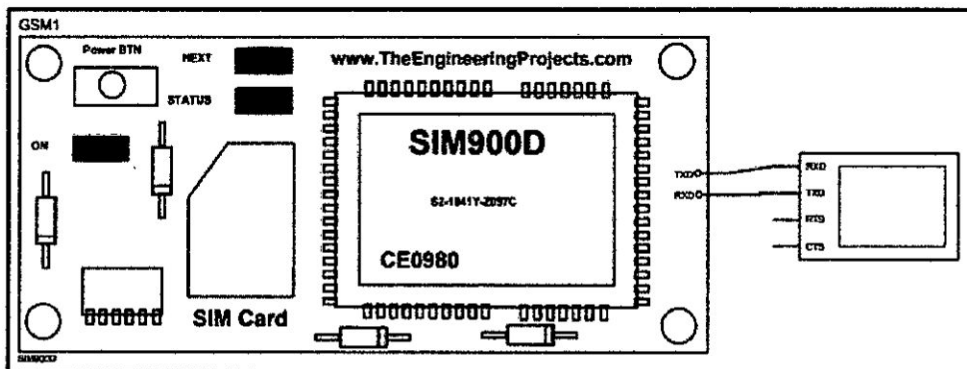


Fuente: SIM 900 GPRS/GSM Module. [www.micro4you.com/store/sim900-gprs/gsm-module.html](http://www.micro4you.com/store/sim900-gprs/gsm-module.html)

### b. Análisis y Simulación del Módulo SIM900 en Modo Emisor SMS

Es posible simular al módulo SIM900 con el software PROTEUS 7.7, mediante la librería GSMLibraryTEP. Esta librería se simuló las respuestas del módulo aunque no permitirá enviar un mensaje de texto SMS real. Se observa la simulación del módulo SIM900 (véase la figura N° 4.24).

Figura N° 4.24: Conexión SIM900 con Virtual Terminal



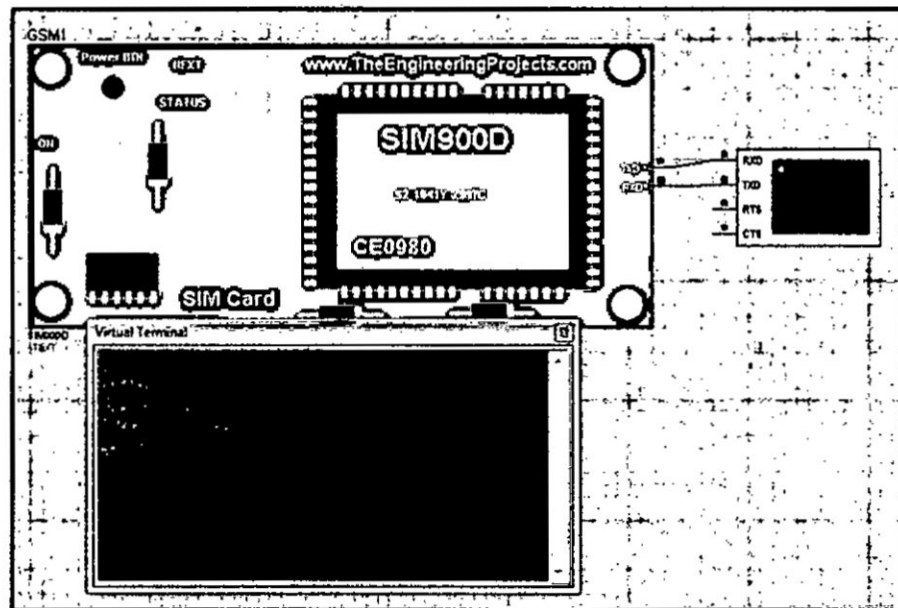
Fuente: Elaboración propia

Los comandos AT necesarios para realizar el envío de SMS, son los siguientes:

- ✓ AT: Comando de prueba
- ✓ AT+CMGF=1\r: Indicar que se realizara un envío SMS
- ✓ AT+CMGS=\r994389441\r: Número del destinatario en forma internacional
- ✓ [mensaje]: Contenido con el mensaje (máximo 160 caracteres)
- ✓ (char) 26: Finalizar comandos AT con un ^Z.

Se observa al módulo SIM900 sometido a pruebas mediante comandos AT+, donde se evidencia que las respuestas son las previstas en el diseño (véase la figura N° 4.25).

Figura N° 4.25: Simulación de SIM900 en PROTEUS



Fuente: Elaboración propia

### **c. Análisis y Simulación del Módulo SIM900 como Receptor**

En esta sección se analiza al módulo SIM900 como receptor SMS, y de la interfaz que servirá para almacenar a la base de datos. Visual Studio es una plataforma completa para desarrollo de aplicaciones de escritorio, aplicaciones web y hasta móviles del sistema operativo Windows Mobile, permite programas en lenguajes como C#, Visual Basic, C++, entre dos.

Se ha desarrollado una aplicación para escritorio programado en lenguaje Visual Basic, la cual recibirá los datos seriales del módulo SIM900 y fragmentará el texto para almacenarlo ordenadamente en una base de datos, para posteriormente mostrarlo de manera amigable. Los comandos AT+ utilizados para la lectura de mensajes de texto SMS son los siguientes:

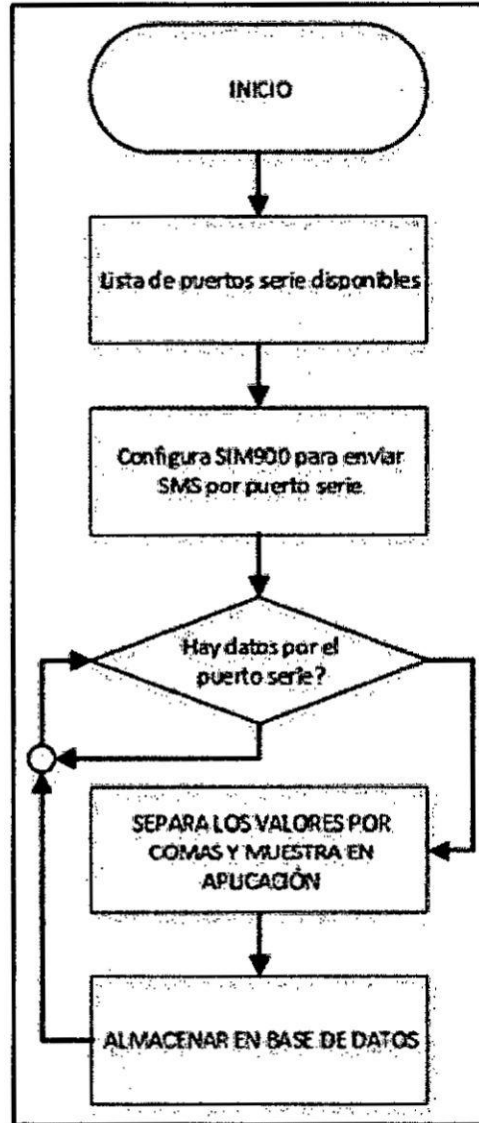
- ✓ AT: Comando para corroborar que el módulo se encuentre totalmente operativo, la respuesta esperada es un "OK".
- ✓ AT + CMGF=1: Este comando convertirá el estilo del mensaje en texto. Esto es necesario para realizar la lectura por la aplicación desarrollada en Visual Basic.
- ✓ AT + CNMI=1,2,0,0,0: Este comando configura al módulo SIM900 para enviar en tiempo real los mensajes de texto recibidos a través de puerto serial.

Se muestra el diagrama de flujo (véase la figura N° 4.26) considerando el análisis previo, mientras que se observa la interfaz gráfica (véase la figura N° 4.27) de la aplicación para escritorio, en la cual se muestran la visualización



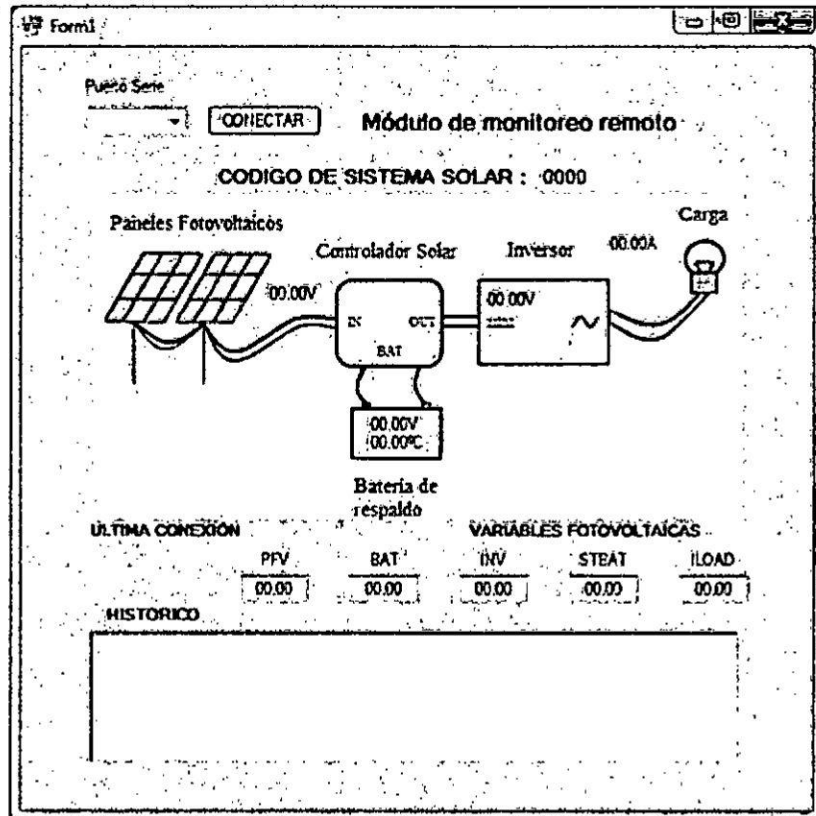
remota de los parámetros a monitorear, además de un reporte histórico en la parte inferior.

Figura N° 4.26: Diagrama de flujo del módulo receptor



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 4.27: Interfaz gráfico en Visual Basic



Fuente: Elaboración propia

El programa elaborado en Visual Basic configura los puertos serial del computador con los valores iniciales de nombre, velocidad y bit de paridad. La instrucción condicional "IF" (véase la figura N° 4.28) impide que exista duplicidad de puertos serial abierto.

Figura N° 4.28: Segmento de interfaz, configuración de puerto serial

```
Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object,
    ByVal e As System.EventArgs) Handles Button1.Click
    If ComboBox1.Text = "" Then
        MsgBox("No deje casillas de configuración de puertos vacía",
            MsgBoxStyle.Critical, "Cuidado")
    Else
        If Button1.Text Is "CONECTAR" Then
            SerialPort1.PortName = ComboBox1.Text
            SerialPort1.Open()
            Button1.Text = "DESCONECTAR"
            Timer1.Start()
        ElseIf Button1.Text Is "DESCONECTAR" Then
            Timer1.Stop()
            SerialPort1.Close()
            Button1.Text = "CONECTAR"
        End If
    End If
    CuentDat = 0
    i = 0
    Label1.Text = "0000"
    Label2.Text = "00.00V"
    Label3.Text = "00.00V"
    Label4.Text = "00.00V"
    Label5.Text = "00.00°C"
    Label6.Text = "00.00A"

    TextBox1.Text = "00.00"
    TextBox2.Text = "00.00"
    TextBox3.Text = "00.00"
    TextBox4.Text = "00.00"
    TextBox5.Text = "00.00"

    'SerialPort1.WriteLine("AT")
    'SerialPort1.WriteLine("AT+CMGF=1")
    'SerialPort1.WriteLine("AT+CI#I=1,2,0,0,0")
```

Fuente: Elaboración propia

Se muestra el segmento del programa dedicado a separar la cadena de texto que se recibe por el puerto serial del Módulo SIM900 (véase la figura N° 4.29), almacenar en variables y mostrar en la interfaz gráfica.

Figura N° 4.29: Segmento de interfaz, Parámetros fotovoltaicos

```
Label17.Text = Today
Label19.Text = DateTime.Now.ToShortTimeString()
If CuentDat <> 0 Then
    Label1.Text = CIF
    Label2.Text = PFV & "V"
    Label3.Text = BAT & "V"
    Label4.Text = INV & "V"
    Label5.Text = STBAT & "°C"
    Label6.Text = ILOAD & "A"

    TextBox1.Text = PFV
    TextBox2.Text = BAT
    TextBox3.Text = INV
    TextBox4.Text = STBAT
    TextBox5.Text = ILOAD
End If
```

Fuente: Elaboración propia

### 4.3. Población y Muestra

#### 4.3.1. Población

La población total se divide en los siguientes sub poblaciones:

#### 4.3.2. Muestra

La muestra a utilizar se encuentra dividida bajo dos criterios: La muestra establecida por la **NORMATIVA** y la que será determinada para la muestra los indicadores de cumplimiento de la **NORMATIVA**

### 4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos será a través del Sistema Informático para la Recolección y Validación de la Información del sector Rural.

Para el análisis de la información se utilizará la herramienta conocida como Cuadro de Mando Integral que permitirá manejar adecuadamente estos indicadores, para este trabajo no se incluirán los indicadores financieros, solo utilizaremos de esta herramienta su sistema de semaforización.

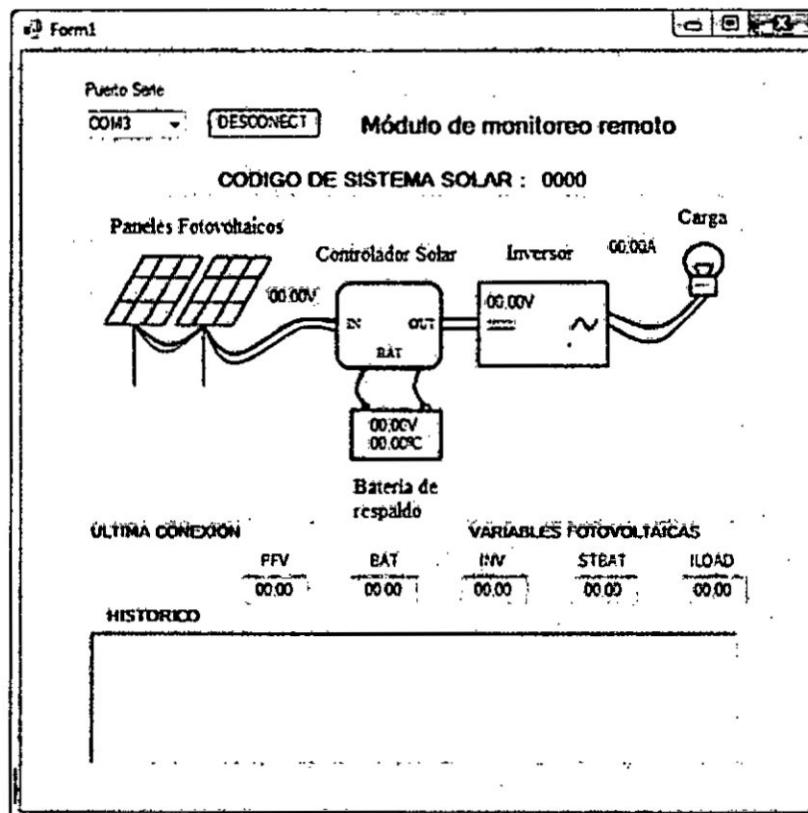
#### 4.5. Procesamiento Estadístico y Análisis de datos

El procedimiento estadístico comprenderá en el procesamiento de toda la información entregada por las empresas concesionarias, para su verificación y consolidación de cálculo de indicadores (que calculen bien los indicadores de calidad las empresas).

### V. RESULTADOS

Las pruebas realizadas a ambos módulos están basadas en simulación del software ISIS PROTEUS y el software VISUAL STUDIO. Para efectos de estas pruebas se asume la comunicación por SMS como un medio de comunicación serial. La primera prueba en el cual la interfaz muestra los valores cuando no se reciben datos por serie del computador (véase la figura N° 5.1).

Figura N° 5.1: Interfaz sin recibir datos

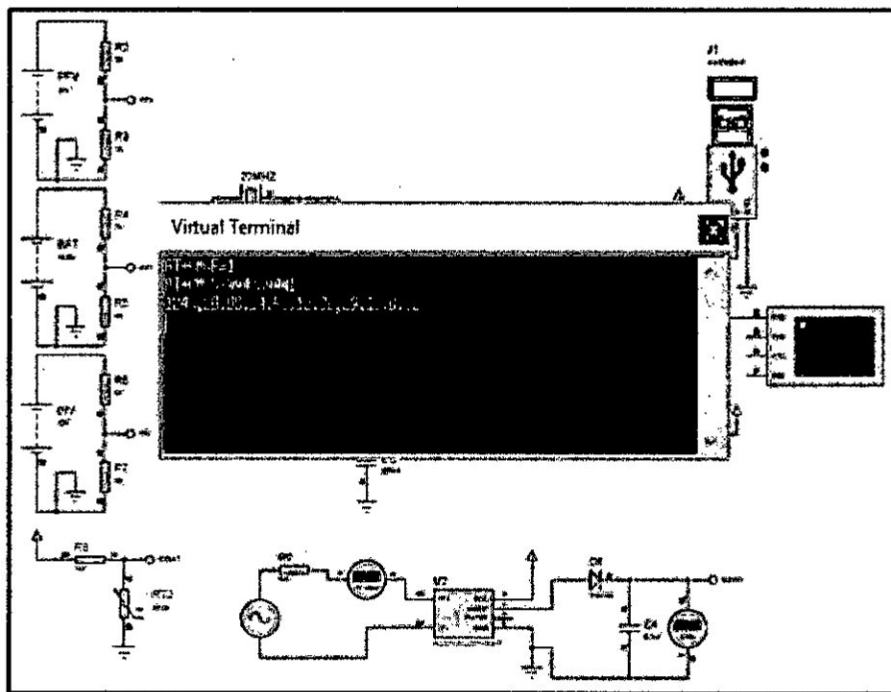


Fuente: Elaboración propia

En la segunda prueba se sometió a la interfaz gráfica a un envío de datos por el puerto serie del Microcontrolador con los valores promedio establecidos en la simulación del módulo de Adquisición de Datos (véase la figura N° 4.22, en la página 54).

- a. CODIGO = 1243
- b. PFV = 20 Voltios
- c. BAT = 14.5 Voltios
- d. INV = 12 Voltios
- e. STBAT = 29°C
- f. ILOAD = 320mA

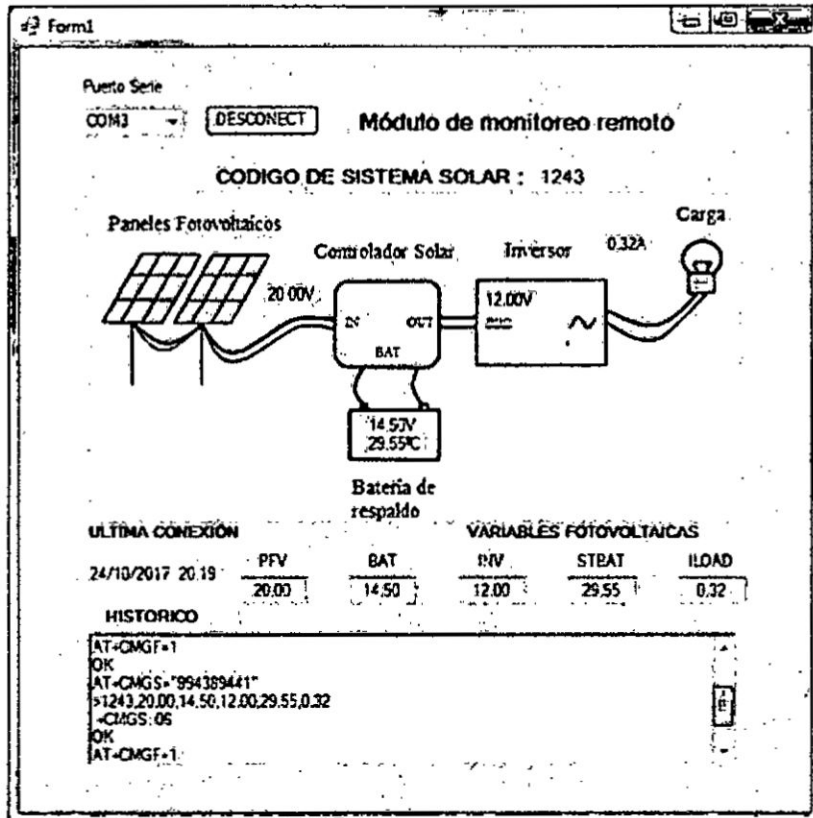
Figura N° 5.2: Simulación del módulo en PROTEUS



Fuente: Elaboración propia

Se visualiza la aplicación mostrando los valores separados de los datos obtenidos por el puerto serie, de una forma amigable y sencilla (véase la figura N° 5.3).

Figura N° 5.3: Interfaz con datos recibidos



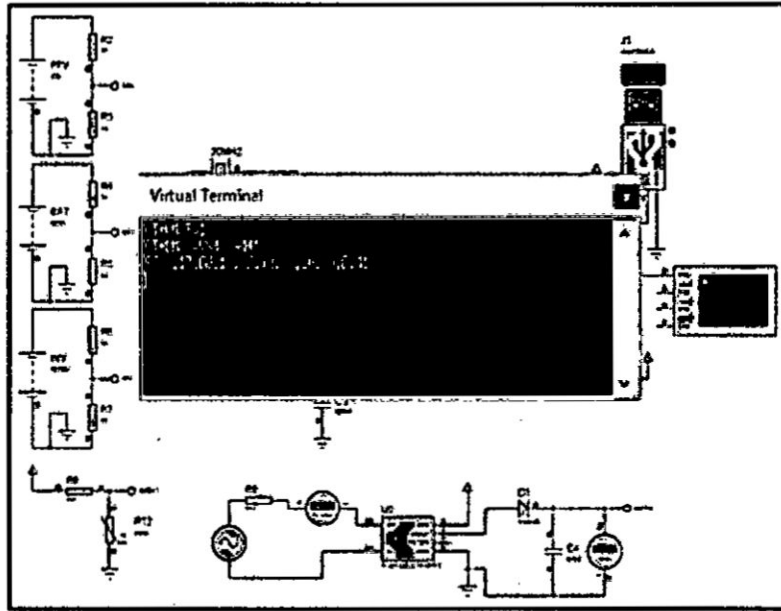
Fuente: Elaboración propia

Se realiza una tercera prueba con los siguientes datos de las variables críticas simuladas:

- CODICO = 5789
- PFV = 17 Voltios
- BAT = 13.9 Voltios
- INV = 12.33 Voltios
- STBAT = 26 °C
- ILOAD = 410mA

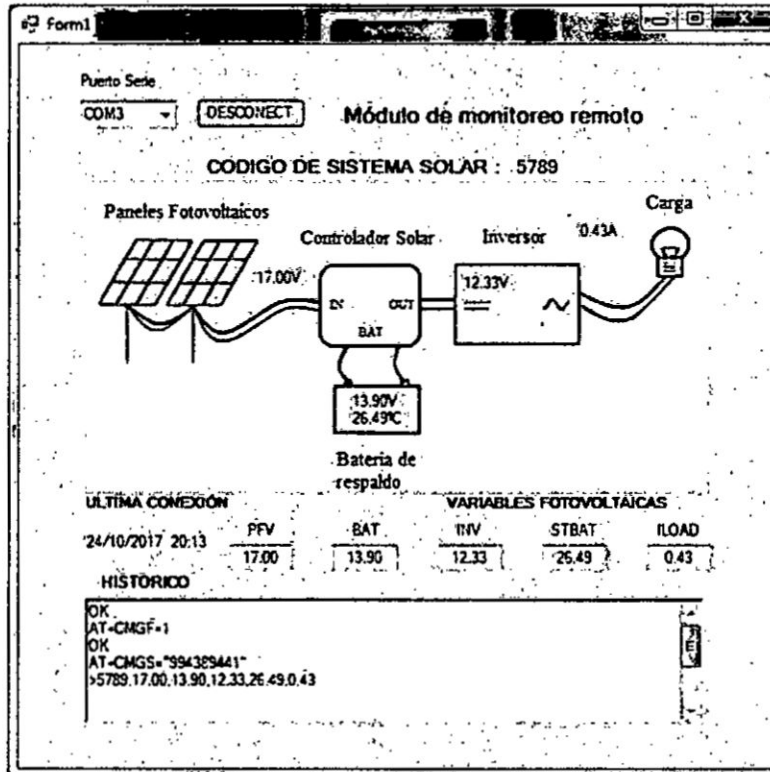
Para poder simular estas lecturas, se deberá cambiar los voltajes en los divisores de tensión que simulan las señales críticas fotovoltaicas, lo cual se puede verificar en la figura (véase la figura N° 5.4)

Figura N° 5.4: Segunda simulación del módulo en PROTEUS



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5.5: Segunda Interfaz con datos recibidos



Fuente: Elaboración propia



Las pruebas realizadas en un entorno simulado, evidenciaron el correcto funcionamiento del diseño del sistema de telemetría utilizando tecnología GSM, para monitorear variables fotovoltaicas domesticas rurales.

## **VI. CONCLUSIONES**

- 6.1.** Se logró diseñar un sistema para monitorear las variables críticas de un sistema fotovoltaico domestico rural, mediante la medición de señales analógicas y procesamiento digital para envío de la información por tecnología GSM vía mensaje de texto SMS.
  
- 6.2.** Se logró diseñar un módulo de adquisición basados en el Microcontrolador PIC 18F4550 mediante lectura analógica fuera del rango de 5 voltios continuos sin voltaje de referencia fijos, utilizando un circuito divisor de voltajes.
  
- 6.3.** Se logró integrar el módulo SIM900 con el módulo de adquisición de datos mediante el protocolo RS232 y utilizando comandos AT+, para el envío de texto concatenando con la información de las variables criticas del sistema fotovoltaico.
  
- 6.4.** Se logró diseñar un interfaz gráfico elaborado en Visual Basic, con el software Visual Studio, el cual procesa la información proveniente del módulo SIM900 y muestra las variables críticas del módulo de adquisición de datos de una forma amigable. Lo que permitirá a las personas operadoras del servicio de soporte y mantenimiento poder predecir, corregir o reparar un sistema fotovoltaico doméstico ubicado en zona rural.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- 7.1.** Debido a la ubicación de los sistemas fotovoltaicos rurales, se recomienda encapsular el módulo de adquisición de datos en un chasis impermeable de alto grado de protección, para evitar que sufra daños y posibles fallos eléctricos por lluvias o insectos que pueden deteriorar el circuito.
  
- 7.2.** Debido a la utilización de un microcontrolador como componente principal de adquisición de datos, se recomienda implementar a futuro circuitos de protección que eviten sobrecarga, corto circuito, sobre voltaje.
  
- 7.3.** Si bien el sistema aplica a zonas rurales con cobertura GSM, con un mayor presupuesto se pueden adquirir sistemas auxiliares que repita la señal del módulo de adquisición de datos hasta un punto con cobertura.
  
- 7.4.** Como trabajo futuro se podría incorporar a este sistema más variables a monitorear, es así como un sensor de irradiación podría mejorar aún más la precisión de la información para la toma de decisiones del centro de control.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. OSINERGMIN. (2014). Plan Nacional de Electrificación Rural [WEB] Obtenido de <http://osinergmin.gob.pe/>
2. Merino, L. (2010). Energía renovable para todos. España. Energy Management Agency.
3. Julieta C. (Primera edición). (2008). Energías renovables y eficiencia energética. Canarias. Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.
4. Pérez, L. (2006) Supervisión y monitoreo de procesos utilizando mensajes de texto desde teléfonos celulares, se ha logrado integrar al teléfono celular con la computadora mediante la implementación del protocolo FBUS, potenciando las aplicaciones de ambos dispositivos (tesis de titulación). UNMS. Lima.
5. Bocanegra, R. (2012). En su trabajo de investigación: "Desarrollo de una aplicación web para el monitoreo de vehículos con dispositivos GPS que comercializa una empresa de telecomunicaciones (tesis de titulación). URP. Lima.
6. Ángel, J. (2010). Diseño, construcción e implementación de un sistema de telemetría utilizando tecnología GSM; para el monitoreo de los parámetros de temperatura, presión de aceite, velocidad de giro del motor y velocidad de desplazamiento de un vehículo Chevrolet optra 2008 (tesis pregrado). UPS. Ecuador.
7. Delgado, J. (2010). Experiencias en electrificación rural fotovoltaica en Cajamarca. Recuperado de: <http://perusolar.org/16-spes->

ponencias/EXPERIENCIAS%20EN%20ELECTRIFICACIÓN%20RURAL%20FOTOVOLTAICA%20EN%20CAJAMARCA.pdf.

8. Velasco, N. (2005). Sistema embebido para la conexión de un PLC SIEMENS S7-200 a la red GSM (proyecto fin de carrera). Universidad de Sevilla. Sevilla.
9. Sumano, J. (2012). Diseño y construcción de un sistema de seguimiento fotovoltaico (Tesis para titulación). UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MEXTECA. México.
10. MICROCHIP (2009). Hoja de datos del Microcontrolador PIC 18F4550. Recuperado de <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf>.
11. TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED (2003). Hoja de datos del dispositivo regulador de voltaje 78L05. Recuperado de: <http://www.sparkfun.com/datasheets/Components/LM7805.pdf>
12. MORNINGSTAR (2014). Especificaciones Técnicas de controlador de carga solar PROSTAR-30. Recuperado de: [http://www.morningstarcorp.com/wp-content/uploads/2014/02/ProStarENG2\\_11.pdf](http://www.morningstarcorp.com/wp-content/uploads/2014/02/ProStarENG2_11.pdf)
13. Ley N° 28749 Ley General de Electrificación Rural. Diario Oficial el Peruano, Lima, Perú, 03 de mayo de 2007.
14. SIMCOM (2010). Hardware Design v.2. Recuperado de: [datasheet.octopart.com/SIM900-Simcom-datasheet-17594122.pdf](http://datasheet.octopart.com/SIM900-Simcom-datasheet-17594122.pdf).

**ANEXOS**

**Anexo N°1**  
**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

<b>PROBLEMAS</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>MÉTODOS</b>
<p><b>General</b></p> <p>¿Cómo modelar un sistema de telemetría utilizando tecnología GSM para el monitoreo de variables fotovoltaicas en zonas domesticas rurales</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>a. ¿Cómo modelar un circuito electrónico que permite obtener las variables eléctricas fotovoltaicas?</p> <p>b. ¿Cómo modelar un sistema electrónico que permite transmitir la data mediante la tecnología GSM?</p> <p>c.¿Cómo modelar un sistema electrónico que permite recibir la data mediante la tecnología GSM?</p> <p>d. ¿Cómo diseñar una interfaz gráfica que permita el monitoreo de variables eléctricas fotovoltaicas?</p>	<p><b>General</b></p> <p>Modelar un sistema de telemetría utilizando tecnología GSM para el monitoreo de variables fotovoltaicas en zonas domesticas rurales</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>a. Modelar un circuito electrónico que permite obtener las variables eléctricas fotovoltaicas.</p> <p>b. Modelar un sistema electrónico que permite transmitir la data mediante la tecnología GSM.</p> <p>c.Modelar un sistema electrónico que permite recibir la data mediante la tecnología GSM.</p> <p>d. Diseñar una interfaz gráfica que permita el monitoreo de variables eléctricas fotovoltaicas.</p>	<p><b>General</b></p> <p>El modelo mediante un Sistema de Telemetría con tecnología GSM se permitirá el Monitoreo de Variables Fotovoltaica en poblaciones Domesticas Rurales.</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>a. Utilizando un microcontrolador se puede obtener las variables eléctricas fotovoltaicas.</p> <p>b. Utilizando una tarjeta GSM/GPRS se puede transmitir la data mediante un SMS.</p> <p>c.Utilizando una tarjeta GSM/GPRS se puede recibir la data de un SMS.</p> <p>d. Diseñando una interfaz gráfica en Visual Basic se puede monitorear las variables eléctricas fotovoltaicas.</p>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Modelo de Sistema Telemetría GSM</p> <p><b>Indicadores</b></p> <p>a. <b>VK</b>: Variación de Tensión</p> <p>b. <b>NIC</b>: Número de interrupciones promedio por cliente</p> <p>c.<b>DIC</b>: Duración ponderada acumulada de interrupciones promedio por cliente</p> <p>d. <b>N por MT</b>: Número total de interrupciones originadas fuera de la SER por alimentador MT</p> <p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>Medida de variables fotovoltaicas</p> <p><b>Indicadores</b></p> <p>a. <b>CCTR</b>: Cumplimiento del control de la calidad de tensión.</p> <p>b. <b>CCSR</b>: Cumplimiento del control de la calidad de Suministro</p> <p>c. <b>CCCR</b>: Cumplimiento del control de la calidad de Comercial</p> <p>d. <b>CCAR</b>: Control de la calidad de Alumbrado Público</p>	<p><b>General</b></p> <p>Recolección de información sobre los registros de las mediciones de tensión, registro de interrupciones, registro del servicio comercial y alumbrado Público para el desarrollo del algoritmo de procesamiento y automatización para el cálculo de indicadores y montos de compensación.</p> <p><b>Específico</b></p> <p>Diagramas de evolución (estadísticos), y monitoreo a través de un cuadro de mando integral, a través de un software</p>

