



***PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DISEÑO E  
IMPLEMENTACIÓN DE SENSORES DE  
RADIACIÓN SOLAR Y TRANSMISIÓN  
INALÁMBRICA DE DATOS***

***PROTOCOLO TÉCNICO CIENTÍFICO***

***2017***

## INDICE DE CONTENIDO

<b>CAPITULO 1</b> .....	<b>3</b>
INTRODUCCIÓN.....	3
<b>CAPITULO 2</b> .....	<b>5</b>
2.1 JUSTIFICACION.....	5
2.2 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	6
2.3 ALCANCE.....	7
2.4 OBJETIVOS.....	8
2.4.1 OBJETIVO GENERAL .....	8
2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
<b>CAPITULO 3</b> .....	<b>9</b>
MARCO TEORICO .....	9
3.1 RADIACIÓN SOLAR.....	9
3.1.1 DEFINICIONES.....	13
3.1.6 INSTRUMENTOS DE MEDICION.....	21
3.2 SISTEMAS DE MEDIDA .....	18
3.2.3 SENSOR.....	26
3.2.4 ACONDICIONAMIENTO.....	28
3.2.5 CARACTERISTICAS ESTATICAS DE LOS SISTEMAS DE MEDIDA....	29
3.2.6.1 SENSORES FOTOVOLTAICOS - EFECTO FOTOVOLTAICO .....	33
3.3 FOTODIODO .....	34
3.4 AMPLIFICADORES OPERACIONALES.....	35
3.5 MICROCONTROLADOR .....	41
3.6 RED CELULAR.....	43
3.6.1 TRANSMISION GPRS .....	47
3.6.6 GPRS - CONCEPTO .....	54
3.6.7 GPRS Vs GSM.....	41
3.6.8 COBERTURA 2G.....	43
3.9 PANEL SOLAR.....	59
<b>CAPITULO 4</b> .....	<b>66</b>
4.1 DESCRIPCION DEL PROYECTO .....	66
4.2 MATERIALES Y METODOS .....	73
4.2.1 PIRANOMETRO SP LITE 2 .....	73
4.2.3 ARDUINO MEGA.....	76
4.2.6 SOPORTE DE MEDICION.....	83
4.2.9 SISTEMA DE ALIMENTACION.....	91
<b>CAPITULO 5</b> .....	<b>102</b>
5.1 ANALISIS DE RESULTADOS.....	102
<b>CAPITULO 6</b> .....	<b>104</b>
6.1 CONCLUSIONES .....	104
6.2 BIBLIOGRAFIA.....	107
6.3 ANEXOS.....	109

## CAPITULO 1

### INTRODUCCIÓN

Es predecible que las fuentes energéticas basadas en petróleo, gas natural y carbón se agoten en un futuro próximo. Es claro que el desarrollo industrial y socioeconómico de un país depende fuertemente de la solución de su problemática energética. Por otro lado el avance de la tecnología y el crecimiento de la población mundial aumentan el consumo de energía eléctrica, por lo tanto varias alternativas en energías renovables han comenzado a surgir, pretendiendo responder a la demanda.

La mayor parte del conocimiento del comportamiento de un recurso renovable se obtiene mediante estaciones meteorológicas ubicadas en zonas estratégicas que obtienen datos para ser procesados y poder simular el comportamiento del recurso de estudio.

Una alternativa válida sería la generación de energía eléctrica a partir de la solar. En la actualidad, cobra gran importancia el estudio acerca del aprovechamiento de la energía solar como fuente de energía alternativa, ya que es una fuente limpia, probablemente inagotable y de bajo costo a largo plazo. Por esto es clave proporcionar una evaluación precisa del recurso solar en el país y para ello es necesario contar con información constante y en tiempo real acerca de la radiación solar existente en distintos lugares del país, incluso en zonas de difícil acceso y remotos como el chaco paraguayo, donde es sabido de las altas temperaturas y radiación solar que podría ser aprovechada.

El uso de dicha energía no es una idea novedosa, ya que la humanidad ha hecho uso de ésta desde hace siglos. Sin embargo, es a partir de la década de 1970 que se ha incrementado la investigación y el desarrollo de esta alternativa buscando aumentar la eficiencia y una idealizada convivencia con la naturaleza en una perspectiva de desarrollo sustentable.

El alto consumo de energía de la población hace que busquemos otro medio de obtención de la misma con lo cual tenemos la necesidad de realizar mediciones atmosféricas en cualquier punto del país y transmitir los datos a la estación base de manera a procesar y estudiar los parámetros medidos a fin de utilizar esa información para tener una base de datos y realizar en el futuro proyectos de obtención de energía eléctrica a través de la energía solar.

Con el desarrollo de este trabajo se pretende dar una opción de solución a la necesidad de transmisión de datos en tiempo real y almacenamiento de los mismos, realizando un sistema autónomo de medición de radiación solar cuya información será transmitida en forma inalámbrica a través del sistema denominado GSM/GPRS a un servidor que será una base de datos, además de mostrar la información a través de una página Web, de manera a aprovechar los datos obtenidos en la obtención de energía alternativas.

## CAPITULO 2

### 2.1 JUSTIFICACION

En la actualidad, Paraguay genera energía renovable mediante centrales hidroeléctricas, sin embargo, la tendencia mundial actual se centra en la exploración e implementación de otras alternativas basadas en otras fuentes de energías renovables, entre las que se puede mencionar la aplicación solar térmica y solar fotovoltaica. En este contexto, debido a la gran uniformidad en términos de irradiación solar que ofrece nuestro país, principalmente en la zona del chaco, los sistemas de generación basados en la energía solar se constituyen en una alternativa viable enfocada en la diversificación de la matriz energética del Paraguay. Por ende, y con vista a la futura implementación de sistemas basados en la energía solar, se hace necesario las mediciones de parámetros atmosféricos, su almacenamiento y la transmisión de los mismos en forma rápida y segura para su posterior estudio, en cualquier parte del país, en lugares remotos y bajo condiciones hostiles donde surgen los problemas para la transmisión, de manera a poder evaluar el potencial existente en nuestro medio.

El desarrollo de este trabajo propone una solución al problema asociado al mapeo energético solar (obtención de datos), utilizando la red existente de telefonía celular (GSM/GPRS) como método de transmisión inalámbrica en zonas donde existe dicha red para poder transmitir la información, además de proporcionar al sistema de autonomía de manera tal a no depender de la red eléctrica convencional y proporcionar información la mayor parte del tiempo.

### 2.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

La falta de recursos necesarios para la obtención de datos de radiación solar o de cualquier otro fenómeno, hace que no se tenga una política de obtención de energías alternativas y aprovechamiento de los recursos naturales con los que cuenta nuestro país, en consecuencia dependemos de nuestros principales proveedores de energía eléctrica (Hidroeléctricas) y, al ser estas entidades binacionales, el nivel aprovechamiento de la energía generada no es la máxima. Otros sectores como el industrial, la agricultura mecanizada y la ganadería tecnificada también se beneficiaran mediante métodos alternativos de obtención de electricidad y que podrá llegar incluso a las zonas más remotas del país.

Con el presente trabajo se diseñara y montará una plataforma de medición de radiación solar autónoma, transmitirá la información en tiempo real a través de la red inalámbrica GPRS, aprovechando la infraestructura existente de dicha red, de manera a estudiar el comportamiento de los parámetros atmosféricos medidos.

## **2.3 ALCANCE**

Se diseñó una plataforma de medición de radiación solar que está constituido por un sensor (Piranometro), un circuito de acoplamiento al microcontrolador, que contara con un programa de adquisición de datos del sensor, y que a la vez preparara los mismos para ser enviado, a través de una interfaz de acoplamiento, al módulo GPRS para su posterior transmisión inalámbrica al servidor.

La plataforma de medición contara con una alimentación eléctrica proporcionada por una batería, que se cargara a través de un panel solar, haciendo que el sistema tenga la autonomía y robustez necesarias en zonas remotas donde aún no llega la red de energía eléctrica convencional.

## **2.4 OBJETIVOS**

### **2.4.1 Objetivo General.**

Diseño e implementación de una plataforma de medición de radiación solar autónoma para obtener, procesar, y transmitir datos en tiempo real.

### **2.4.2 Objetivos Específicos.**

1. Diseñar e implementar un sistema de medición de radiación inalámbrico
2. Obtención de datos atmosféricos mediante sensores. Procesamiento de dichos datos. Transmisión mediante la red inalámbrica GSM/ GPRS. Sistema robusto y autónomo mediante baterías y panel solar. Almacenamiento de datos en un servidor.
3. Elaborar un registro de los datos y estudio para su posterior aprovechamiento en cuanto a la energía solar.

## CAPITULO 3

### MARCO TEORICO

#### 3.1 RADIACIÓN SOLAR

El sol es una estrella de tamaño mediano, con un diámetro aproximado de 1.390.000 Kilómetros y una masa 330.000 veces superior a la tierra, a una distancia media de 150 millones de Kilómetros.

La energía proveniente del sol es el resultado de un proceso de fusión termonuclear, siendo el combustible principal el hidrógeno. (Energía Solar, 4ta Edición Nestor Quadri)

La energía que emite el sol se genera en las reacciones de fusión nuclear producidas en su interior, donde la temperatura estimada es del orden de 10 a 40 millones de grados kelvin. Esta energía se absorbe y se transmite a través de las diversas capas solares y finalmente se emite en la cromosfera en forma de radiación electromagnética y viento solar (partículas cargadas). La radiación electromagnética proveniente del sol es lo que se denomina comúnmente como radiación solar.

Medir la radiación solar es importante para una amplia variedad de aplicaciones, tales como el monitoreo del efecto en el crecimiento de las plantas, análisis de la evaporación e irrigación del agua, arquitectura y diseño de edificios, generación de electricidad, diseño y uso de sistemas de calentamiento solar, implicaciones en la salud (cáncer en la piel), modelos de predicción del tiempo y el clima entre otros. Los niveles de radiación solar en la superficie terrestre dependen de varios factores como son: La altura del sol tanto a lo largo del día como del año, la cantidad de ozono en la atmosfera, la reflexión terrestre, la posición del sol en el cielo en distintas horas del día depende de 2 factores:

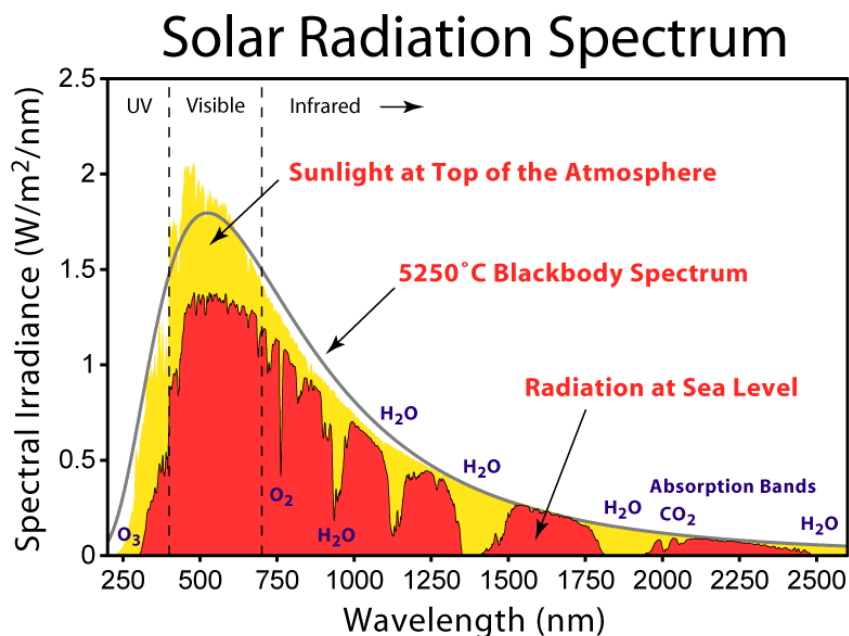
La posición del observador: Se determina sobre la superficie de la tierra, mediante las coordenadas de Latitud y Longitud.

Estaciones del año: La órbita que describe la tierra queda en un plano denominado Elíptica que contiene el centro de la tierra y el centro del sol. La consecuencia de la constante inclinación del eje es que en las distintas épocas

del año, un observador ubicado en el mismo sitio en la tierra, ve el sol al mediodía mal alto respecto al horizonte en verano que en invierno. (Energía Solar, 4ta Edicion Nestor Quadri)

La energía radiante puede convertirse en calor. Asi en el límite de la atmósfera, la intensidad de radiación sobre una superficie perpendicular o normal a los rayos incidentes es en promedio de 1,353 Kilo Watts por metro cuadrado (En adelante KW/m<sup>2</sup>), valor que se denomina Constante Solar. (Energía Solar, 4ta Edicion Nestor Quadri)

La energía de la radiación solar se distribuye desigualmente en las distintas longitudes de onda del espectro como se puede observar en la figura 3.1.



**Figura 3.1:** Espectro de radiación solar.

**Fuente:** Wikipedia

Al atravesar la atmosfera terrestre, la radiación solar sufre una serie de interacciones con los componentes de esta, produciéndose los efectos siguientes:

- Absorción de la radiación solar en ciertas longitudes de onda originada fundamentalmente por la acción de las moléculas de agua y de dióxido de carbono.

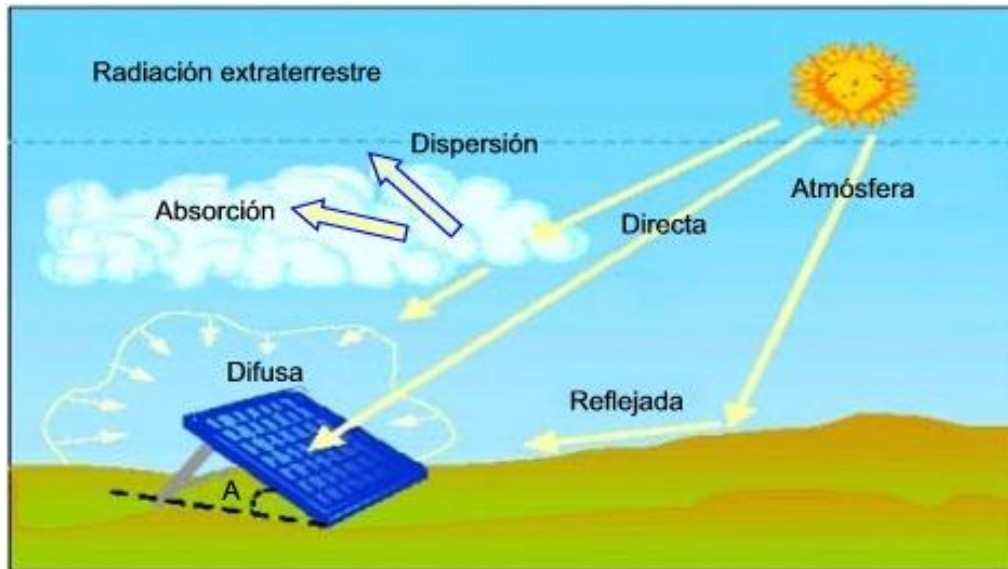


- Dispersión de la radiación solar motivada por las siguientes causas: la acción de las nubes, el polvo existente en la atmosfera y las moléculas de los componentes de la atmosfera.

Es evidente que el efecto de la atmosfera disminuye la cantidad de energía que alcanza la superficie terrestre. Se estima que con cielo despejado y aproximadamente 40°C de latitud, la radiación solar disminuye a 1KW/m<sup>2</sup>, sucediendo ello cuando el sol esta en la posición mas elevada incidiendo sobre una superficie perpendicular a los rayos incidentes. (Energia Solar, 4ta Edicion Nestor Quadri).

La dispersión de la radiación solar por la atmosfera hacen que se distingan distintos tipos de radiación solar (Ver figura 3.2):

- Radiación Directa: Es la que proviene del disco solar sin sufrir variaciones en su dirección original. Se caracteriza porque produce sombra y puede concentrarse mediante lentes o redirigirse por medio de espejos. Por tanto, ha de medirse utilizando sistemas de seguimiento del movimiento del sol en su trayectoria.
- Radiación Difusa: Es la que proviene de cualquier dirección del cielo, desviaciones de la atmosfera y ha de medirse utilizando sistemas de sombreadamiento del disco solar.
- Radiación Albedo: Es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo u otras superficies próximas.
- Radiación solar global: es la radiación solar que se recibe por unidad de superficie. Supone la suma de las aportaciones de la radiación directa, difusa y albedo.
- La radiación directa es la mayor y la mas importante en aplicaciones fotovoltaicas. (Energia Solar Fotovoltaica – Javier Mendez, Rafael García, 2da. Edición)



**Figura 3.2:** Tipos de Radiación solar.

**Fuente:** <http://www.pce-iberica.es>

### 3.1.1 DEFINICIONES

**Irradiancia solar:** Corresponde a la intensidad de radiación solar o energía solar que incide en una superficie en la unidad de tiempo. Se mide generalmente en vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ).

**Irradiación solar:** Es la cantidad de energía solar que incide en una superficie dada en un tiempo determinado. Se expresa en las siguientes unidades: Kilojulios por metro cuadrado ( $KJ/m^2$ ) o en kilovatios-hora por metro cuadrado ( $KWh/m^2$ ), sabiendo que  $1 KWh/m^2$  es igual a  $3600 KJ/m^2$ .

**Insolación:** La cantidad de radiación solar (directa y reflejada) que se recibe en un punto determinado del planeta, sobre una superficie de  $1 m^2$ , para un determinado ángulo de inclinación entre la superficie colectora y la horizontal del lugar, recibe el nombre de insolación.

**Índice de claridad:** Es el cociente entre la irradiación que recibe una superficie horizontal en la superficie terrestre y la irradiación que hubiera recibido si estuviera fuera de la atmósfera terrestre. Por lo tanto, es un parámetro que nos permite saber el grado de atenuación global que sufre la radiación solar al atravesar la atmósfera terrestre en un lugar geográfico determinado.

### 3.1.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CANTIDAD DE RADIACIÓN SOLAR

Los niveles de radiación en la superficie dependen de varios factores como son: la posición del sol, la altitud, la latitud, el cubrimiento de las nubes, la cantidad de ozono en la atmósfera y la reflexión terrestre.

La latitud y la época del año determinan el ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la superficie de la tierra así como el número diario de las horas de sol. El ángulo influye en la cantidad de radiación, alcanzando su máximo en el solsticio de verano y su mínimo en el de invierno. Cuando el sol está poco elevado en invierno llega menos energía solar sobre la superficie terrestre, pues la capa de la atmósfera que atraviesa los rayos solares es mayor, y por lo tanto, la atmósfera terrestre absorbe mayor proporción de energía.

La altitud y las condiciones climáticas locales modifican, así mismo, la disponibilidad de la radiación solar.

La posición del sol sobre el horizonte varía a lo largo de cada día, desde el alba hasta el ocaso, alcanzando su máximo al mediodía. Además, la calidad de la luz varía a lo largo del día. Como la atmósfera absorbe más longitudes de onda del ultravioleta y el azul corto que los del infrarrojo y rojo largo, y las capas de la atmósfera atravesadas por la luz solar son menores al mediodía que en el amanecer y el atardecer, la luz en las horas iniciales y finales del día tienen mayor proporción de radiación roja e infrarroja.

En ausencia de nubes, la mayor proporción de radiación solar corresponde a radiación directa (que incide directamente desde el sol), mientras que a primera y última horas del día la radiación difusa prevalece sobre la directa. En la época invernal, cuando suele abundar la nubosidad, la proporción de radiación difusa es mucho mayor. (Invernaderos de plástico Tecnología y manejo, *N. Castilla*)

### 3.1.3 IMPORTANCIA DE LA MEDICIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR Y SUS EFECTOS SOBRE LA SALUD

La radiación ultravioleta, es emitida por el Sol en longitudes de onda que van aproximadamente desde los 150 nm, hasta los 400 nm, en las formas UV-A, UV-B y UV-C pero a causa de la absorción por parte de la atmósfera terrestre, el 99% de los rayos ultravioletas que llegan a la superficie de la Tierra son del tipo UV-A. Ello nos libra de la radiación ultravioleta más peligrosa para la salud. La atmósfera ejerce una fuerte absorción que impide que la atraviese toda

radiación con longitud de onda inferior a 290 nm . La radiación UV-C no llega a la tierra porque es absorbida por el oxígeno y el ozono de la atmósfera, por lo tanto no produce daño. La radiación UV-B es parcialmente absorbida por el ozono y llega a la superficie de la tierra, produciendo daño en la piel. Ello se ve agravado por el agujero de ozono que se produce en los polos del planeta.

Por esto precisamente la conveniencia de hacer las mediciones diarias de los rayos UV emitidas por la radiación solar, sobre todo en las zonas de mayor contaminación, atendiendo que estos rayos UV son directamente proporcionales a la contaminación, esta daña a la Capa de Ozono restándole fuerza para absorber los Rayos UV-B dando con esto la posibilidad de producir daño a la piel humana.

La radiación ultravioleta de menor longitud de onda (360 nm), lleva mucha energía e interfiere con los enlaces moleculares. Especialmente las de menos de 300 nm que pueden alterar las moléculas de ADN, muy importantes para la vida. Estas ondas son absorbidas por la parte alta de la atmósfera, especialmente por la capa de ozono. Es importante protegerse de este tipo de radiación ya que por su acción sobre el ADN está asociada con el cáncer de piel. Sólo las nubes tipo cúmulos de gran desarrollo vertical atenúan éstas radiaciones prácticamente a cero. El resto de las formaciones tales como cirrus, estratos y cúmulos de poco desarrollo vertical no las atenúan, por lo cual es importante la protección aún en días nublados. Es importante tener especial cuidado cuando se desarrollan nubes cúmulos, ya que éstas pueden llegar a actuar como espejos y difusores e incrementar las intensidades de los rayos ultravioleta y por consiguiente el riesgo solar. Algunas nubes tenues pueden tener el efecto de lupa.

### 3.1.4 APLICACIONES DE LA RADIACIÓN SOLAR

Entre las múltiples aplicaciones de la energía solar se encuentran su aprovechamiento como luz directa, como fuente de calor y en la generación de electricidad principalmente, a continuación se amplía cada uno de estos usos:

- Directa: Una de las aplicaciones de la energía solar es directamente como luz solar, por ejemplo, para la iluminación. Otra aplicación directa, muy común, es el secado de ropa y algunos productos en procesos de producción con tecnología simple.

- Térmica: La energía solar puede utilizarse para el calentamiento de algún sistema que posteriormente permitirá la climatización de viviendas, calefacción, refrigeración, secado, entre otros, son aplicaciones térmicas.

- Fotovoltaica: Es la energía solar aprovechada por medio de celdas fotoeléctricas (celda solar, auto solar), capaces de convertir la luz en un potencial eléctrico, sin necesariamente pasar por un efecto térmico. Para lograr esto la energía solar se recoge de una forma adecuada. El calor se logra mediante los colectores térmicos, y la electricidad, a través de los llamados módulos fotovoltaicos.

Los sistemas de aprovechamiento térmico permiten que el calor recogido en los colectores pueda destinarse y satisfacer numerosas necesidades. Por ejemplo, se puede obtener agua caliente para consumo doméstico o industrial, o bien generar calefacción a casas, hoteles, colegios, fábricas, entre otros. Incluso se pueden climatizar las piscinas para permitir su uso durante gran parte del año en aquellos países donde se presentan las estaciones.

- Las aplicaciones agrícolas: Las aplicaciones son amplias, por ejemplo, con invernaderos solares pueden obtenerse mayores y más tempranas; los secaderos agrícolas consumen mucha menos energía si se combinan con un sistema solar, y, por citar otro ejemplo, pueden funcionar plantas de purificación o desalinización de aguas sin consumir ningún tipo de combustible. Las "células solares", dispuestas en paneles solares, ya producían electricidad en los primeros satélites espaciales. Actualmente se perfilan como la solución definitiva al problema de la electrificación rural, con clara ventaja sobre otras alternativas, pues, al carecer los paneles de partes móviles, resultan totalmente inalterables al paso del tiempo, no contaminan ni producen ningún ruido en absoluto, no consumen combustible y no necesitan mantenimiento. Además, y aunque con menos rendimiento, funcionan también en días nublados, puesto que captan la luz que se filtra a través de las nubes.

La electricidad que se obtiene de esta manera puede usarse de forma directa (por ejemplo para sacar agua de un pozo o para regar, mediante un motor eléctrico), o bien ser almacenada en acumuladores para usarse en las horas nocturnas. Incluso es posible inyectar la electricidad sobrante a la red general, obteniendo un importante beneficio. Las células solares están hechas con obleas (láminas) finas de silicio, arseniuro de galio u otro.

- Hornos solares: Los hornos solares son una aplicación importante de los concentradores de alta temperatura. El mayor, situado en Odeillo, en la parte

francesa de los Pirineos, tiene 9.600 reflectores con una superficie total de unos 1.900 m<sup>2</sup> para producir temperaturas de hasta 4.000 °C. Estos hornos son ideales para investigaciones, por ejemplo, en la investigación de materiales, que requieren temperaturas altas en entornos libres de contaminantes.

- Enfriamiento solar: Se puede producir frío con el uso de energía solar como fuente de calor en un ciclo de enfriamiento por absorción. Uno de los componentes de los sistemas estándar de enfriamiento por absorción, llamado generador, necesita una fuente de calor.

En general, se requieren temperaturas superiores a 150 °C para que los dispositivos de absorción trabajen con eficacia, los colectores de concentración son más apropiados que los de placa plana.

Es por estas aplicaciones que debemos tomar muy en serio la obtención de los datos de la Radiación Solar, sobre todo en los lugares en que pensamos hacer estas aplicaciones, ya sea para tener elementos y proveer datos que nos ayuden a informar sobre el aumento de los Rayos UV y sus efectos sobre la salud, registrar las cantidades de Radiación Solar y calcular su aplicación en la generación de electricidad, calor y su importancia en cantidad necesaria en los requerimientos agrícolas, desde luego en combinación con los datos climatológicos.

### **3.1.5 EFECTOS DE LAS VARIABLES DE LA RADIACIÓN SOLAR SOBRE LAS PLANTAS Y LAS ACCIONES DEL HOMBRE PARA MODIFICARLOS**

Radiación solar.

Con sus tres parámetros de intensidad, duración y calidad, influye sobre la actividad fotosintética de la planta determinando en su crecimiento y su desarrollo. Indirectamente acciona sobre otras variables cambiando sus efectos.

El hombre es capaz de modificar los niveles de intensidad solar que reciben algunas plantaciones utilizando cobertores en el tabaco tapado, las casas de cultivo etc.

También se trabaja con el calendario agrícola ya que es conocido que existen diferencias notables en la radiación solar durante los meses del año.

Temperatura del aire y del suelo.

La temperatura del suelo acelera o retarda procesos de germinación y/o crecimiento de raíces y surte efecto sobre otras variables como la evapotranspiración y los niveles de humedad. El hombre acciona sobre esta variable con el laboreo y utilizando los horarios y épocas del año más convenientes a sus intereses agrícolas.

La temperatura del aire puede influir sobre la apertura y cierre de los estomas en el proceso de transpiración de la planta.

Ambas temperaturas, del aire y el suelo, asociadas a la humedad relativa pueden constituir factores desencadenantes de plagas y enfermedades cuando alcanzan niveles propicios para el desarrollo de esos patógenos.

Evapotranspiración.

Esta variable, constituida por la evaporación del agua y la transpiración de la planta, cambia por la acción de otras como la radiación solar, la temperatura, la humedad del aire, la velocidad del viento etc.

Su efecto sobre la planta es en lo fundamental sobre el equilibrio hídrico. El hombre la modifica con el riego, la variación de marcos de plantación y otras medidas.

Y todo esto es posible por el conocimiento de las cantidades de Radiación Solar llegadas a la superficie específica en estudio, y con la modificación por parte de la intervención del hombre, se podrá aprovechar en forma eficiente, como lo vimos anteriormente, la utilización de la Radiación Solar.

Por último y no menos importante, debemos decir que la importancia de analizar y obtener datos de la multicitada Radiación Solar, serán de gran ayuda para obtener las siguientes tipos de energías.

### **Energía Solar Térmica**

Un sistema de aprovechamiento de la energía solar muy extendido es el térmico. El medio para conseguir este aporte de temperatura se hace por medio de colectores.

El colector es una superficie, que expuesta a la radiación solar, permite absorber su calor y transmitirlo a un fluido.

Existen tres técnicas diferentes entre sí en función de la temperatura que puede alcanzar la superficie captadora.

De esta manera, los podemos clasificar como:

- Baja temperatura, captación directa, la temperatura del fluido es por debajo del punto de ebullición.
- Media temperatura, captación de bajo índice de concentración, la temperatura del fluido es más elevada de 100 °C.
- Alta temperatura, captación de alto índice de concentración, la temperatura del fluido es más elevada de 300 °C.
- 

### 3.1.6 INSTRUMENTOS DE MEDICION

Periheliómetro: instrumento que mide la radiación solar directa y cuya superficie receptora se dispone normalmente a los rayos solares incidentes. Esta compuesto de un obturador para medir solamente la radiación procedente del sol y de una región anular del cielo muy próxima al astro. Este dispositivo debe estar sobre situado sobre un mecanismo de seguimiento solar para que este siempre orientado correctamente al sol. (Instalaciones Solares Fotovoltaicas, Jose Labarta ) (Figura 3.3)



**Figura 3.3:** Periheliómetro.

**Fuente:** Instalaciones Solares Fotovoltaicas, Jose Labarta

Es importante destacar el papel de los seguidores solares. La medida de la radiación directa precisa de la orientación perpendicular a los rayos solares del dispositivo. Esto se consigue utilizando seguidores solares.

Los seguidores solares se encargan del seguimiento del movimiento del Sol en su trayectoria, y en ellos se disponen los periheliómetros para la medida de la radiación directa.



Piranómetro: Es el dispositivo más habitual para medir la radiación solar, consiste básicamente en 2 semiesferas de vidrio y una placa negra central que absorbe la radiación recibida. Bajo ella se encuentra un dispositivo medidor de temperatura, por sistema termopar. Todo ello está montado en una carcasa metálica blanca.

La radiación, al pasar por las 2 semiesferas, incide en la placa y la calienta. La diferencia de temperatura entre la placa y la carcasa es directamente proporcional a la radiación y ofrece una medida de la irradiancia.

Cuando sólo se efectúa la medida de la componente difusa de la radiación solar, la componente solar directa se debe cubrir por medio de un sistema de pantalla. (Figura 3.4)



**Figura 3.4:** Piranómetro Blanco y Negro de Eppley.  
**Fuente:** Instalaciones Solares Fotovoltaicas, Jose Labarta

### 3.1.7 DISPOSITIVOS DE SOMBREAMIENTO

En cuanto a la radiación difusa, para su medida se precisa de la utilización de dispositivos de sombreado. Si bien los dispositivos más comúnmente utilizados son las bandas de sombra, éstas tienen el inconveniente de que necesitan de un ajuste manual periódico así como una corrección teórica de la variable registrada, ya que sombrean una importante porción de cielo además del disco solar. (Figura 3.5)



**Figura 3.5:** Piranómetro con banda de Sombra.  
**Fuente:** Instalaciones Solares Fotovoltaicas, Jose Labarta

## 3.2 SISTEMAS DE MEDIDA

Se denomina sistema de medida a la combinación de dos o más elementos, subconjuntos y partes necesarias para realizar una o varias funciones. En los sistemas de medida, esta función es la asignación objetiva y empírica de un número a una propiedad o cualidad de un objeto o evento, de tal forma que la describa.

El resultado de la medida debe ser: independiente del observador (objetiva), basada en la experimentación (empírica), y de tal forma que exista una correspondencia entre las relaciones numéricas y las relaciones entre las propiedades descritas.

Los objetivos de la medida pueden ser: la vigilancia o seguimiento de procesos (temperatura ambiente, agua, humedad), el control de un proceso (termostato o control de nivel), necesidad de una ingeniería experimental, etc.

### 3.2.1 TRANSDUCTOR

Se denomina transductor en general a todo dispositivo que convierte una señal de una forma física en una señal correspondiente pero de otra forma física distinta. Es por tanto un dispositivo que convierte un tipo de energía a otro.

Dado que hay seis tipos de señales: mecánicas, térmicas, magnéticas, eléctricas, ópticas y moleculares (químicos) cualquier dispositivo que convierta

una señal de un tipo en una señal de otro tipo debería considerarse un transductor, y la señal de salida podría ser de cualquier forma física. En la práctica, sin embargo, se consideran transductores por antonomasia aquellos que ofrecen una señal de salida eléctrica. Ello se debe al interés de este tipo de señal en la mayoría de los procesos de medida.

### **3.2.2 VENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE MEDIDA ELECTRONICOS**

- Debido a la estructura electrónica de la materia, cualquier variación de un parámetro no eléctrico de un material viene acompañada por la variación de un parámetro eléctrico. Esto permite, eligiendo el material adecuado, transductores con salida eléctrica de cualquier parámetro de una magnitud física no eléctrica.
- Dado que no conviene extraer energía del sistema donde se mide, lo mejor es amplificar la señal de salida del transductor. Con la amplificación electrónica se puede obtener una ganancia de potencia de hasta 10 veces en una sola etapa, a baja frecuencia.
- Además de la amplificación, existen diversos recursos para acondicionar una señal, muchos de ellos ya viene en el mismo encapsulado.
- Existen también numerosos recursos para presentar o registrar la información electrónica, no solo en forma de números sino también gráficos, textos, diagramas, tablas, etc.
- La transmisión de señales electrónicas es más versátil que las señales mecánicas, hidráulicas o neumáticas, aunque estas últimas son más convenientes en determinadas circunstancias.

### **3.2.3 SENSOR**

Es un dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida transducible que es función de la variable medida.

El término sensor sugiere un significado más extenso: la ampliación de los sentidos para adquirir un conocimiento de cantidades físicas que, por su naturaleza o tamaño, no pueden ser percibidas directamente por los sentidos. Transductor en cambio, sugiere que la señal de entrada y la de salida no deben ser homogéneas.

Podríamos llamar sensor a cualquier transductor de entrada, pero para que un sensor pueda ser denominado transductor es preciso que las magnitudes de entrada y salida sean de tipos diferentes.

### 3.2.3.1 TIPOS DE SENSORES

Según el aporte de energía:

- Moduladores: La energía de la señal de salida procede, en su mayor parte, de una fuente de energía auxiliar. La entrada solo controla la salida y su sensibilidad se puede modificar a través de la alimentación a diferencia de los generadores. Ejemplo: termistor.
- Generadores: En estos tipos de sensores, en cambio, la energía de salida es suministrada por la entrada. Ejemplo: termopar.

Según la señal de salida:

- Analógicos: La señal varía, a nivel macroscópico, en forma continua. La información está en la amplitud. Ejemplo: Potenciómetro.
- Digitales: La salida varía en forma de saltos o pasos discretos. No requieren conversión A/D y la transmisión de su salida es más fácil, tienen mayor fiabilidad y fidelidad y más exactitud muchas veces. Lamentablemente no existe un modelo digital para muchas magnitudes físicas de mayor interés. Ejemplo: Codificador de posición.

Según el modo de funcionamiento:

- De deflexión: La magnitud medida produce algún efecto físico, que engendra algún efecto similar, pero opuesto, en alguna parte del instrumento, y que está relacionado con alguna variable útil. Ejemplo: Acelerómetro de deflexión.
- De comparación: Se intenta mantener nula la deflexión mediante la aplicación de un efecto bien conocido, opuesto al generado por la magnitud a medir. Hay un detector del desequilibrio y un medio para restablecerlo. Este tipo de funcionamiento suele ser más exacto por que el efecto conocido opuesto se puede calibrar con un patrón o magnitud de referencia de calidad. Ejemplo: Servoacelerómetro.

Según el tipo de relación Entrada/Salida:

- Los sensores pueden ser de orden cero, primer orden, segundo orden o de un orden superior. El orden está relacionado con el número de elementos almacenadores de energía independientes que incluye el sensor, y repercute en su exactitud y velocidad de respuesta. Esta clasificación es muy importante cuando el sensor forma parte de un sistema de control de lazo cerrado.

Según la magnitud a medir:

- Pueden ser sensores de temperatura, presión, caudal, humedad, posición, velocidad, aceleración, fuerza, par, etc.

Desde el punto de vista de ingeniería electrónica, es más atractiva la clasificación de acuerdo al parámetro variable: resistencia, capacidad, inductancia y los sensores generadores de tensión, carga o corriente.

### 3.2.4 ACONDICIONAMIENTO

Los acondicionadores de señal, adaptadores o amplificadores, en sentido amplio, son los elementos del sistema de medida que ofrecen, a partir de la señal de salida de un sensor electrónico, una señal apta para ser presentada, registrada, transmitida o simplemente ser utilizada para su tratamiento posterior. Consisten normalmente en circuitos electrónicos que ofrecen, entre otras funciones, las siguientes: amplificación, filtrado, adaptación de impedancias, modulación, etc.

Por ejemplo, si la señal requiere de un tratamiento digital y la salida es analógica, como normalmente ocurre, hará falta un convertidor analógico/digital (A/D). Estos tienen una impedancia de entrada limitada, exigen que la señal de entrada sea continua o que no varíe mucho. Estas condiciones requieren de un circuito de acondicionamiento entre el sensor y el convertidor A/D.

### 3.2.5 CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS DE LOS SISTEMAS DE MEDIDA

El comportamiento del sistema de medida depende del sensor empleado, es por ello importante describir las características de los sensores. En la mayoría de los sistemas de medida la variable a medir varía tan lentamente que basta con conocer las características estáticas del sensor. Ahora bien, las características estáticas influyen también en el comportamiento dinámico del sensor. No obstante, se suele evitar su consideración conjunta por las dificultades matemáticas que entraña, por lo cual las características estáticas y dinámicas se estudian por separado.

- **Exactitud**

Es la cualidad que caracteriza la capacidad de un instrumento de medida de dar indicaciones que se aproximen al verdadero valor de la magnitud medida. El valor exacto, preciso o ideal es el que se obtendría si se midiera con un método ejemplar.

La discrepancia entre el valor dado por el instrumento y el verdadero valor de la magnitud medida se denomina error. La diferencia entre la indicación del instrumento y el verdadero valor se denomina error absoluto.

**Error Absoluto = Resultado – Verdadero Valor**

Sin embargo, lo más común es expresar el error en forma de cociente entre el valor absoluto y el verdadero valor de la magnitud medida, cociente que se denomina error relativo.

$$\text{Error Relativo} = \frac{\text{Error Absoluto}}{\text{Verdadero Valor}}$$

- **Fidelidad**

Es la cualidad que caracteriza la capacidad de un instrumento de medida de dar el mismo valor de la magnitud medida, al medir varias veces en unas mismas condiciones determinadas (ambientales, operador, etc), prescindiendo de su concordancia o discrepancia con el valor real de dicha magnitud.

La repetibilidad se refiere al mismo hecho, pero cuando las medidas se realizan en un intervalo de tiempo corto. Cuantitativamente, es el valor por debajo del cual se encuentra, con una probabilidad especificada, el valor absoluto de la diferencia entre dos resultados individuales obtenidos en las condiciones antedichas. Si no se dice lo contrario, la probabilidad se toma 95%.

La reproductibilidad se refiere también al grado de coincidencia entre distintas lecturas individuales cuando se determina el mismo parámetro con un método concreto, pero con un conjunto de medidas a largo plazo o realizadas por personas distintas o con distintos aparatos o distintos laboratorios.

- **Sensibilidad**

Es la pendiente o curva de calibración, que puede ser o no constante a lo largo de la escala de medida. Para un sensor cuya salida esté relacionada con la entrada  $x$  mediante la ecuación  $y=f(x)$ , la sensibilidad en el punto  $X_a$ ,  $S(X_a)$  es:

$$S(Xa) = \left. \frac{dy}{dx} \right|_{X = Xa}$$

En los sensores interesa tener una sensibilidad alta y, si es posible, constante.

Para un sensor con respuesta  $y = kx + b$ .

La sensibilidad  $S=k$ , para todo el margen de  $x$  aplicables.

$$Y = Kx^2 + b$$

Para uno cuya respuesta sea

La sensibilidad es  $S = 2kx$ , y varía en todo el margen de medida.

Las tres características anteriores son suficientes para determinar el comportamiento estático de un sensor. Pero también se utilizan otras que expresan características alternativas.

- **Linealidad**

Expresa el grado de coincidencia entre la curva de calibración y una línea recta determinada. Los principales factores que influyen en la linealidad son: la resolución, el umbral y la histéresis. La resolución o discriminación es el incremento mínimo de la entrada para el que se obtiene un cambio en la salida. Cuando el incremento de la entrada se produce a partir de cero, se habla de umbral.

La histéresis se refiere a la diferencia en la salida para una misma entrada, según en la dirección en que se alcance. Es decir, puede suceder, análogamente a la magnetización de los materiales ferromagnéticos, que la salida correspondiente a una entrada dependa de si la entrada previa fue mayor o menor que la entrada actual.

### 3.2.5.1 ERRORES SISTEMATICOS

Se dice de un error que es sistemático cuando en el curso de varias medidas de una magnitud de un determinado valor, hechas en las mismas condiciones, o bien permanece constante en valor absoluto o signo, o bien varía de acuerdo a una ley definida cuando cambian las condiciones de medida. Estos errores dan lugar a un sesgo en las medidas.

La posibilidad de estos errores se entiende si se considera que en el resultado de una medida influye no solo el aparato utilizado para realizar la medición, sino también el método, el operario y otros factores (climáticas, eléctricas, mecánicas, etc.) que nunca son ideales, constantes y conocidas todas.

La presencia de errores sistemáticos se pueden detectar utilizando aparatos distintos para la medición, distintos operarios, distintas condiciones, etc.

### **3.2.5.2 ERRORES ALEATORIOS**

Son los que permanecen eliminando las condiciones de errores sistemáticos, es decir, cuando éste es nulo. Se manifiestan cuando se mide repetidamente la misma magnitud, con el mismo instrumento y el mismo método.

Los errores aleatorios se denominan también errores fortuitos o accidentales, y ello da a entender que pueden ser evitables.

### **3.2.6 SENSORES GENERADORES**

Los sensores generadores son aquellos que generan una señal eléctrica a partir de la magnitud que miden, sin necesidad de una alimentación eléctrica.

#### **3.2.6.1 SENSORES FOTOVOLTAICOS - EFECTO FOTOVOLTAICO**

El efecto fotovoltaico permite obtener una tensión eléctrica que es función de la intensidad de la radiación incidente. A la generación de un potencial cuando una radiación ioniza una zona donde hay una barrera de potencial se le denomina efecto fotovoltaico.

Al poner en contacto un semiconductor p (dopado con aceptadores) con un semiconductor n (dopado con donadores), debido al movimiento térmico hay electrones que pasan a la zona p y “huecos” que pasan a la zona n, donde se recombinan, respectivamente, con los portadores de carga de signo opuesto.

Como resultado, en una pequeña zona a ambos lados de la superficie de contactos apenas hay portadores libres, y los iones positivos de la zona n y los iones negativos de la zona p, fijos en sus posiciones en la estructura cristalina, crean un intenso campo eléctrico que se opone a la difusión de más portadores a través de esta barrera de potencial.



Si la unión p-n en circuito abierto, se irradia con radiación, visible o no, cuya energía supere la anchura de la banda prohibida, aparecen pares electrón-hueco adicional que se desplazan bajo la acción del campo eléctrico en la zona de unión. La llegada de electrones en la zona n y de huecos en la zona p, produce un cambio de potencial de contacto  $V_p$  que se puede medir mediante conexiones externas a una resistencia de carga. Esta tensión, en vacío, aumenta al hacerlo la intensidad de la radiación incidente hasta llegar a la saturación. Si se cortocircuitan los contactos, la corriente es proporcional a la iluminación para un amplio margen de ésta.

### 3.3 FOTODIODO

Un fotodiodo es un semiconductor construido con una unión P-N, sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja. Para que su funcionamiento sea correcto se polariza inversamente, con lo que se producirá una cierta circulación de corriente cuando sea excitado por la luz. Debido a su construcción, los fotodiodos se comportan como células fotovoltaicas, es decir, en ausencia de luz exterior generan una tensión muy pequeña con el positivo en el ánodo y el negativo en el cátodo. Esta corriente presente en ausencia de luz recibe el nombre de corriente de oscuridad.

Un fotodiodo es una unión P-N o estructura P-I-N. Cuando un haz de luz de suficiente energía incide en el diodo, excita un electrón dándole movimiento y crea un hueco con carga positiva. Si la absorción ocurre en la zona de agotamiento de la unión, o a una distancia de difusión de él, estos portadores son retirados de la unión por el campo de la zona de agotamiento, produciendo una fotocorriente.

Los diodos tienen un sentido normal de circulación de corriente, que se llama polarización directa. En ese sentido el diodo deja pasar la corriente eléctrica y prácticamente no lo permite en el inverso. En el fotodiodo la corriente (que varía con los cambios de la luz) es la que circula en sentido inverso al permitido por la juntura del diodo. Es decir, para su funcionamiento el fotodiodo es polarizado de manera inversa. Se producirá un aumento de la circulación de corriente cuando el diodo es excitado por la luz.

### 3.4 AMPLIFICADORES OPERACIONALES

El concepto original del AO (amplificador operacional) procede del campo de los computadores analógicos, en los que comenzaron a usarse técnicas operacionales en una época tan temprana como en los años 40. El nombre de

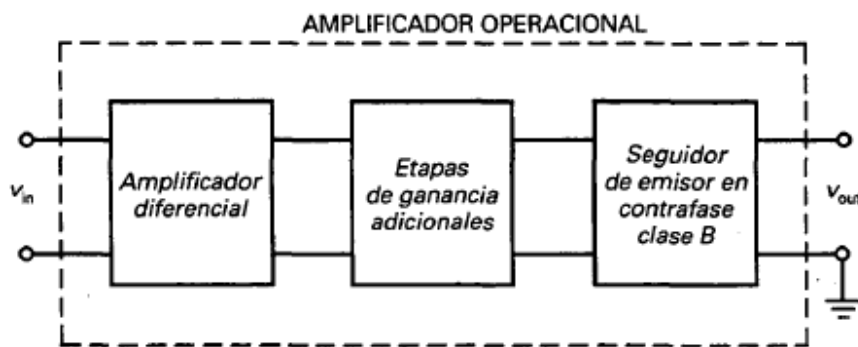
amplificador operacional deriva del concepto de un amplificador DC (amplificador acoplado en continua) con una entrada diferencial y ganancia extremadamente alta, cuyas características de operación estaban determinadas por los elementos de realimentación utilizados. Cambiando los tipos y disposición de los elementos de realimentación, podían implementarse diferentes operaciones analógicas; en gran medida, las características globales del circuito estaban determinadas sólo por estos elementos de realimentación. De esta forma, el mismo amplificador era capaz de realizar diversas operaciones, y el desarrollo gradual de los amplificadores operacionales dio lugar al nacimiento de una nueva era en los conceptos de diseño de circuitos.

Los primeros amplificadores operacionales usaban el componente básico de su tiempo: la válvula de vacío. El uso generalizado de los AOs no comenzó realmente hasta los años 60, cuando empezaron a aplicarse las técnicas de estado sólido al diseño de circuitos amplificadores operacionales, fabricándose módulos que realizaban la circuitería interna del amplificador operacional mediante diseño discreto de estado sólido. Entonces, a mediados de los 60, se introdujeron los primeros amplificadores operacionales de circuito integrado. En unos pocos años los amplificadores operacionales integrados se convirtieron en una herramienta estándar de diseño, abarcando aplicaciones mucho más allá del ámbito original de los computadores analógicos.

Con la posibilidad de producción en masa que las técnicas de fabricación de circuitos integrados proporcionan, los amplificadores operacionales integrados estuvieron disponibles en grandes cantidades, lo que, a su vez contribuyó a rebajar su coste. Hoy en día el precio de un amplificador operacional integrado de propósito general, con una ganancia de 100 Decibelios (En adelante Db), una tensión offset de entrada de 1 mili voltios (En adelante mV), una corriente de entrada de 100 nanoamper (En adelante nA). Y un ancho de banda de 1 Megahertz (MHz). es inferior a 1 euro. El amplificador, que era un sistema formado antiguamente por muchos componentes discretos, ha evolucionado para convertirse en un componente discreto él mismo, una realidad que ha cambiado por completo el panorama del diseño de circuitos lineales.

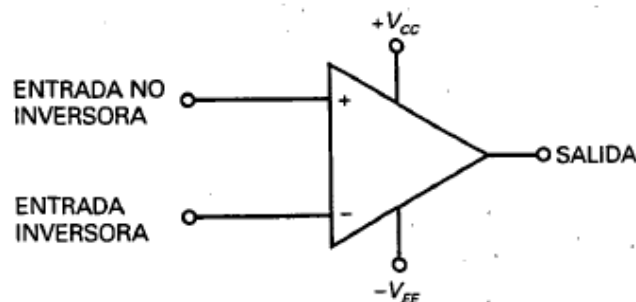
Con componentes de ganancia altamente sofisticados disponibles al precio de los componentes pasivos, el diseño mediante componentes activos discretos se ha convertido en una pérdida de tiempo y de dinero para la mayoría de las aplicaciones dc y de baja frecuencia. Claramente, el amplificador operacional integrado ha redefinido las "reglas básicas" de los circuitos electrónicos acercando el diseño de circuitos al de sistemas.

La etapa de entrada es un amplificador diferencial seguido de más etapas de ganancia y un seguidor de emisor clase B en contrafase. Debido a que la primera etapa es un amplificador diferencial, determina las características de entrada del amplificador operacional. En la mayoría de 10s amplificadores operacionales la salida es de un terminal, como se muestra en la figura 1.9. Con alimentación positiva y negativa, la salida se diseña para tener un valor cero en el punto de trabajo. De esta forma, una tensión de entrada cero produce idealmente una tensión de salida cero. (Principios de Electronica, Malvino 6ta Edicion)



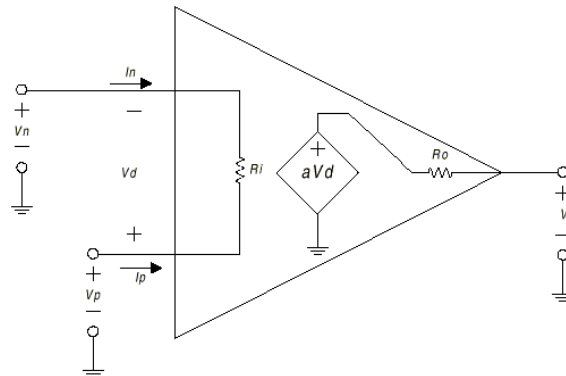
**Figura 3.6:** Diagrama en bloques del amplificador Operacional.  
**Fuente:** Principios de Electronica, Malvino 6ta Edicion.

La Figura 3.7 representa el símbolo eléctrico de un amplificador operacional. Tiene entradas inversoras y no inversoras y una salida de un terminal. Idealmente este símbolo significa que el amplificador tiene ganancia de tensión infinita, impedancia de entrada infinita e impedancia de salida cero. El amplificador operacional ideal representa un amplificador de tensión perfecto.



**Figura 3.7:** Símbolo Eléctrico del amplificador Operacional.  
**Fuente:** Principios de Electrónica, Malvino 6ta Edición.

### 3.4.1 EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL IDEAL.



**Figura 3.8:** El Amplificador Operacional Ideal.

**Fuente:** Principios de Electrónica, Malvino 6ta Edición.

$$V_o = aV_d$$

$$a = \text{infinito}$$

$$R_i = \text{infinito}$$

$$R_o = \text{infinito}$$

$$BW = \text{infinito}$$

$$V_o = 0 \text{ si } V_d = 0$$

Es un dispositivo de acoplo directo con entrada diferencial, y un único terminal de salida. El amplificador sólo responde a la diferencia de tensión entre los dos terminales de entrada, no a su potencial común. Una señal positiva en la entrada inversora (-), produce una señal negativa a la salida, mientras que la misma señal en la entrada no inversora (+) produce una señal positiva en la salida. Con una tensión de entrada diferencial,  $V_d$ , la tensión de salida,  $V_o$ , será

a  $V_d$ , donde  $a$  es la ganancia del amplificador. Ambos terminales de entrada del

amplificador se utilizarán siempre independientemente de la aplicación. La señal de salida es de un sólo terminal y está referida a masa, por consiguiente, se utilizan tensiones de alimentación bipolares ( $\pm$ )

Teniendo en mente estas funciones de la entrada y salida, podemos definir ahora las propiedades del amplificador ideal. Son las siguientes:

1. La ganancia de tensión es infinita:  $a = \infty$
2. La resistencia de entrada es infinita:  $R_i = \infty$

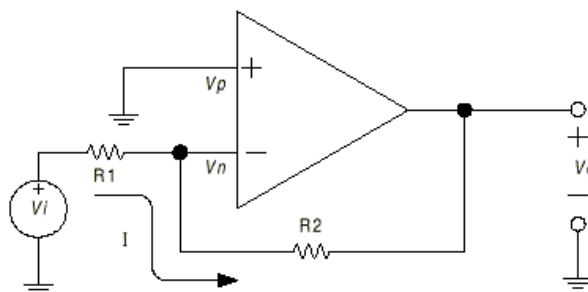
3. La resistencia de salida es cero:  $R_o = \infty$
4. El ancho de banda es infinito:  $BW = \infty$
5. La tensión offset de entrada es cero:  $V_0 = 0$  SI  $V_d = 0$

### 3.4.2 CONFIGURACIONES BASICAS DE UN AMPLIFICADOR OPERACIONAL

Los amplificadores operacionales se pueden conectar según dos circuitos amplificadores básicos: las configuraciones (1) inversora y (2) no inversora. Casi todos los demás circuitos con amplificadores operacionales están basados, de alguna forma, en estas dos configuraciones básicas. Además, existen variaciones estrechamente relacionadas de estos dos circuitos, más otro circuito básico que es una combinación de los dos primeros: el amplificador diferencial.

- El amplificador Inversor

La figura 3.9 ilustra la primera configuración básica del AO. El amplificador inversor. En este circuito, la entrada (+) está a masa, y la señal se aplica a la entrada (-) a través de R1, con realimentación desde la salida a través de R2.



**Figura 3.9:** El Amplificador Inversor.

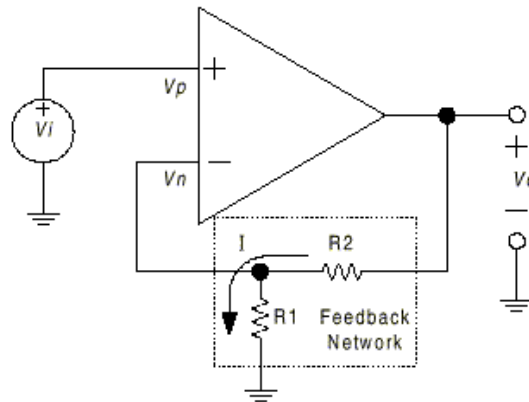
**Fuente:** Elaboración Propia

La ganancia del amplificador inversor:

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1}$$

- El amplificador No Inversor

La segunda configuración básica del AO ideal es el amplificador no inversor, mostrado en la figura 3.10.



**Figura 3.10:** El Amplificador No Inversor.

**Fuente:** Elaboración Propia

La ganancia del amplificador no inversor:

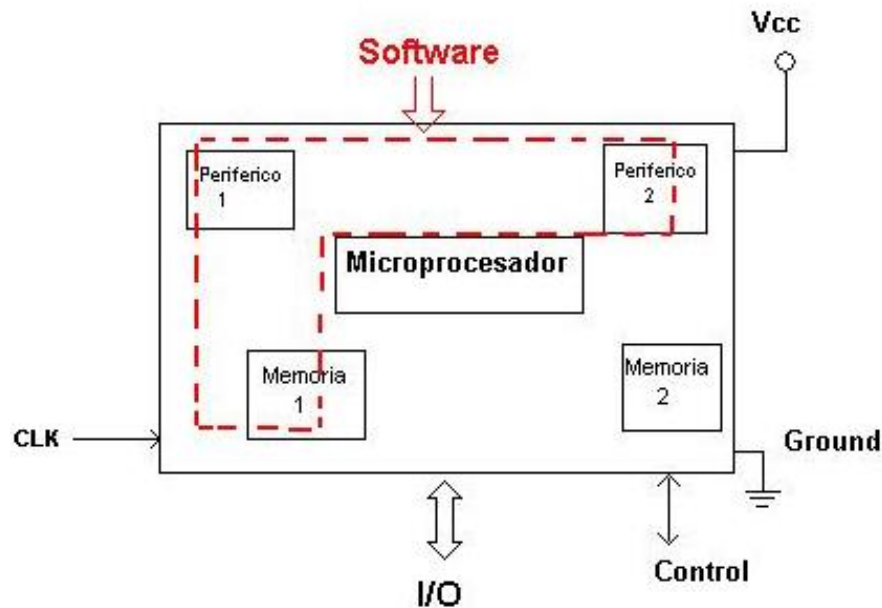
$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{(R_1 + R_2)}{R_1}$$

### 3.5 MICROCONTROLADOR

Un microcontrolador es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, Memoria y Unidades de Entrada y Salida (desde ahora E/S), es decir, se trata de un computador completo en un solo circuito integrado.

#### 3.5.1 CARACTERISTICAS

Son diseñados para disminuir el coste económico y el consumo de energía de un sistema en particular. Por eso el tamaño de la CPU, la cantidad de memoria y los periféricos incluidos dependerán de la aplicación, en la figura 3.11 se muestra el esquema básico del microcontrolador.



**Figura 3.11:** Esquema básico del microcontrolador.

**Fuente:** <http://microcontroladores-e.galeon.com/>

Un microcontrolador difiere de una CPU normal, debido a que es más fácil convertirla en una computadora en funcionamiento, con un mínimo de chips externos de apoyo. La idea es que el chip se coloque en el dispositivo, enganchado a la fuente de energía y de información que necesite. Un microprocesador tradicional no le permitirá hacer esto, ya que espera que todas estas tareas sean manejadas por otros chips. Hay que agregarle los módulos de entrada/salida (puertos) y la memoria para almacenamiento de información.

Un microcontrolador típico tendrá un generador de reloj integrado y una pequeña cantidad de memoria RAM y ROM/EPROM/EEPROM/FLASH, significando que para hacerlo funcionar, todo lo que se necesita son unos pocos programas de control y un cristal de sincronización. Los microcontroladores disponen generalmente también de una gran variedad de dispositivos de entrada/salida, como convertidores de analógico a digital, temporizadores, UARTs y buses de interfaz serie especializados, como I<sup>2</sup>C y CAN. Frecuentemente, estos dispositivos integrados pueden ser controlados por instrucciones de procesadores especializados. Los modernos microcontroladores frecuentemente incluyen un lenguaje de programación integrado.

### 3.5.2 ARDUINO MEGA 2560

El Mega 2560 es un tablero del microcontrolador basado en el ATmega2560. Cuenta con 54 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 15 se pueden utilizar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UART (puertos serie de hardware), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador; Simplemente se conecta a un ordenador con un cable USB o con un adaptador AC-DC o una batería. En cuanto a el código de programación, se puede descargar la aplicación de la página y, mediante este, crear programas para aplicaciones específicas, con el lenguaje universal C y las numerosas librerías disponibles.

### 3.6 RED CELULAR

La telefonía celular permite una comunicación en tiempo real, transmitiendo voz y datos, gracias a la velocidad con que viajan los datos a través de las redes existentes.

Una red de telefonía celular tiene por objeto la extensión del servicio telefónico terrestre fijo a terminales móviles, sustituyendo la línea de abonado fija, por una interfaz de radio móvil.

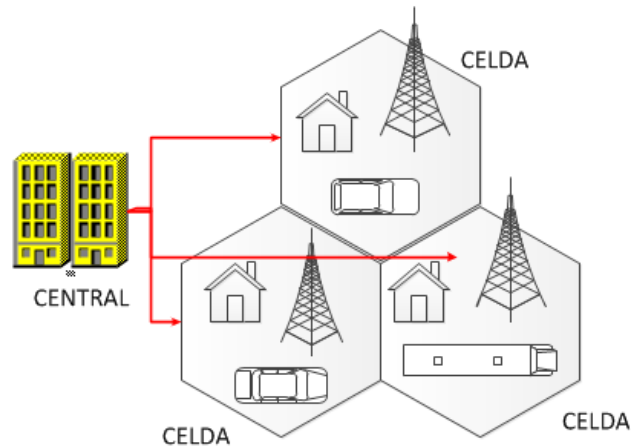
El concepto de una red celular es el siguiente:

- La división del territorio cubierto por una red en un conjunto de espacios llamados células o celdas.
- El reparto de los canales de radio (frecuencias disponibles) entre esas celdas y el rehuso de los mismos dentro de una cierta área de cobertura.

El uso de transmisores de baja potencia (Estaciones Bases) en cada una de las celdas. (Interfaz de radio GSM, Agustín Carrasco, Universidad Nacional de Córdoba)

Las celdas abarcan un área comprendida entre 1.5 y 15Km, dentro de las cuales existen una o varias estaciones repetidoras que trabajan en una determinada frecuencia que debe ser diferente de las celdas circundantes (Figura 3.12)





**Figura 3.12:** Concepto de Celdas.  
**Fuente:** Elaboración Propia

El área que cubre una radiobase se conoce como celda.

Como el número de frecuencias es limitado, es posible reutilizar las mismas frecuencias en otras celdas, siempre que no sean adyacentes (para evitar interferencia entre ellas), permitiendo que miles de personas puedan usar los teléfonos al mismo tiempo. (Figura 3.13)



**Figura 3.13:** Rehúso de frecuencias entre celdas no adyacentes.  
**Fuente:** Elaboración Propia

## Tecnologías de acceso celular

En la telefonía móvil se tienen tres tecnologías comúnmente usadas para transmitir información en las redes:

- Acceso Múltiple por División de Frecuencia, FDMA
- Acceso Múltiple por División de Tiempo, TDMA
- Acceso Múltiple por División de Código, CDMA

La diferencia primordial se encuentra en el método de acceso, el cual varía entre:

- Frecuencia, utilizada en la tecnología FDMA
- Tiempo, utilizado en la tecnología TDMA
- Códigos únicos, que se proveen a cada llamada en la tecnología CDMA

La primera parte de los nombres de las tres tecnologías —Acceso Múltiple, significa que más de un usuario puede usar cada celda.

### Tecnología FDMA

FDMA (Frequency Division Multiple Access) separa el espectro en distintos canales de voz, al separar el ancho de banda en pedazos uniformes. La tecnología FDMA es mayormente utilizada para la transmisión analógica y no es recomendada para transmisiones digitales, aun cuando es capaz de llevar información digital.

### Tecnología TDMA

TDMA (Time División Multiple Access) es una tecnología que establece un protocolo inalámbrico que permite a un gran número de usuarios acceso a una misma frecuencia de radio, dividiendo y enviando los datos encasillados a diferente tiempo.

La tecnología TDMA comprime las conversaciones digitales y las envía cada una utilizando la señal de radio por un tercio de tiempo solamente. La compresión de la señal de voz es posible debido a que la información digital puede ser reducida de tamaño por ser información binaria. Debido a esta compresión, la tecnología TDMA tiene tres veces la capacidad de un sistema analógico que utiliza el mismo número de canales.

## **Tecnología CDMA**

La tecnología CDMA (Code Division Multiple Access), después de digitalizar la información, la transmite a través de todo el ancho de banda disponible. Varias llamadas son sobrepuestas en el canal y cada una tiene un código de secuencia único.

Usando la tecnología CDMA es posible comprimir entre 8 y 10 llamadas digitales para que estas ocupen el mismo espacio que ocuparía una llamada en el sistema analógico.

### **3.6.1 TRANSMISION GPRS**

La red GSM prevé unos servicios de transmisión de datos desde la fase inicial. Sin embargo, se trata de servicios con modalidad de transferencia por conmutación del circuito, es decir, donde la red, una vez establecida la conexión física entre dos usuarios, dedica los recursos propios hasta que no es solicitado expresamente el establecimiento de la conexión, independientemente del hecho de que los dos usuarios se intercambien datos durante todo el tiempo de conexión.

Esta modalidad de transferencia es óptima sólo en el caso en que los dos usuarios tengan que intercambiarse una cantidad significativa de datos (transferencia de ficheros o archivos); resulta ineficiente en cuanto los datos a intercambiarse son de pequeña entidad o bien, en el caso más frecuente, el tráfico de datos es de tipo interactivo o transitorio, es decir, el tiempo de uso efectivo de los recursos de la red supone sólo una parte con respecto al tiempo total de conexión (como, por ejemplo, la navegación en Internet a través de la World Wide Web).

Con el sistema GPRS (General Packet Radio Service), introducido por ETSI (European Telecommunication Standard Institute) para la fase 2+ del sistema GSM, el acceso a la red de paquetes se lleva al nivel del usuario del móvil a través de protocolos como los TCP/IP (Transmission Control Protocol), X.25, y CLNP (Connectionless Network Protocol), sin ninguna otra necesidad de utilizar conexiones intermedias por conmutación del circuito.

Al contrario que el servicio de transferencia de datos con modalidad de conmutación de circuito, en el que cada conexión establecida se dedica sólo al usuario que la ha solicitado, el servicio GPRS permite la transmisión de paquetes en modalidad link by link, es decir, los paquetes de información se

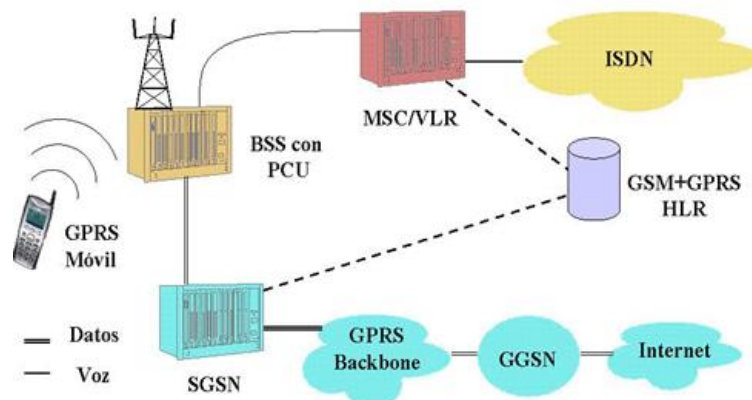
encaminan en fases separadas a través de los diversos nodos de soporte del servicio, denominados GSN (GPRS SupportNode).

Por ejemplo, una vez que un paquete ha sido transmitido por la interfaz de radio (Um), se liberan los recursos Um, y así pueden ser utilizados por algún otro usuario y el paquete se vuelve a enviar sucesivamente de nodo a nodo hacia su destino.

El servicio GPRS, por tanto, está dirigido a aplicaciones que tienen las siguientes características:

- Transmisión poco frecuente de pequeñas o grandes cantidades de datos (por ejemplo, aplicaciones interactivas)
- Transmisión intermitente de tráfico de datos bursty, aplicaciones en las que el tiempo medio entre dos transacciones consecutivas es de duración superior a la duración media de una única transacción.

### 3.6.2 ARQUITECTURA



**Figura 3.14:** Arquitectura de la red GPRS.

**Fuente:** (GSM, ARCHITECTURE, PROTOCOLS AND SERVICES, Christian Bettstetter, Hans-Jörg Vögel and Jörg Eberspächer, Christian Hartmann, 3ra Edición)

GPRS intenta reutilizar los elementos existentes en las redes GSM tanto como sea posible, pero con el objetivo de crear una red móvil de conmutación de paquetes se necesitan nuevas interfaces, protocolos y elementos de red, además de necesitar actualizar numerosos elementos de los existentes.

### 3.6.3 SURGIMIENTO DE GPRS

#### GSM: LA BASE DEL GPRS

El sistema GSM es el sistema de comunicación de móviles digital de 2ª generación basado en células de radio. Apareció para dar respuestas a los problemas de los sistemas analógicos.

Fue diseñado para la transmisión de voz por lo que se basa en la conmutación de circuitos, aspecto del que se diferencia del sistema GPRS. Al realizar la transmisión mediante conmutación de circuitos los recursos quedan ocupados durante toda la comunicación y la tarificación es por tiempo. Más adelante veremos cómo estas limitaciones hacen ineficiente la transmisión de datos con GSM y como GPRS lo soluciona. ([www.mobilegprs.com](http://www.mobilegprs.com))

#### 3.6.4 ARQUITECTURA DE UNA RED GSM.

Todas las redes GSM se pueden dividir en cuatro partes fundamentales y bien diferenciadas:

- La Estación Móvil o Mobile Station (MS): Consta a su vez de dos elementos básicos que debemos conocer, por un lado el terminal o equipo móvil y por otro lado el SIM o Subscriber Identity Module. Con respecto a los terminales poco hay para decir ya que los hay para todos los gustos, la diferencia entre unos y otros radica fundamentalmente en la potencia que tienen que va desde los 20 watos hasta los 2 watos de nuestros terminales.

El SIM es una pequeña tarjeta inteligente que sirve para identificar las características de nuestro terminal. Esta tarjeta se inserta en el interior del móvil y permite al usuario acceder a todos los servicios que haya disponibles por su operador, sin la tarjeta SIM el terminal no nos sirve de nada porque no podemos hacer uso de la red. El SIM está protegido por un número de cuatro dígitos que recibe el nombre de PIN o Personal Identification Number.

La mayor ventaja de las tarjetas SIM es que proporcionan movilidad al usuario ya que puede cambiar de terminal y llevarse consigo el SIM aunque todos sabemos que esto en la práctica en muchas ocasiones no resulta tan sencillo. Una vez que se introduce el PIN en el terminal, el terminal va a ponerse a buscar redes GSM que estén disponibles y va a tratar de validarse en ellas,

una vez que la red (generalmente la que tenemos contratada) ha validado nuestro terminal el teléfono queda registrado en la célula que lo ha validado.

- La Estación Base o Base Station Subsystem (BSS): Sirve para conectar a las estaciones móviles con los NSS, además de ser los encargados de la transmisión y recepción. Como los MS también constan de dos elementos diferenciados: La Base Transceiver Station (BTS) o Base Station y la Base Station Controller (BSC). La BTS consta de transceivers y antenas usadas en cada célula de la red y que suelen estar situadas en el centro de la célula, generalmente su potencia de transmisión determinan el tamaño de la célula. Los BSC se utilizan como controladores de los BTS y tienen como funciones principales las de estar al cargo de los handovers, los frequency hopping y los controles de las frecuencias de radio de los BTS.
- El Subsistema de Conmutación y Red o Network and Switching Subsystem (NSS): Este sistema se encarga de administrar las comunicaciones que se realizan entre los diferentes usuarios de la red; para poder hacer este trabajo la NSS se divide en siete sistemas diferentes, cada uno con una misión dentro de la red:

Mobile Services Switching Center (MSC): Es el componente central del NSS y se encarga de realizar las labores de conmutación dentro de la red, así como de proporcionar conexión con otras redes.

Gateway Mobile Services Switching Center (GMSC): Un gateway es un dispositivo traductor (puede ser software o hardware que se encarga de interconectar dos redes haciendo que los protocolos de comunicaciones que existen en ambas redes se entiendan. Bien, la misión del GMSC es esta misma, servir de mediador entre las redes de telefonía fijas y la red GSM

Home Location Register (HLR): El HLR es una base de datos que contiene información sobre los usuarios conectados a un determinado MSC. Entre la información que almacena el HLR tenemos fundamentalmente la localización del usuario y los servicios a los que tiene acceso. El HLR funciona en unión con en VLR que vemos a continuación.

Visitor Location Register (VLR): contiene toda la información sobre un usuario necesaria para que dicho usuario acceda a los servicios de red. Forma parte del HLR con quien comparte funcionalidad.

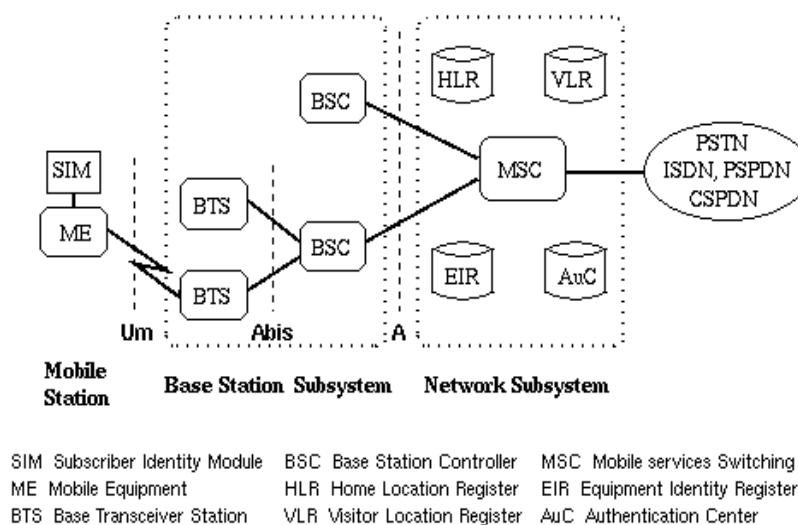
Authentication Center (AuC): Proporciona los parámetros necesarios para la autenticación de usuarios dentro de la red; también se encarga de soportar funciones de encriptación.

Equipment Identity Registrar (EIR): También se utiliza para proporcionar seguridad en las redes GSM pero a nivel de equipos válidos. La EIR contiene una base de datos con todos los terminales que son válidos para ser usados en la red. Esta base de datos contiene los International Mobile Equipment Identity o IMEI de cada terminal, de manera que si un determinado móvil trata de hacer uso de la red y su IMEI no se encuentra localizado en la base de datos del EIR no puede hacer uso de la red.

GSM Interworking Unit (GIWU): sirve como interfaz de comunicación entre diferentes redes para comunicación de datos.

Los Subsistemas de soporte y Operación o Operation and Support Subsystem (OSS): Los OSS se conectan a diferentes NSS y BSC para controlar y monitorizar toda la red GSM. La tendencia actual en estos sistemas es que, dado que el número de BSS se está incrementando se pretende delegar funciones que actualmente se encarga de hacerlas el subsistema OSS t eb los BTS de modo que se reduzcan los costes de mantenimiento del sistema. (GSM, ARCHITECTURE, PROTOCOLS AND SERVICES, *Christian Bettstetter, Hans-Jörg Vögel and Jörg Eberspächer, Christian Hartmann, 3ra Edición*)

A continuación un esquema de lo mencionado anteriormente:



**Figura 3.15:** Esquema de funcionamiento GSM.

**Fuente:** www.mobilegprs.com

### 3.6.5 LIMITACIONES DE GSM PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS

Las redes GSM tienen ciertas limitaciones para la transmisión de datos:

- Velocidad de transferencia de 9,6 Kbps.
- Tiempo de establecimiento de conexión, de 15 a 30 segundos. Además las aplicaciones deben ser reinicializadas en cada sesión.
- Pago por tiempo de conexión.
- Problemas para mantener la conectividad en itinerancia (Roaming).

La baja velocidad de transferencia limita la cantidad de servicios que Internet nos ofrece. Por ejemplo, a 9,6 Kbps no se puede navegar por Internet de una manera satisfactoria. Si, además, tenemos en cuenta que estamos pagando por tiempo de conexión, los costos se disparan. Esta es la eterna lucha, pues no se puede comparar una hora de conversación con una hora de navegar por Internet. La combinación de estos tres factores negativos hace que GSM sea una tecnología mayoritariamente utilizada para la voz y no para los datos.

Las tradicionales redes GSM no se adaptan adecuadamente a las necesidades de transmisión de datos con terminales móviles. Por ello surge una nueva tecnología portadora denominada GPRS (General Packet Radio Service) que unifica el mundo IP con el mundo de la telefonía móvil, creándose toda una red paralela a la red GSM y orientada exclusivamente a la transmisión de datos.

### 3.6.6 GPRS – CONCEPTO

GPRS es una nueva tecnología que comparte el rango de frecuencias de la red GSM utilizando una transmisión de datos por medio de 'paquetes'. La conmutación de paquetes es un procedimiento más adecuado para transmitir datos, hasta ahora los datos se habían transmitido mediante conmutación de circuitos, procedimiento más adecuado para la transmisión de voz.

A continuación algunas diferencias entre GSM y GPRS:

- Los canales se comparten entre los diferentes usuarios:

En GSM, cuando se realiza una llamada se asigna un canal de comunicación al usuario, que permanecerá asignado aunque no se envíen datos. En GPRS los



canales de comunicación se comparten entre los distintos usuarios dinámicamente, de modo que un usuario sólo tiene asignado un canal cuando se está realmente transmitiendo datos. Para utilizar GPRS se precisa un teléfono que soporte esta tecnología. La mayoría de estos terminales soportarán también GSM, por lo que podrá realizar sus llamadas de voz utilizando la red GSM de modo habitual y sus llamadas de datos (conexión a internet, WAP, sms...) tanto con GSM como con GPRS.

La tecnología GPRS, o generación 2.5, representa un paso más hacia los sistemas inalámbricos de Tercera Generación o UMTS. Su principal baza radica en la posibilidad de disponer de un terminal permanentemente conectado, tarifando únicamente por el volumen de datos transferidos (enviados y recibidos) y no por el tiempo de conexión como hemos podido observar en un punto anterior.

- Obtiene mayor velocidad y mejor eficiencia de la red: Tradicionalmente la transmisión de datos inalámbrica se ha venido realizando utilizando un canal dedicado GSM a una velocidad máxima de 9.6 Kbps. Con el GPRS no sólo la velocidad de transmisión de datos se ve aumentada hasta un mínimo 40 Kbps y un máximo de 115 Kbps por comunicación, sino que además la tecnología utilizada permite compartir cada canal por varios usuarios, mejorando así la eficiencia en la utilización de los recursos de red.

La tecnología GPRS permite proporcionar servicios de transmisión de datos de una forma más eficiente a como se venía haciendo hasta el momento.

GPRS es una evolución no traumática de la actual red GSM: no conlleva grandes inversiones y reutiliza parte de las infraestructuras actuales de GSM. Por este motivo, GPRS tendrá, desde sus inicios, la misma cobertura que la actual red GSM. GPRS (Global Packet Radio Service) es una tecnología que subsana las deficiencias de GSM.

### **3.6.7 GPRS Vs GSM**

Como hemos visto anteriormente el sistema GSM no se adapta del todo bien a la transmisión de datos. Vamos a ver ahora las características de GPRS:

- Velocidad de transferencia de hasta 144 Kbps.
- Conexión permanente. Tiempo de establecimiento de conexión inferior al segundo.

- Pago por cantidad de información transmitida, no por tiempo de conexión. Veamos unos ejemplos de los tamaños de información que descargaríamos: Envío de un e-mail de 5 líneas de texto con un anexo (documento tipo de Word de 4 páginas), consumiría alrededor de 95 kbytes.

Acceder a un buscador, buscar un término (ej. viajes) y recibir una pantalla de respuesta podría ocupar 100 kbytes aproximadamente.

Recibir una hoja de cálculo (documento tipo Excel de 5 hojas), consumiría aproximadamente 250 kbytes.

Bajarse una presentación (documento tipo PowerPoint de 20 diapositivas y con fotos) equivale a unos 1.000 kbytes.

Como vemos estas características se amoldan mucho mejor para la transmisión de datos que el tradicional sistema GSM.

### **Características Generales GPRS.**

**VELOCIDAD DE TRANSMISION: 115Kbps.**

ANCHO DE CANAL: 200KHZ.

TIPO DE MODULACION: GMSK (Guassian Minimun Shift Key).

### **Comparación con otras tecnologías.**

1G: Red celular analógica

- Conmutación de circuitos

2G: Red celular digital (GSM)

- Conmutación de circuitos

2,5 G: Red celular digital (GPRS)

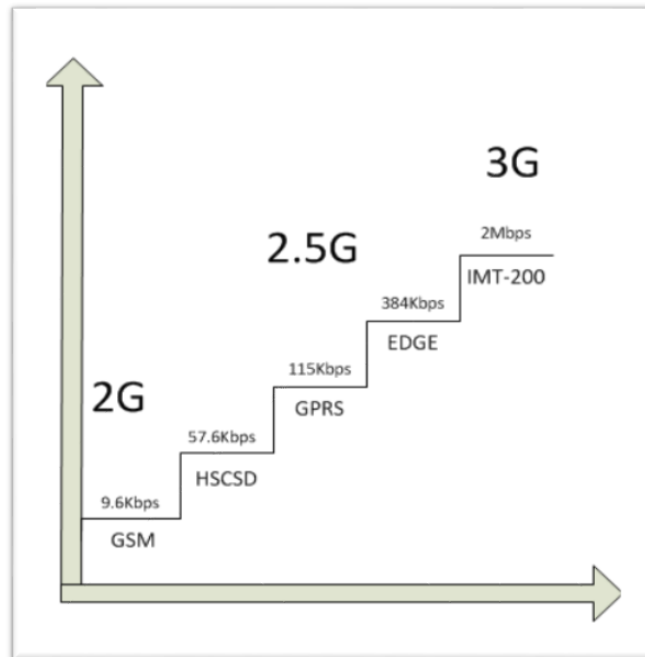
- Conmutación de paquetes

3G: Red celular digital UMTS

- Conmutación de paquetes

4G: Red celular digital multimedia:

- Todo IP (VoIP )

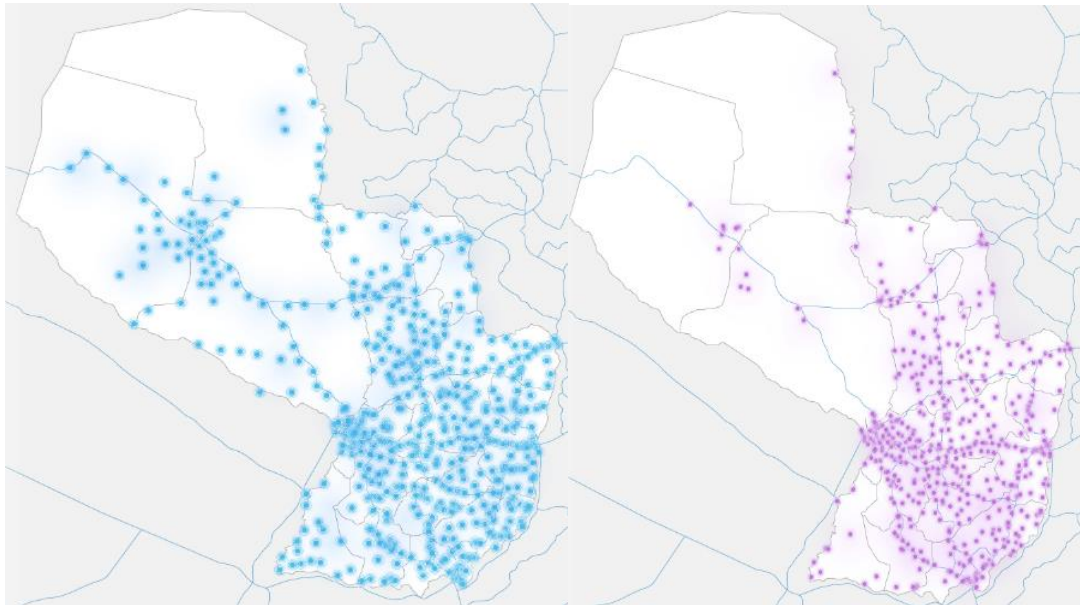


**Figura 3.16:** Evolución Red Celular.

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.6.8 COBERTURA 2G

Un aspecto importante a la hora de decidir qué tipo de transmisión celular utilizar es la cobertura, nuestro país tiene cubierto casi en su totalidad de su territorio el servicio 2G en comparación con la tecnología 3G, como se ilustran en las siguientes figuras obtenidas en la página web de una empresa de telefonía celular:



**Figura 3.17:** Cobertura 2G (izquierda) y 3G (Derecha)

**Fuente:** [www.tigo.com.py](http://www.tigo.com.py)

Como se puede apreciar en las figuras de arriba, la red 2G es ideal para la idea de transmitir los datos de radiación solar desde cualquier punto del país donde exista dicha red.

### 3.7 PANEL SOLAR

Las celdas fotovoltaicas son placas fabricadas principalmente de silicio. Cuando al silicio se le añaden cantidades relativamente pequeñas de ciertos materiales con características muy particulares, obtiene propiedades eléctricas únicas en presencia de luz solar: los electrones son excitados por los fotones asociados a la luz y se mueven a través del silicio produciendo una corriente eléctrica; este efecto es conocido como fotovoltaico. La eficiencia de conversión de estos sistemas es de alrededor de 15%, por lo que un metro cuadrado puede proveer aproximadamente entre unos 150 Watts. (Energía Solar, 4ta Edición Nestor Quadri).

Para obtener la energía necesaria como para hacer funcionar los aparatos eléctricos de cierta potencia, es necesario conectar varias celdas fotovoltaicas entre si, formando lo que se denomina módulo de fotocélulas, el que se diseña para proporcionar una potencia máxima a un voltaje determinado.

La unión de varios módulos constituye un panel fotovoltaico, el cual es diseñado en función de la potencia necesaria para el consumo.

En general los módulos se proyectan para un voltaje alrededor de 12 Voltios (en adelante V). (Energía Solar, 4ta Edición Nestor Quadri).

El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son:

- Radiación de 1000 W/m<sup>2</sup>
- Temperatura de célula de 25 °C (no temperatura ambiente).
- Los paneles solares se dividen en:
  - Mono cristalinas: se componen de secciones de un único cristal de silicio (Si) (reconocibles por su forma circular u octogonal, donde los 4 lados cortos, si se puede apreciar en la imagen, se aprecia que son curvos, debido a que es una célula circular recortada).
  - Policristalinas: cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.
  - Amorfás: cuando el silicio no se ha cristalizado.

Su efectividad es mayor, cuanto mayor son los cristales, pero también su peso, grosor y coste. El rendimiento de las primeras puede alcanzar el 20% mientras que el de las últimas puede no llegar al 10%, sin embargo su coste y peso es muy inferior.

El coste de los paneles fotovoltaicos se ha reducido de forma constante desde que se fabricaron las primeras células solares comerciales y su coste medio de generación eléctrica ya es competitivo con las fuentes de energía convencionales en un creciente número de regiones geográficas, alcanzando la paridad de red.

### **Las cuatro generaciones de células fotovoltaicas**

La primera generación de células fotovoltaicas consistía en una gran superficie de cristal simple. Una simple capa con unión diodo p-n, capaz de generar energía eléctrica a partir de fuentes de luz con longitudes de onda similares a las que llegan a la superficie de la Tierra provenientes del Sol. Estas células están fabricadas, usualmente, usando un proceso de difusión con obleas de silicio. Esta primera generación (conocida también como células solares basadas en oblea) son, actualmente, (2007) la tecnología dominante en la producción comercial y constituyen, aproximadamente, el 86% del mercado de células solares terrestres.

La segunda generación de materiales fotovoltaicos se basa en el uso de depósitos epitaxiales muy delgados de semiconductores sobre obleas con concentradores. Hay dos clases de células fotovoltaicas epitaxiales: las espaciales y las terrestres. Las células espaciales, usualmente, tienen eficiencias AM0 (Air Mass Zero) más altas (28-30%), pero tienen un costo por vatio más alto. En las terrestres la película delgada se ha desarrollado usando procesos de bajo costo, pero tienen una eficiencia AM0 (7-9%), más baja, y, por razones evidentes, se cuestionan para aplicaciones espaciales.

La llegada de películas delgadas de Ga y As para aplicaciones espaciales (denominadas células delgadas) con potenciales de eficiencia AM0 por encima del 37% está, actualmente, en estado de desarrollo para aplicaciones de elevada potencia específica. La segunda generación de células solares constituye un pequeño segmento del mercado fotovoltaico terrestre, y aproximadamente el 90% del mercado espacial.

La tercera generación de células fotovoltaicas que se están proponiendo en la actualidad (2007) son muy diferentes de los dispositivos semiconductores de las generaciones anteriores, ya que realmente no presentan la tradicional unión p-n para separar los portadores de carga fotogenerados. Para aplicaciones espaciales, se están estudiando dispositivos de huecos cuánticos (puntos cuánticos, cuerdas cuánticas, etc.) y dispositivos que incorporan nanotubos de carbono, con un potencial de más del 45% de eficiencia AM0. Para aplicaciones terrestres, se encuentran en fase de investigación dispositivos que incluyen células fotoelectroquímicas, células solares de polímeros, células solares denanocristales y células solares de tintas sensibilizadas.

Una hipotética cuarta generación de células solares consistiría en una tecnología fotovoltaica compuesta en las que se mezclan, conjuntamente, nanopartículas con polímeros para fabricar una capa simple multiespectral. Posteriormente, varias capas delgadas multiespectrales se podrían apilar para fabricar las células solares multiespectrales definitivas. Células que son más eficientes, y baratas.

### 3.7.1 FACTORES DE EFICIENCIA DE UNA CÉLULA SOLAR

#### **Punto de máxima potencia**

Una placa o célula solar puede operar en un amplio rango de voltajes e intensidades de corriente. Esto puede lograrse variando la resistencia de la carga, en el circuito eléctrico, por una parte, y por la otra

variando la impedancia de la célula desde el valor cero (valor de cortocircuito) a valores muy altos (circuito abierto) y se puede determinar el punto de potencia máxima teórica, es decir, el punto que maximiza  $V$  y tiempo frente a  $I$ , o lo que es lo mismo, la carga para la cual la célula puede entregar la máxima potencia eléctrica para un determinado nivel de radiación.

El punto de potencia máxima de un dispositivo fotovoltaico varía con la iluminación incidente. Para sistemas bastante grandes se puede justificar un incremento en el precio con la inclusión de dispositivos que midan la potencia instantánea por medida continua del voltaje y la intensidad de corriente (y de ahí la potencia transferida), y usar esta información para ajustar, de manera dinámica, y en tiempo real, la carga para que se transfiera, siempre, la máxima potencia posible, a pesar de las variaciones de luz, que se produzcan durante el día.

### **Eficiencia en la conversión de energía**

La eficiencia de una célula solar ( $\eta$ , "eta"), es el porcentaje de potencia convertida en energía eléctrica de la luz solar total absorbida por un panel, cuando una célula solar está conectada a un circuito eléctrico. Este término se calcula usando la relación del punto de potencia máxima,  $P_m$ , dividido entre la luz que llega a la celda irradiancia ( $E$ , en  $W/m^2$ ), bajo condiciones estándar (STC) y el área superficial de la célula solar ( $A_c$  en  $m^2$ ).

$$\eta = \frac{P_m}{E \times A_c}$$

La STC especifica una temperatura de  $25\text{ }^\circ\text{C}$  y una irradiancia de  $1000\text{ }W/m^2$  con una masa de aire espectral de 1,5 (AM 1,5). Esto corresponde a la irradiación y espectro de la luz solar incidente en un día claro sobre una superficie solar inclinada con respecto al sol con un ángulo de  $41,81^\circ$  sobre la horizontal.

Esta condición representa, aproximadamente, la posición del sol de mediodía en los equinoccios de primavera y otoño en los estados continentales de los EEUU con una superficie orientada directamente al sol. De esta manera, bajo estas condiciones una célula solar típica de  $100\text{ }cm^2$ , y de una eficiencia del 12%, aproximadamente, se espera que pueda llegar a producir una potencia de 1,2 vatios.

## Factor de llenado

Otro término para definir la eficacia de una célula solar es el factor de llenado o fill factor (FF), que se define como la relación entre el máximo punto de potencia dividido entre el voltaje en circuito abierto ( $V_{oc}$ ) y la corriente en cortocircuito  $I_{sc}$ :

$$FF = \frac{P_m}{V_{OC} \times I_{sc}} = \frac{\eta \times A_C \times E}{V_{OC} \times I_{sc}}$$

### 3.7.2 POTENCIA Y COSTES

En un día soleado, el Sol irradia alrededor de 1 kW/m<sup>2</sup> a la superficie de la Tierra. Considerando que los paneles fotovoltaicos actuales tienen una eficiencia típica entre el 12%-25%, esto supondría una producción aproximada de entre 120-250 W/m<sup>2</sup> en función de la eficiencia del panel fotovoltaico.

Por otra parte, están produciéndose grandes avances en la tecnología fotovoltaica y ya existen paneles experimentales con rendimientos superiores al 40%.

A latitudes medias y septentrionales, teniendo en cuenta el ciclo diurno y las condiciones atmosféricas, llegan a la superficie terrestre 100 W/m<sup>2</sup> de media en invierno y 250 W/m<sup>2</sup> en verano. Con una eficiencia de conversión de, aproximadamente, 12%, se puede esperar obtener 12 y 30 vatios por metro cuadrado de celda fotovoltaica en invierno y verano, respectivamente.

Con los costes actuales de energía eléctrica, 0.08 \$/kWh (USD), un metro cuadrado generará hasta 0.06 \$/día, y un km<sup>2</sup> generará hasta 30 MW, o 50,000 \$/(km<sup>2</sup>.día). Para comparar, el Sahara despoblado se extiende por 9 millones de km<sup>2</sup>, con menos nubes y un mejor ángulo solar, pudiendo generar hasta 50 MW/km<sup>2</sup>, o 450 TW (teravatio) en total. El consumo de energía actual de la población terrestre está cercano a 12-13 TW en cualquier momento dado.



## CAPITULO 4

### 4.1 DESCRIPCION DEL PROYECTO

#### 4.1.1 PROPAGACION EN EL ESPACIO LIBRE

Toda onda se caracteriza por su frecuencia ( $f$ ) y su longitud de onda ( $\lambda$ ), ambas relacionadas por la velocidad de propagación en el medio, que habitualmente en antenas tiene las propiedades del vacío ( $c=3 \cdot 10^8$  m/s), con  $c=\lambda f$ . El conjunto de todas las frecuencias, o espectro de frecuencias, se divide por décadas en bandas, con la denominación presentada en la tabla 4.1. Cada aplicación tiene asignada por los organismos de normalización unas determinadas porciones de ese espectro.

BANDA	FRECUENCIA	LONG. DE ONDA	DENOMINACIÓN
ELF	<3 kHz	>100 km	Extremely Low Frequency
VLF	3-30 kHz	100-10 km	Very Low Frequency
LF	30-300 kHz	10-1 km	Low Frequency
MF	0,3 -3 MHz	1.000-100 m	Medium Frequency
HF	3-30 MHz	100-10 m	High Frequency
VHF	30-300 MHz	10-1 m	Very High Frequency
UHF	0,3 -3 GHz	100-10 cm	Ultra High Frequency
SHF	3-30 GHz	10-1 cm	Super High Frequency
EHF	30-300 GHz	10-1 mm	Extremely High Frequency

**TABLA 4.1:** Denominación de bandas de frecuencias

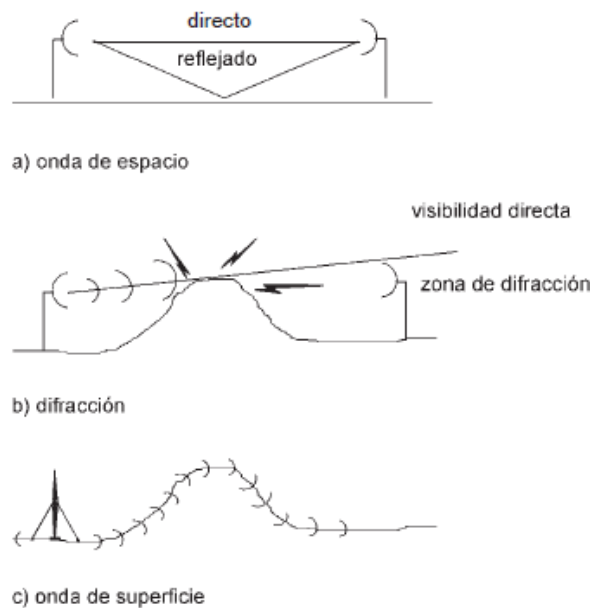
Fuente: Cardama

Todo sistema de telecomunicación debe diseñarse para que en el receptor se obtenga una relación señal-ruido mínima que garantice su funcionamiento. Los servicios de radiocomunicaciones, radiodifusión, radiolocalización (radar), teledetección y radioayudas a la navegación tienen en común el empleo de ondas electromagnéticas radiadas como soporte de la transmisión de información entre el transmisor y el receptor.

Para la correcta planificación de cualquiera de estos sistemas resulta esencial conocer los factores que pueden alterar la propagación electromagnética, su magnitud y su influencia en las distintas bandas de frecuencias.

Las características eléctricas de la tierra y su orografía influyen en la propagación de las ondas electromagnéticas. Al incidir una onda electromagnética sobre la tierra se produce una reflexión. La superposición de la onda directa y la reflejada da lugar a la llamada onda de espacio. La

formación de la onda de espacio puede ser constructiva o destructiva en función de las fases de la onda directa y la reflejada, lo que puede resultar en variaciones apreciables de la potencia recibida respecto al valor esperado en espacio libre. La presencia de obstáculos y la propia esfericidad de la tierra limitan la visibilidad entre antena transmisora y receptora. Al incidir una onda electromagnética sobre un obstáculo se produce un fenómeno de difracción por el cual el obstáculo irrradia parte de la energía interceptada. La difracción posibilita la recepción aun en el caso de que no exista visibilidad, si bien con una atenuación adicional respecto al espacio libre. A frecuencias bajas la tierra se comporta como un buen conductor, por lo que es posible inducir corrientes superficiales sobre la superficie de la tierra. A estas corrientes superficiales está asociada la onda de superficie que podrá recibirse aunque no exista visibilidad entre las antenas. En la figura 4.2 se representan de forma esquemática estos tres fenómenos asociados a la presencia de la tierra: reflexión, difracción y onda de superficie.



**Figura 4.1:** Propagación de ondas.

**Fuente:** Antenas, Cardama

La concentración de gases en la atmósfera introduce diferencias entre la propagación en el vacío y la atmósfera. La mayor concentración de gases se da en la capa más baja de la atmósfera, llamada troposfera, que se extiende desde el nivel del mar hasta unos 10 km de altitud aproximadamente. En condiciones atmosféricas normales la concentración de gases disminuye con la altura, lo que provoca una variación del índice de refracción de la atmósfera en

función de la altura. Por tanto, la atmósfera constituye un medio de propagación no homogéneo, lo que provoca una curvatura de las trayectorias de propagación o refracción.

Los factores que intervienen en la propagación en el entorno terrestre son múltiples, y cada uno de ellos afecta de forma distinta en las diferentes bandas de frecuencia.

En nuestro caso la banda utilizada es la siguiente:

Ondas ultracortas

(BANDA I : 47 a 68 MHz).

(BANDA II: 87,5 a 108 MHz).

(BANDA III: 174 a 230 MHz).

(BANDAS IV y V: 470 a 850 MHz).

Corresponde a las bandas de VHF y UHF. En estas bandas se encuentran los servicios de radiodifusión en FM y televisión terrena. La propagación se realiza por trayectos rectilíneos que se modifican por la refracción atmosférica. La difracción posibilita en ciertos casos la recepción sin visibilidad directa. La cobertura se encuentra limitada a algunas decenas de kilómetros, si bien en ciertas aplicaciones es posible obtener alcances del orden de los 300 km mediante difusión troposférica, ello es a costa de emplear grandes potencias de transmisión. Esta banda está libre de parásitos, por lo que se obtiene buena calidad de recepción. (Antenas, Ángel Cardama, 3ra Edición)

Un sistema de comunicación es la transmisión de la información de un lugar a otro; consta de un emisor, encargado de generar y transmitir los datos, un medio de transmisión por el cual viajara la información transmitida y un receptor que es el destino final de la información. Tienen un efecto reversible, es decir, se pueden emplear para la generación de acciones no eléctricas a partir de señales eléctricas.

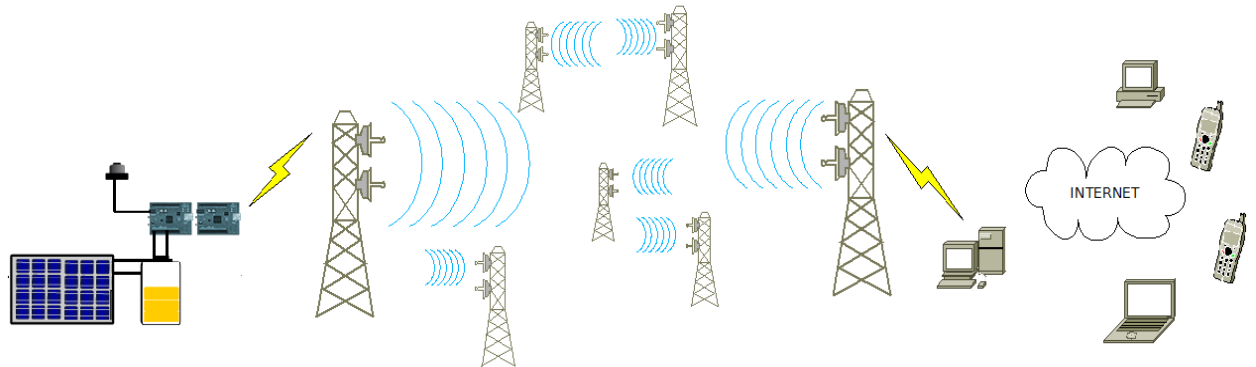


**Figura 4.2:** Sistema de transmisión.

**Fuente:** Elaboración propia.

El método de transmisión elegido para este trabajo es el de GSM/GPRS debido a la red e infraestructura ya existente por parte de las empresas dedicadas al

rubro de telefonía celular y que cubre casi en su totalidad el territorio de nuestro país. Otra ventaja sería que los datos a transmitir no serán de gran tamaño por lo que hace de esta forma de transmisión adecuada para este caso.



**Figura 4.3:** Esquema de funcionamiento.

**Fuente:** Elaboración propia.

El sistema consiste en la medición de la radiación solar captada por el sensor (piranómetro) , cuya salida es un nivel de tensión proporcional a la radiación incidente, esta pequeña tensión se transmite mediante un circuito de acoplamiento, que la transforma en un nivel más alto y más manejable, al microcontrolador que calcula la radiación correspondiente, y prepara los datos que son enviados al transmisor GSM/GPRS, que viene acoplado al Arduino y finalmente transmitido por el mismo, hasta el módulo de recepción y el servidor WEB que permite la visualización de los datos transmitidos desde cualquier computadora con acceso a internet.

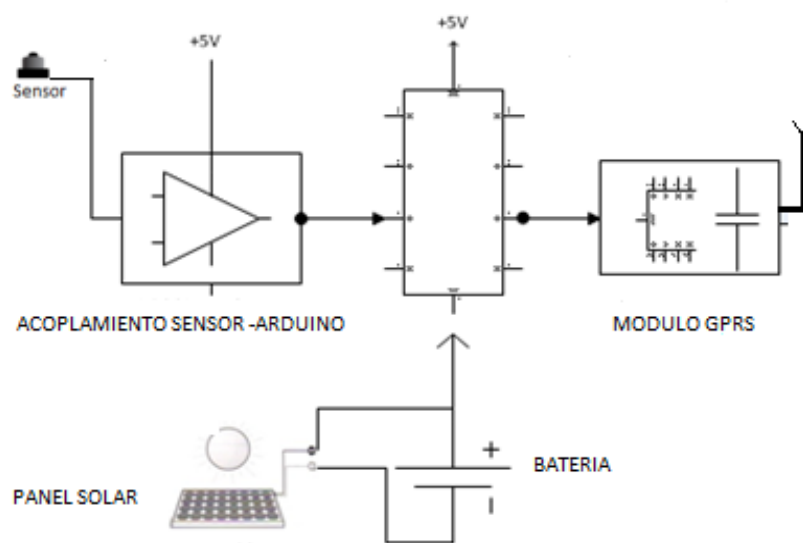
#### PARTE EMISOR

- El sensor de radiación solar.
- Circuito de acoplamiento (Sensor-Microcontrolador)
- El microcontrolador
- El módulo de transmisión GPRS.
- 

#### PARTE DE RECEPCIÓN

- Sistema de recepción.
- Un ordenador que procesa los datos.
- Servidor WEB.

El voltaje de salida del piranometro, del orden de los Microvoltios ( $\mu\text{V}$ ) es amplificado y acoplado al Arduino por medio de un circuito, constituido por amplificadores operacionales y resistencias. La señal generada es introducida en el Pin A1 del Arduino el cual es convertida a una señal digital para su procesamiento. El microcontrolador es el encargado de proporcionar el valor numérico correspondiente a la medición mediante un programa especialmente diseñado para este trabajo, de manera a poder ser transmitido luego por la red GSM/GPRS. La plataforma cuenta con una alimentación a través de un panel solar y una batería proporcionando así la autonomía y robustez (figura 4.4).



**Figura 4.4:** Diseño de Ingeniería.

**Fuente:** Elaboración propia.

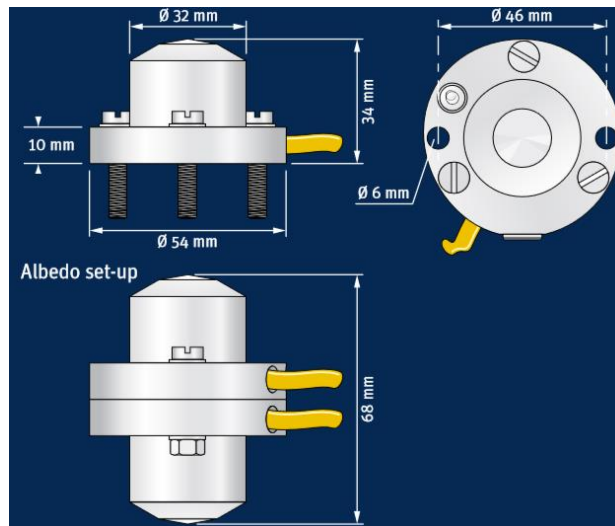
#### CRITERIOS DE INGENIERIA

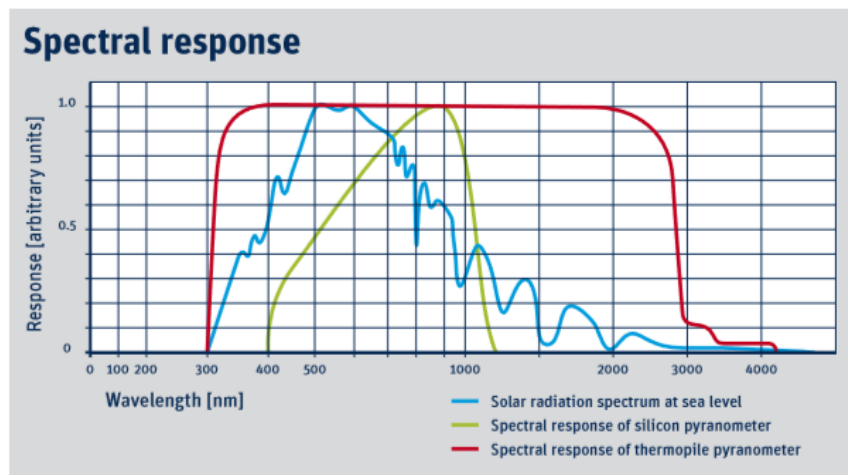
- Investigación del método de transmisión inalámbrica GPRS.
- Diseño del programa que proporcionara los datos y que acondicionara los mismos para la transmisión.
- Diseño y montaje de los circuitos de acoplamiento.
- Diseño, construcción y montaje de la plataforma de transmisión.
- Investigación acerca de la radiación solar y sus aplicaciones futuras.
- Estudio de paneles solares y sistemas autónomos.
- Programa servidor y almacenamiento.

## 4.2 MATERIALES Y METODOS

### 4.2.1 PIRANOMETRO SP LITE 2

Hemos visto anteriormente que las células fotovoltaicas son fabricadas principalmente de silicio, ya que este material tiene propiedades eléctricas únicas en presencia de luz solar. SP Lite2 es un piranómetro simple para las mediciones rutinarias de la radiación solar. Tiene un difusor cónico que proporciona excelente respuesta direccional (coseno), hace que la lluvia se escurra y es fácil de limpiar. Aunque el rango espectral está limitado por el detector fotodiodo, el rendimiento del SP Lite2 se compara favorablemente con los piranómetros termoplásticos ISO 9060 de segunda clase bajo condiciones de luz natural y sin obstrucciones. El flange de montaje incorpora un nivel de burbuja y tornillos de ajuste, para un nivelado fácil. Un orificio roscado toma la varilla de fijación accesoria de tornillo para encajar en mástiles y postes. Dos instrumentos SP Lite2 pueden ser fácilmente atornillados espalda con espalda, y equipados con la varilla de montaje, para hacer un albobómetro simple. La longitud estándar del cable es de 5 m, con una opción de 15 m.





Specifications	
Spectral range (overall)	400 to 1100 nm
Sensitivity	60 to 100 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$
Sensitivity (10 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$ version)	10 $\pm 0.5$ $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$
Impedance	50 $\Omega$
Impedance (10 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$ version)	< 10 $\Omega$
Expected output range (0 to 1500 $\text{W}/\text{m}^2$ )	0 to 150 mV
Expected output range (10 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$ version)	0 to 15 mV
Maximum operational irradiance	2000 $\text{W}/\text{m}^2$
Response time (95%)	< 500 ns
Non-stability (change/year)	< 2%
Non-linearity (0 to 1000 $\text{W}/\text{m}^2$ )	< 2.5%
Directional response (up to 80° with 1000 $\text{W}/\text{m}^2$ beam)	< 10 $\text{W}/\text{m}^2$
Temperature response	- 0.15%/°C
Field of view	180°
Accuracy of bubble level	< 0.2°
Detector type	Photo-diode
Operational temperature range	-40°C to +80°C
Storage temperature range	-40°C to +80°C
Humidity range	0 to 100% non-condensing
Ingress Protection (IP) rating	67

#### 4.2.2 CIRCUITO DE ACOPLAMIENTO (SENSOR - MICROCONTROLADOR)

El circuito de acoplamiento tiene la función de captar la señal del piranometro y amplificarla de manera a tener una señal adecuada para su tratamiento, la misma no debe superar el nivel de entrada máxima del microcontrolador, en

este caso de 5v., para ello es necesario saber el nivel más alto de tensión capaz de proporcionar el piranometro SP LITE 2, como es sabido que el nivel de tension es proporcional a la radiación solar incidente, con lo que al saber la máxima radiación recibida podemos calcular también la máxima tensión de salida del sensor y por ende hasta qué punto de amplificación necesitamos sin sobrepasar a la de la entrada del microcontrolador.

Es decir la adaptación de la señal del piranometro (analógico) al CAD (procesamiento digital) lo que implica la Amplificación y desplazamiento de nivel, compatibilizar la salida del sensor (diferencial, alta impedancia, etc) a la entrada del CAD.

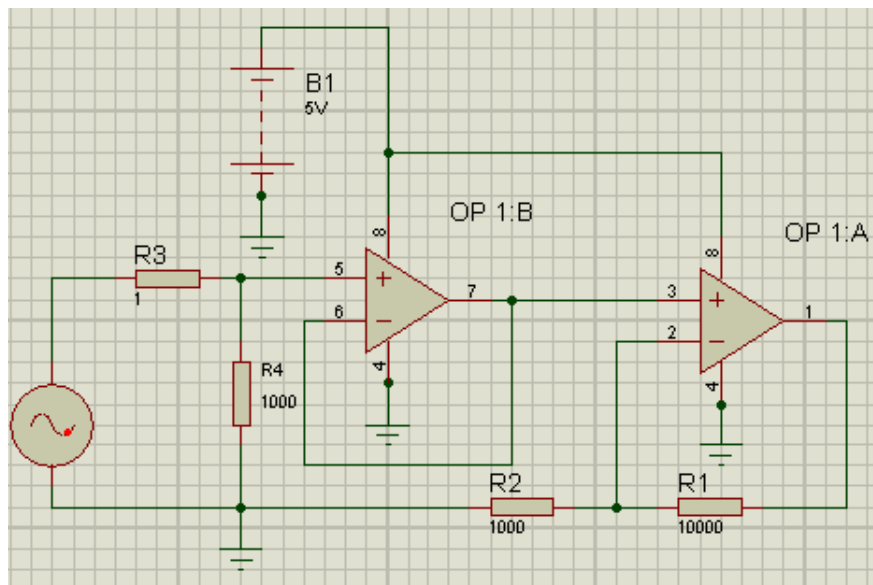


Figura 4.12: Circuito Acoplamiento Sensor - Microcontrolador.

Fuente: Elaboración propia.

El circuito está constituido básicamente por dos amplificadores operacionales, el primero cumple la función de adaptar la impedancia generada por el sensor al circuito amplificador no inversor, constituido por el segundo amplificador operacional, cuya ganancia viene dado por  $G = (\frac{R_1}{R_2} + 1)$  que amplifica la señal

a niveles aptos para ser manejados por el microprocesador. Los valores de  $R_2$  y  $R_1$  se calculan según la salida del sensor.

Atendiendo a que la señal generada por el piranometro es un voltaje de valor muy bajo (del orden de los micro voltios), se utilizó una resistencia de carga de



1 Kilo Ohm (en adelante  $K\Omega$ ), con este se obtiene un valor que es convertido a voltios (en adelante V) por la resistencia de carga y el primer amplificador operacional, luego se amplifica la señal con una ganancia de 37, a solo efecto de obtener un valor con el que resulte fácil la medición.

$$\text{Asi } G = \left( \frac{R_1}{R_2} + 1 \right) = 37$$

Con lo que nos da  $R_1 = 36$

Una vez obtenido el valor máximo de entrada al microcontrolador la señal esta lista para ser usada por el mismo.

#### 4.2.3 ARDUINO MEGA 2560



**Figura 4.15:** Arduino Mega 2560

**Fuente:** [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)

La tarjeta Mega 2560 se puede programar con el software Arduino (IDE).

El ATmega2560 en el Mega 2560 viene pre-programado con un cargador de arranque que le permite cargar un nuevo código a él sin el uso de un programador de hardware externo. Se comunica utilizando el protocolo STK500 original (referencia, archivos de cabecera C).

El Mega 2560 tiene un fusible que protege los puertos USB de la computadora de cortocircuitos y sobrecorriente. Aunque la mayoría de las computadoras proporcionan su propia protección interna, el fusible proporciona una capa adicional de protección. Si se aplica más de 500 mA al puerto USB, el fusible romperá automáticamente la conexión hasta que se quite el cortocircuito o la sobrecarga.

### Características

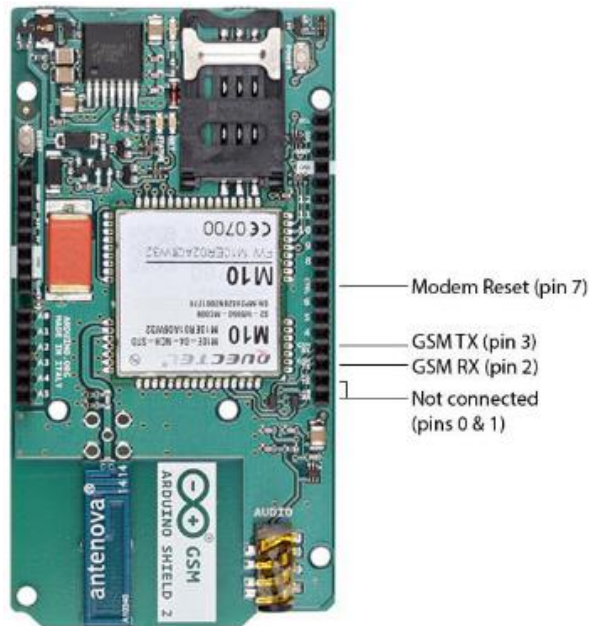
Microcontrolador	ATmega2560
Voltaje de operacion	5V
Voltaje de entrada (Recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (Limite)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Pines de Entradas Analógicas	16
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	101.52 mm
Width	53.3 mm
Weight	37 g

### RESET AUTOMATICO

En lugar de requerir una pulsación física del botón de reinicio antes de una carga, el Mega 2560 está diseñado de tal manera que permite que sea restablecido por el software que se ejecuta en una computadora conectada.

#### 4.2.4 ARDUINO GSM SHIELD

El Arduino GSM Shield V2 conecta al Arduino a Internet utilizando la red inalámbrica GPRS. Simplemente se conecta este módulo al Arduino, se necesita de una tarjeta SIM de un operador que ofrezca cobertura GPRS y configurar. También puede realizar / recibir llamadas de voz utilizando la toma de audio / micrófono a bordo y enviar / recibir mensajes SMS.



**Figura 4.17:** Arduino GSM Shield

**Fuente:** [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)

En Arduino, cada elemento de la plataforma - hardware, software y documentación - está libremente disponible y de código abierto.

Esto es mucho más rápido que el SMS ordinario a través de GSM, cuya velocidad de transmisión de SMS es de 6 a 10 mensajes SMS por minuto. Con GPRS se puede transmitir hasta 30 mensajes SMS por minuto. GPRS se puede utilizar como portador de mensajes SMS, para el envío de archivos grandes ó como medio de comunicación para conexión a la red internet.

El Arduino GSM Shield 2 permite que una tarjeta Arduino se conecte a Internet, haga / reciba llamadas de voz y envíe / reciba mensajes SMS. El escudo utiliza un módem de radio M10 de Quectel. Es posible comunicarse con la placa utilizando comandos AT. La biblioteca GSM tiene un gran número de métodos para la comunicación con el blindaje. El blindaje utiliza las clavijas digitales 2 y 3 para la comunicación en serie del software con el M10. El pin 2 está conectado al pin TX del M10 y el pin 3 al pin RX. El M10 es un módem de banda cuádruple GSM / GPRS que funciona en las frecuencias GSM850MHz, GSM900MHz, DCS1800MHz y PCS1900MHz. Soporta protocolos TCP / UDP y HTTP a través de una conexión GPRS. El enlace descendente de datos GPRS y la velocidad de transferencia de enlace ascendente es de 85,6 kbps.

Para interactuar con la red celular, la placa requiere una tarjeta SIM proporcionada por un operador de red. Consulte la página de inicio para obtener información adicional sobre el uso de la tarjeta SIM.

#### **4.2.5 COMANDOS AT**

Los comandos AT son instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación entre el hombre y un Terminal MODEM.

Los comandos AT fueron desarrollados en 1977 por Dennis Hayes como un interfaz de comunicación con un MODEM para así poder configurarlo y proporcionarle instrucciones, tales como marcar un número de teléfono. Más adelante, con el avance del baudio, fueron las compañías Microcomm y US Robotics las que siguieron desarrollando y expandiendo el juego de comandos hasta universalizarlo.

Los comandos AT se denominan así por la abreviatura de attention. Aunque la finalidad principal de los comandos AT es la comunicación con modems, la telefonía móvil GSM también ha adoptado como estándar este lenguaje para poder comunicarse con sus terminales. De esta forma, todos los teléfonos móviles GSM poseen un juego de comandos AT específico que sirve de interfaz para configurar y proporcionar instrucciones a los terminales, permiten acciones tales como realizar llamadas de datos o de voz, leer y escribir en la agenda de contactos y enviar mensajes SMS, además de muchas otras opciones de configuración del terminal.

Es claro que la implementación de los comandos AT corresponde a los dispositivos GSM y no depende del canal de comunicación a través del cual estos comandos sean enviados, ya sea cable de serie, canal Infrarrojos, Bluetooth, etc.

#### **COMANDOS GENERALES**

- AT+CGMI: Identificación del fabricante
- AT+CGSN: Obtener número de serie
- AT+CIMI: Obtener el IMSI.
- AT+CPAS: Leer estado del modem
  - 0 = Ready
  - 1= Unavailable
  - 2= Status UnKnown

- 3= Ringing
- 4= Call in Progress
- 5= Asleep

#### Comandos del servicio de red

- AT+CSQ: Obtener calidad de la señal
- AT+COPS: Selección de un operador
- AT+CREG?: Devuelve un valor que indica que el modem tiene activa la red de telefonía, si tiene red devolverá 0.1
- AT+WOPN: Leer nombre del operador

#### Comandos de seguridad

- AT+CPIN: Introducir el PIN
- AT+CPINC: Obtener el número de reintentos que quedan
- AT+CPWD: Cambiar password

#### Comandos para la agenda de teléfono

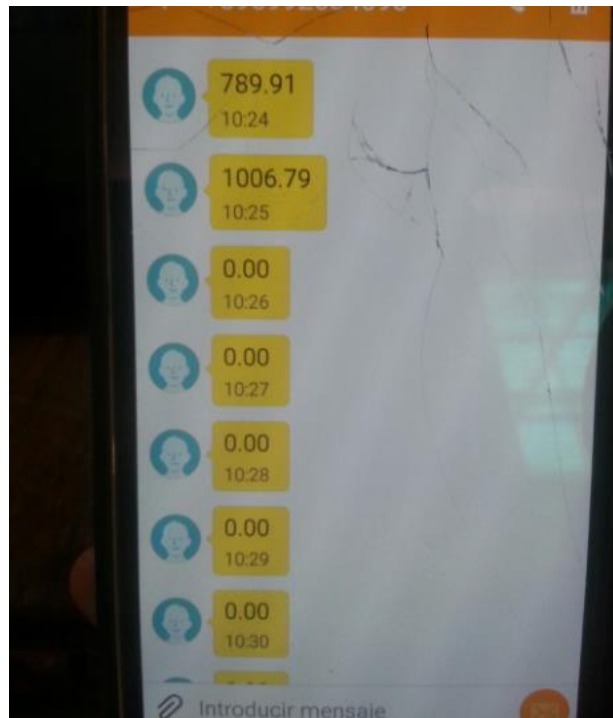
- AT+CPBR: Leer todas las entradas
- AT+CPBF: Encontrar una entrada
- AT+CPBW: Almacenar una entrada
- AT+CPBS: Buscar una entrada

#### Comandos para envío de SMS

- AT+CPMS: Seleccionar lugar de almacenamiento de los SMS.
- AT+CMGF: Seleccionar formato de los mensajes SMS.
- AT+CMGR: Leer un mensaje SMS almacenado.
- AT+CMGL: Listar los mensajes almacenados.
- AT+CMGS: Enviar mensaje SMS.
- AT+CMGW: Almacenar mensaje en memoria.
- AT+CMSS: Enviar mensaje almacenado.
- AT+CSCA: Establecer el Centro de mensajes a usar.
- AT+WMSC: Modificar el estado de un mensaje.

### PRUEBAS BASICAS REALIZADAS

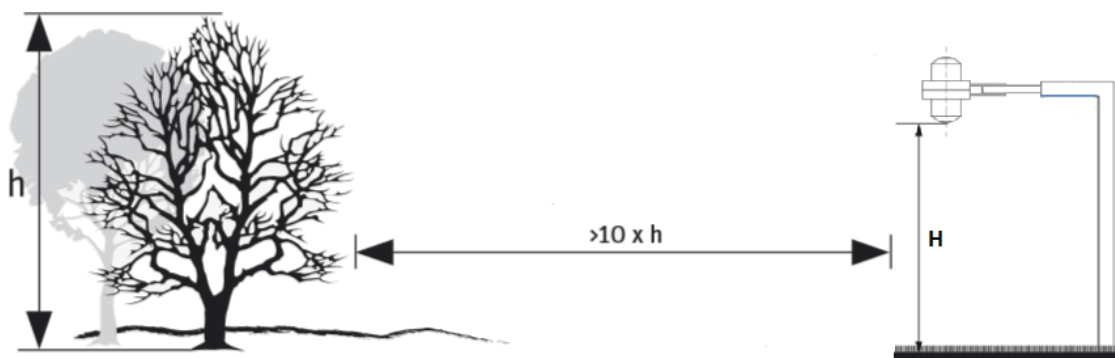
Se realizaron las pruebas de funcionamiento del módulo GPRS. Se realizó un programa básico de lectura de la entrada analógica y envío de ese valor a un número de teléfono particular:



**Figura 4.17:** Pruebas de básicas de funcionamiento.  
**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2.6 SOPORTE DE MEDICION

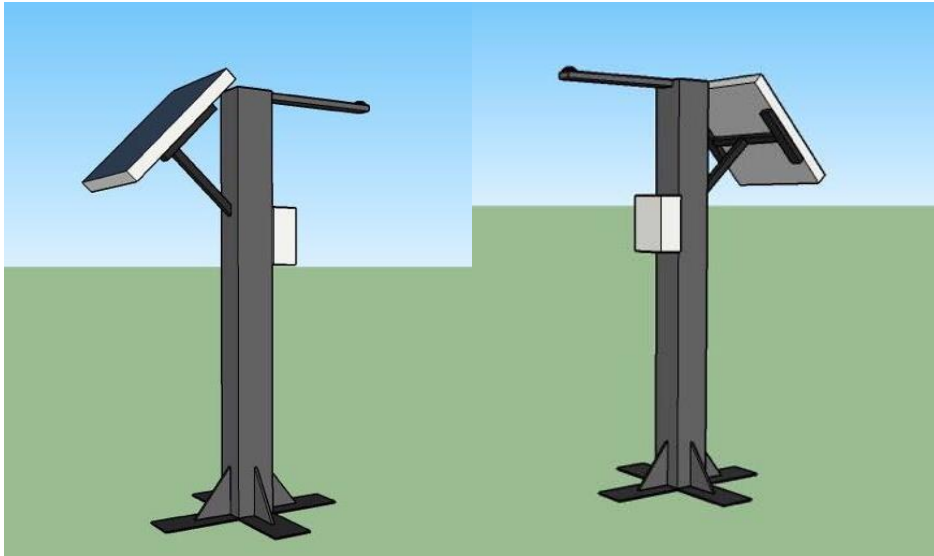
Se requiere de la fabricación y montaje de un soporte para la medición correcta de la radiación solar que cumpla con los requisitos y estándares correspondientes.



**Figura 4.20:** Esquema básico.  
**Fuente:** Elaboración Propia.

El piranometro debe estar al menos 1.5 metros arriba del suelo, además debe estar perfectamente horizontal, de preferencia, el ambiente debe ser en un

suelo con césped, para poder medir la radiación solar global. El soporte de medición también debe alojar el panel solar y la caja de circuitos.



**Figura 4.21:** Soporte para medición diseñado.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.2.7 PROGRAMA DISEÑADO

El Arduino, posee su propio compilador, la aplicación para la elaboración de los programas se puede descargar de su misma página. El lenguaje de programación es el C/C++ modificado, para las aplicaciones que tiene este microcontrolador, se le añaden algunas librerías propias tales como; GSM.h

```
#include <GSM.h>
#define PINNUMBER ""
GSM gsmAccess;
GSM_SMS sms;
char remoteNumber[20]= "+595972882608";
const float entradaDatos = A1;
float valorDatos=0;
float valorDatos2;
float valorDatos3;
float Radiacion;
int n = 0;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  boolean notConnected = true;
  while(notConnected)
  {
    if(gsmAccess.begin(PINNUMBER)==GSM_READY)
      notConnected = false;
```

```
else
{
  Serial.println("Not connected");
  delay(1000);
}
}
}
void loop()
{
  analogReference(DEFAULT);
  Serial.println("prueba");
  valorDatos = analogRead(entradaDatos);
  Serial.println(valorDatos);
  valorDatos2=((valorDatos*5)/1023);
  Serial.println(valorDatos2);
  valorDatos3= (valorDatos2/33)*1000000;
  Radiacion= valorDatos3/66;
  Serial.println("Radiacion es...");
  Serial.println(Radiacion);
  n++;
  Serial.print("Message to mobile number: ");
  Serial.println(remoteNumber);
  Serial.println("SENDING");
  Serial.println();
  Serial.println("Message:");
  sms.beginSMS(remoteNumber);
  sms.print(Radiacion);
  sms.endSMS();
  Serial.println("\nCOMPLETE!\n");
  delay (300000);
}
```

Definimos las constantes globales que utilizaremos que son el tamaño del buffer, la frecuencia de muestreo del sensor, el número máximo de muestras tomadas para el envío, y el número al cual enviaremos las muestras para su procesamiento. Habilitamos los pines que utilizaremos del microcontrolador. Básicamente el programa, hace el reconocimiento del módulo de GSM, luego, se realiza la lectura analógica de los datos entrantes provenientes del piranómetro, se calcula con esos datos la radiación solar correspondiente, y finalmente se envían las mediciones.

## 4.2.8 SERVIDOR

### SERVIDOR PHP

PHP (acrónimo recursivo de PHP: Hypertext Preprocessor) es un lenguaje interpretado del lado del servidor que surge dentro de la corriente denominada



código abierto (open source: hace referencia a la libre disponibilidad por parte del usuario de un software y de su código fuente). Se caracteriza por su potencia, versatilidad, robustez y modularidad. Al igual que ocurre con tecnologías similares, los programas son integrados directamente dentro del código HTML.

Lo que distingue a PHP de otros programas del lado del cliente es que el código es ejecutado en el servidor, generando HTML y enviándolo al cliente. El cliente recibirá el resultado de ejecutar el script, aunque no se sabría el código subyacente que era. El servidor web puede ser incluso configurado para que procese todos los ficheros HTML con PHP.

Existen principalmente tres campos principales donde se usan scripts de PHP:

- Scripts del lado del servidor. Este es el campo más tradicional y el foco principal. Se necesitan tres cosas para que esto funcione. El analizador de PHP (módulo CGI o servidor), un servidor web y un navegador web. Es necesario ejecutar el servidor, con una instalación de PHP conectada. Se puede acceder al resultado del programa PHP con un navegador, viendo la página de PHP a través del servidor. Todo esto se puede ejecutar en su máquina si está experimentado con la programación de PHP. Véase la sección sobre las instrucciones de instalación para más información.
- Scripts desde la línea de comandos. Se puede crear un script de PHP y ejecutarlo sin necesidad de un servidor o navegador. Solamente es necesario el analizador de PHP para utilizarlo de esta manera. Este tipo de uso es ideal para scripts ejecutados regularmente usando cron (en Unix o Linux) o el Planificador de tareas (en Windows). Estos scripts también pueden usarse para tareas simples de procesamiento de texto.
- Escribir aplicaciones de escritorio. Probablemente PHP no sea el lenguaje más apropiado para crear aplicaciones de escritorio con una interfaz gráfica de usuario, pero si se conoce bien PHP, y se quisiera utilizar algunas características avanzadas de PHP en aplicaciones del lado del cliente, se puede utilizar PHP-GTK para escribir dichos programas. También es posible de esta manera escribir aplicaciones independientes de una plataforma. PHP-GTK es una extensión de PHP, no disponible en la distribución principal.

PHP puede usarse en todos los principales sistemas operativos, incluyendo Linux, muchas variantes de Unix (incluyendo HP-UX, Solaris y OpenBSD), Microsoft Windows, Mac OS X, RISC OS y probablemente otros más. PHP

admite la mayoría de servidores web de hoy en día, incluyendo Apache, IIS, y muchos otros. (www.php.net).

## BASE DE DATOS MySQL

Las bases de datos constituyen hoy en día los elementos clave sobre los que se apoyan los sistemas de información de empresas e instituciones. Una base de datos podría definirse como una colección de datos interrelacionados que son almacenados en un soporte informático. Algunas razones que justifican su uso son su capacidad para almacenar grandes cantidades de información, la optimización de su gestión, la facilidad para realizar consultas y la exactitud, rapidez y fiabilidad en su administración. A la hora de hablar de una base de datos debe distinguirse lo que es propiamente la información almacenada (datos) y el conjunto de programas que actúan de intermediarios entre la información y el usuario (SGBD: Sistema Gestor de Base de Datos) (**PHP y MySQL, tecnologías para el desarrollo de aplicaciones WEB**, Angel Cobo, Patricia Gomez).

MySQL es el gestor de base de datos de código abierto más popular del mundo.

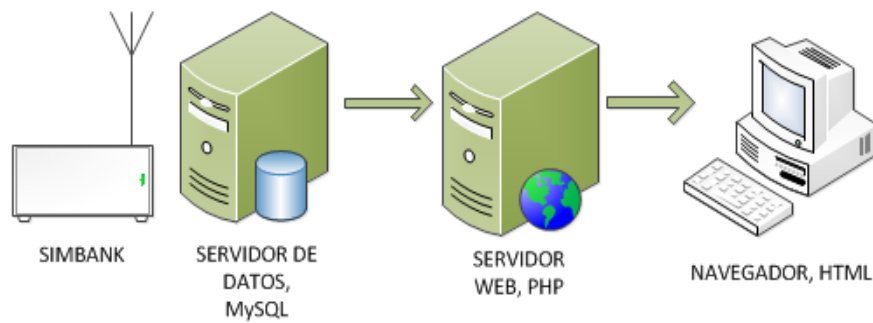
## HTML

Las páginas WEB se escriben en un lenguaje llamado HTML (Lenguaje de marcación de hipertexto), Permite a los usuarios producir páginas WEB que incluyen textos, gráficos y apuntes a otras páginas WEB. Es una aplicación estándar ISO 8879, SGML (lenguaje de marcación estándar generalizado), pero especializado en hipertexto y adaptado en la WEB. (Redes de Computadoras, Tanenbaum 3ra Edición).

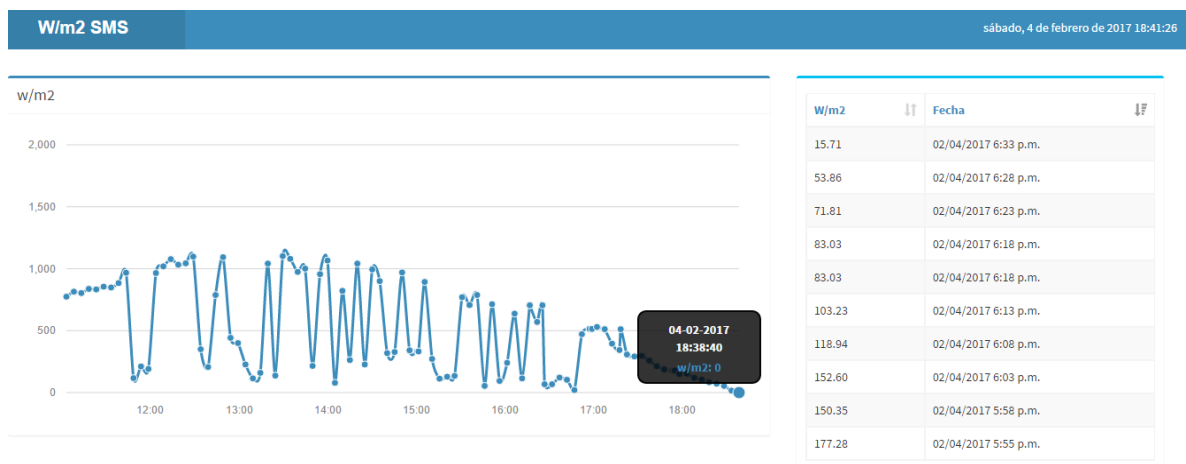
Los lenguajes de marcación contienen, por tanto, comandos explícitos, para el formateo. Por ejemplo, en HTML <B> significa inicia modo de negritas y </B> significa termina modo de negritas.

La página WEB donde se mostraran los datos es el siguiente:  
<http://104.131.67.248:8900/>

A continuación el proceso de de trabajo del servidor y pagina WEB:



**Figura 4.23:** Esquema del servidor.  
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 4.24** Visualización de datos en la página WEB.  
**Fuente:** <http://104.131.67.248:8900/>

#### 4.2.9 SISTEMA DE ALIMENTACION

El sistema de alimentación es de vital importancia en este proyecto, ya que proporcionara la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento del mismo en todo momento. A continuación el consumo de energía de los principales componentes del sistema:

El consumo del módulo GPRS es el siguiente:

Voltaje de alimentación: 5 Voltios (alimentado directamente del Arduino Mega)

Consumo de corriente máximo: 1 Amperios

Consumo del microcontrolador Arduino Mega:

Voltaje de alimentación: 5 Voltios

Consumo de corriente máximo: 50 mA.

Consumo de circuitos Integrados:

Voltaje de alimentación: 5 Voltios

Por lo descrito más anteriormente se utilizó una batería de 12 Voltios y 7A, el cual es utilizado para alimentar a los sistemas, a través de un circuito regulador de voltaje:

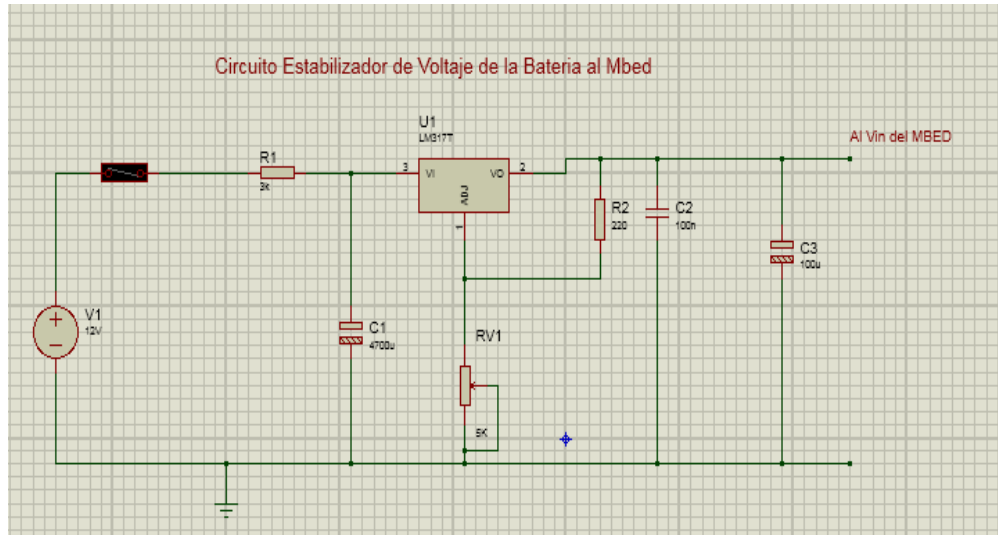


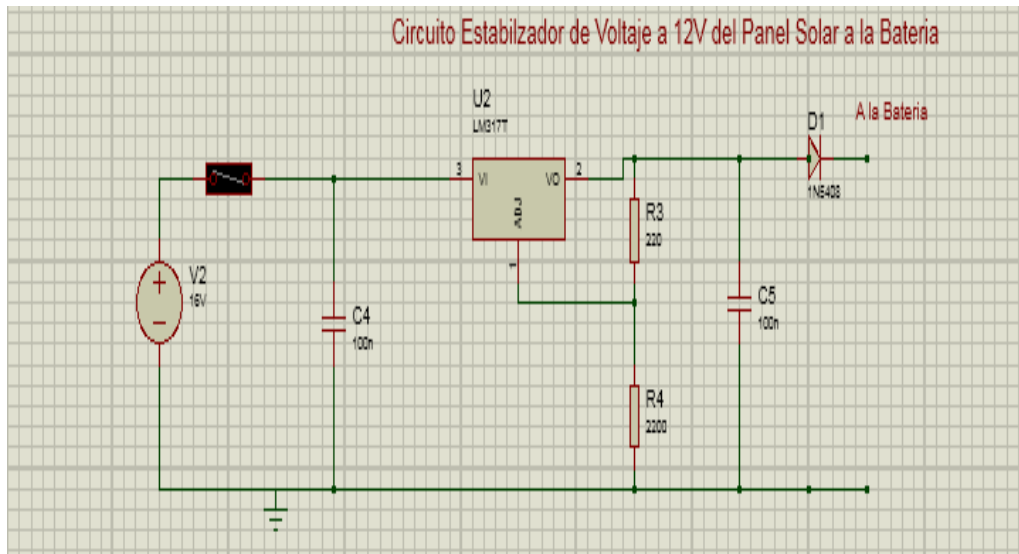
Figura 4.25: Circuito Regulador de batería.

Fuente: Elaboración propia

Está constituido por un fusible de protección en la entrada, un integrado que regula la tensión, los capacitores y resistencias sirven para eliminar los picos de tensión, toda la corriente generada es regulada por el potenciómetro. De esta forma se entrega a la circuitería una tensión constante de manera a garantizar su correcto funcionamiento.

La batería se cargara a través de un panel solar. Es necesario también en esta ocasión un circuito estabilizador por todo lo antes expuesto.

La tensión generada por el panel solar depende directamente de la radiación incidente y la cantidad de horas de sol que el panel está expuesto. Por los que el voltaje puede variar mucho y se tendría picos de tensión peligrosos para la carga de la batería, ya que estos pueden ocasionar un daño irreversible al mismo.



**Figura 4.26:** Circuito Estabilizador del panel solar.

**Fuente:** Elaboración propia

El circuito estabilizador constituido por un fusible de protección, un regulador de tensión, el capacitor de salida que actúa como filtro, y el diodo que asegura la carga de la batería y anula la corriente generada por la batería en sentido contrario.

#### 4.2.9.1 BATERIA

Se utilizó una batería recargable de salida 12v y una corriente máxima de 7A, suficiente para alimentar a los circuitos integrados y al módulo de transmisión y proveer de autonomía al sistema.

#### CARACTERISTICAS

- Batería recargable marca “First Power”
- Voltaje de salida 13v.
- Corriente máxima generada 7<sup>a</sup>

#### 4.2.9.2 PANEL SOLAR

El módulo fotovoltaico BP SX 320 es parte de la serie de módulos SX de BP solar, proporcionando energía fotovoltaica rentable para cargas de CC con los requerimientos de energía moderadas. Con 36 células policristalinas en serie, este panel recarga las baterías de manera eficiente en prácticamente cualquier clima.

Aplicaciones comerciales típicas de este módulo incluyen telemetría remota, protección catódica, sistemas de instrumentación, sensores de seguridad, señales, medición del petróleo, contadores de agua, puerta residencial y ayudas a la navegación con base en tierra. El modelo de marco universal (SX320J) tiene una caja de conexiones y un marco muy robusto. La caja de conexión acepta cable o conducto. Los terminales estándar aceptan 8 AWG a 14 AWG. La caja de conexiones impermeable (IP65) de la SX 320J acepta PG 13,5 o 1/2 "conducto nominal o racores para cables. Con su bloque de conexión de cuatro terminales, que permite a la mayoría de las conexiones de la matriz del sistema (poniendo los módulos en serie o en paralelo) a hacerse justo en la caja de conexiones. La versión Frame Multimount (SX320M) tiene un AWG # 18 2 conductores 15 'cable para una cómoda carga de la batería de 12 voltios (se recomienda un regulador de carga de bajo costo). El SX 320M también se puede configurar en serie para un sistema de 24 VCC nominal. (<http://www.solarelectricsupply.com>)

### CARACTERISTICAS

- Potencia Maxima : 20W
- Voltaje Máximo: 16.8V
- Corriente Máxima: 1.19A
- Voltaje de circuito abierto: 21V
- Dimensiones: 425\*502\*50 mm
- Peso: 3 Kg.
- Celdas Solares: 36 Celdas

### 4.2.10 METODOLOGIA DE CONSTRUCCION

El proyecto se puede resumir en 7 pasos, los cuales se detallan a continuación:

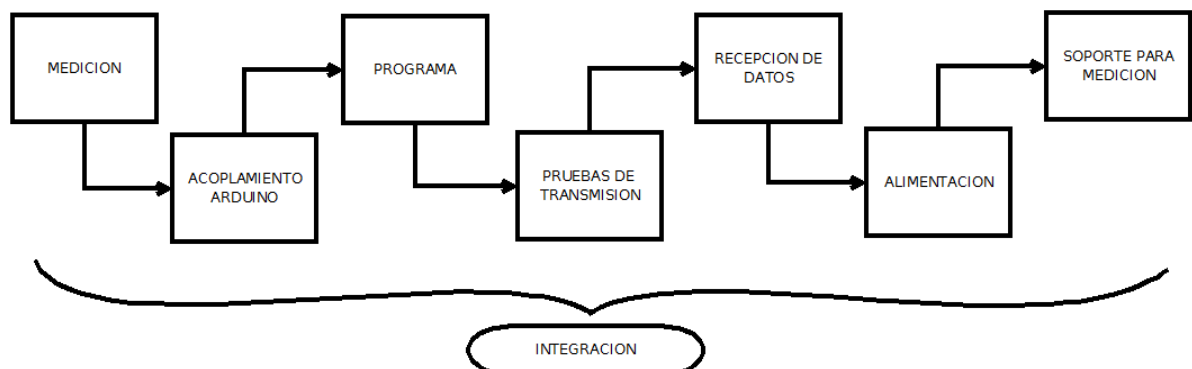


Figura 27: Resumen del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

### **Paso 1: Medición.**

Obtención de la curva de radiación, mediante el método de intercomparación, utilizando el piranómetro para las mediciones.

### **Paso 2: Acoplamiento Arduino.**

Adaptación de impedancias, conversión a voltaje y amplificación de la señal generada por el sensor para ser procesada por el microcontrolador.

### **Paso 3: Programa.**

Diseño del programa de lectura correcta de la señal, cálculo de radiación, y transmisión de los datos a través de comandos AT.

### **Paso 4: Pruebas de Transmisión.**

Realización de pruebas de funcionamiento y transmisión del módulo GPRS a un teléfono celular particular.

### **Paso 5: Recepción de datos.**

Recepción de datos enviados, almacenamiento (Servidor) y muestra de los mismos en una página WEB.

### **Paso 6: Alimentación.**

Diseño y construcción del sistema de alimentación; batería, circuito regulador, panel solar y el circuito estabilizador.

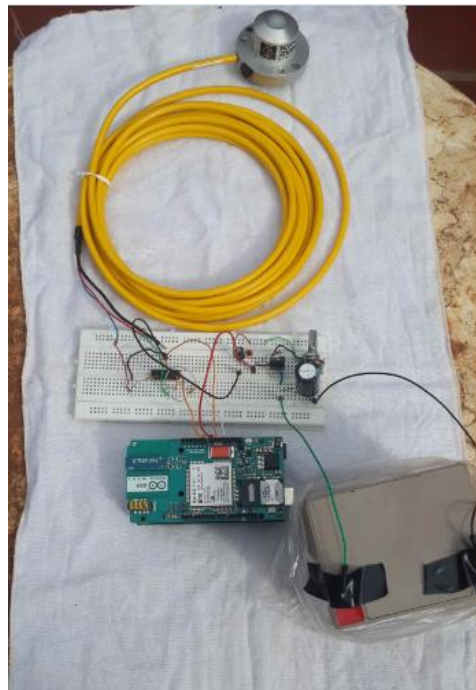
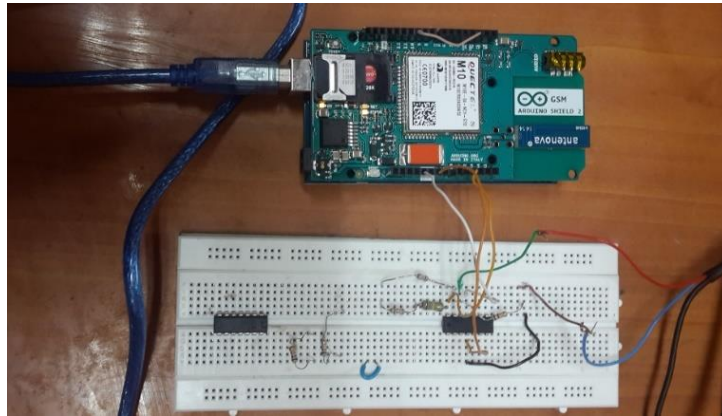
### **Paso 7: Soporte para medición.**

Diseño y montaje de un soporte especial de medición que cumple con los estándares.

Se diseñaron los circuitos con un software especial (Simulink), se utilizó placas de cobre, pincel indeleble, se realizaron perforaciones en la placa según el circuito diseñado.

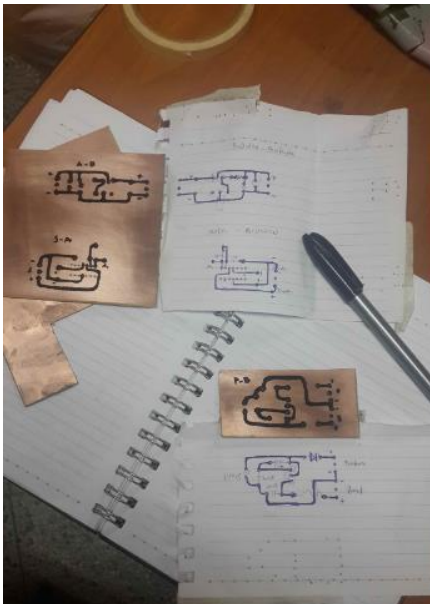
Se procedió a soldar los componentes en la placa impresa, con ayuda de un soldador y estaños.

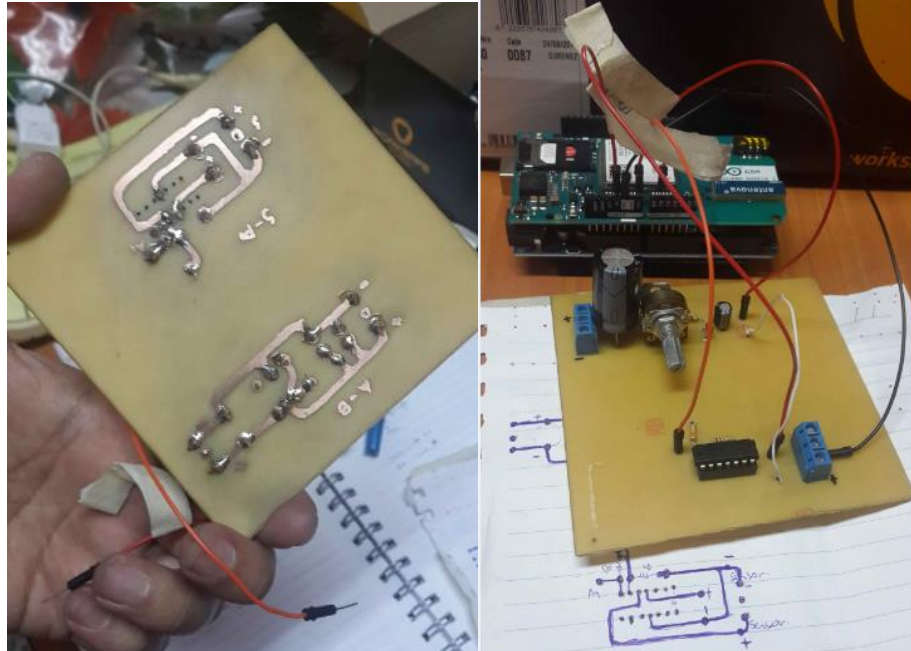
Prueba de Funcionamiento en general, en protoboard:

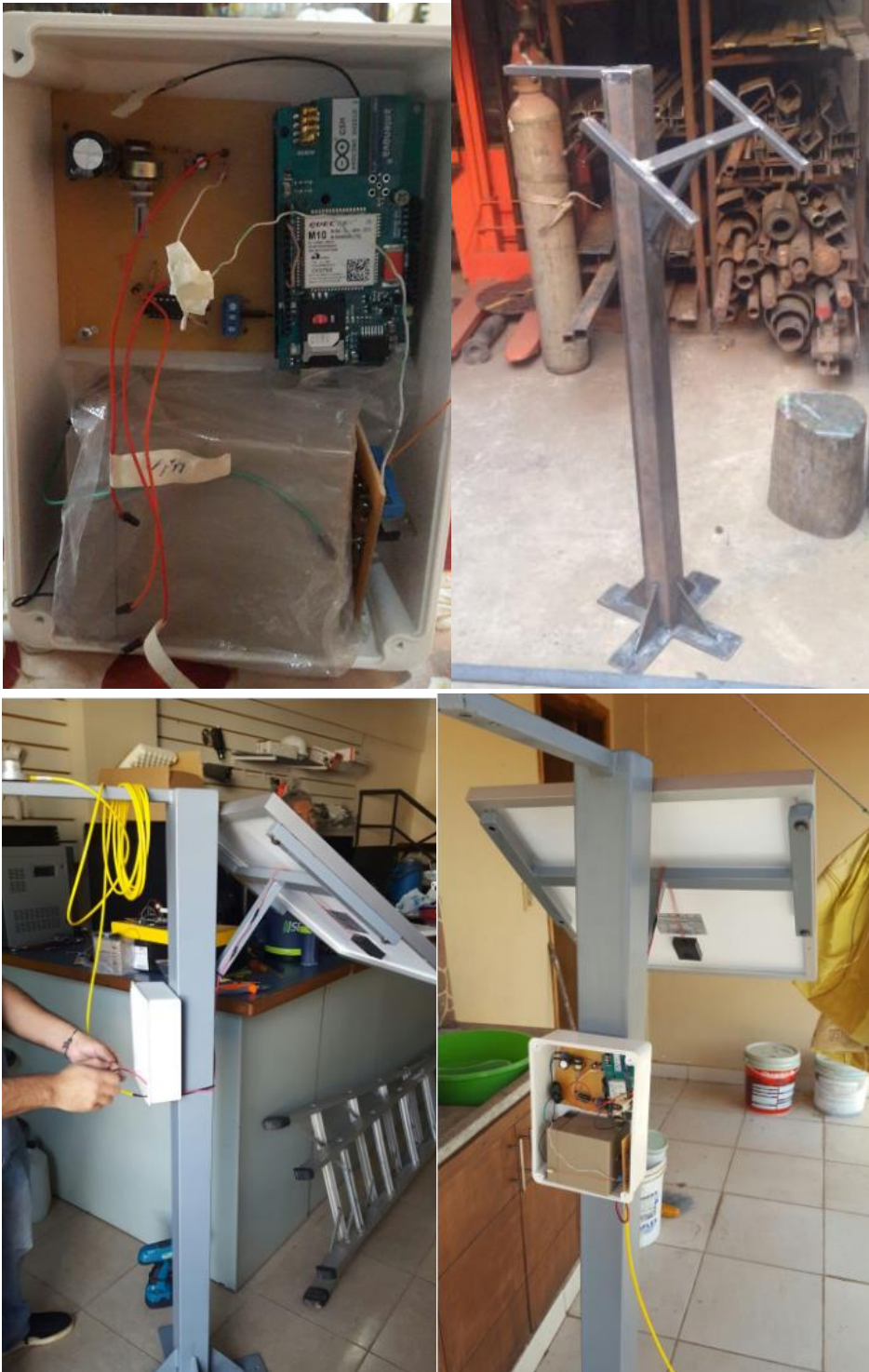


Montaje en placa impresa del microprocesador y circuitos de acoplamiento:









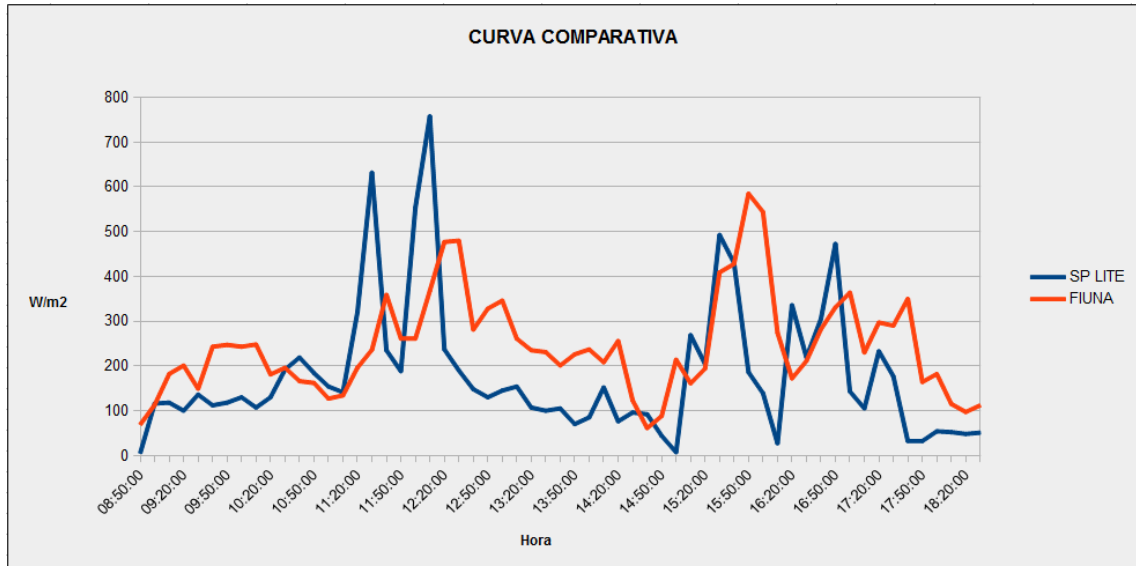
## Materiales utilizados

- Pulsera antiestática
- Protoboards
- Unifilares
- Cinta aisladora
- Destornilladores
- Pinzas
- Placas Virgenes
- Acido
- Pincel indeleble
- Alambriillo
- Soldador
- Estaño
- Taladro, mecha
- Testers
- Silicona
- Caja Hermetica
- Poxilina
- Tornillos
- Cables
- Soporte para sensor



## CAPITULO 5

### 5.1 ANALISIS DE RESULTADOS



**Figura 5.1:** Comparación de Curvas.

**Fuente:** Elaboración propia

Como se observa en la figura hay un error sistemático de aproximadamente 50 W/m<sup>2</sup>. Esto se debe a la corriente de oscuridad del fotodiodo y a la curva de radiación, este error se puede disminuir calibrando la curva de radiación con numerosas mediciones, además, las condiciones de los 2 sensores tiene que ser la misma, es decir, mismas condiciones ambientales para mejorar la precisión de los resultados.

### 5.2 COSTOS

A continuación, se presentan los costos aproximados del proyecto, en la siguiente tabla:

Equipos	Precio	Unidad	Total
Alquiler Servidor	500.000	1	500.000
Pagina Web	700.000	1	700.000
Mantenimiento	200.000	12	2.400.000
Sensor	4.000.000	1	4.000.000
Placa de CI	1.300.000	1	1.300.000

Componentes	50.000	1	50.000
Circuitos de acoplamientos	500.000	2	1.000.000
Baterías	150.000	1	150.000
Panel Solar	850.000	1	850.000
Caja Hermetica	150.000	1	150.000
Simbank	2.500.000	1	2.500.000
<b>Total</b>			<b>13.600.000</b>

**Tabla 5.1:** Costos

**Fuente:** Elaboración propia

Como es evidente, el costo del proyecto, teniendo en cuenta su complejidad, es menor que cualquier otro producto similar que podamos encontrar en el mercado, con resultados óptimos y mano de obra nacional.

## CAPITULO 6

### 6.1 CONCLUSIONES

Con el desarrollo de este trabajo se demostro que es posible la fabricacion, montaje y desarrollo de una plataforma de medición y transmisión de datos autónoma que resulta de vital importancia en la medición de fenómenos como la radiación solar. En el caso de nuestro país (Sub desarrollado) resulta aun mas interesante por el hecho de que la distribucion de energia electrica todavia no llega en todos los rincones del territorio.

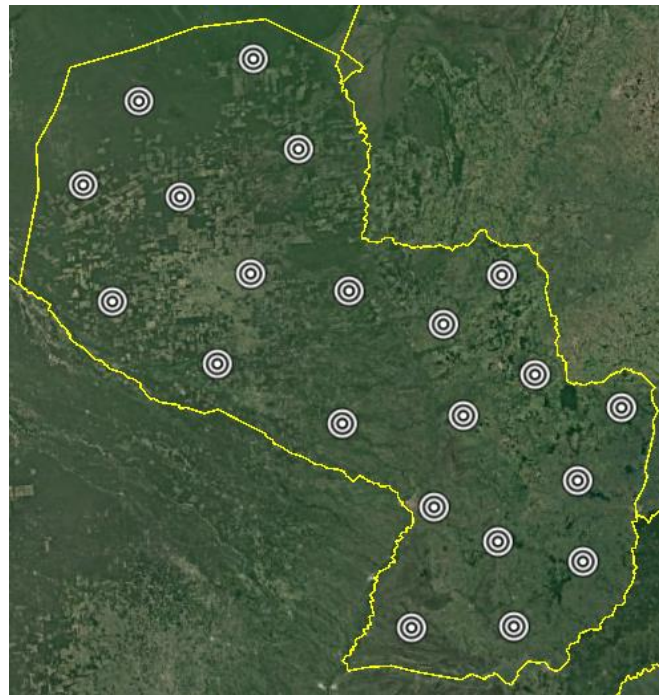
Es por tal razon que resulta util y eficiente una plataforma de medicion autonomo, con el objetivo de adquirir, y transmitir datos de fenomenos, tales como la temperatura, presion, humedad, velocidad el viento, rayos ultravioletas, etc y en nuestro caso la radiacion Solar, para que, en un futuro proximo, se pueda aprovechar dichos datos para el beneficio y mejoramiento de distintas areas como la generacion de energia, la agricultura, la ganaderia, etc.

Por los motivos descriptos mas arriba sera necesario la distribucion de varias de estas plataformas de medición en todo el territorio de nuestro pais, de tal forma a saber con exactitud el comportamiento de estos fenomenos para el aprovechamiento de los mismos en un futuro proximo.

Recomendaciones e investigaciones futuras:

- Calibración del sensor, el cual requiere de un proceso largo y múltiples mediciones.
- Anexar un sistema de almacenamiento local (podría ser una tarjeta SD), que permitirá obtener los datos aun sin un sistema de transmisión en tiempo real, en caso de que la señal de telefonía sea nula.
- Añadir varios sensores al sistema (de temperatura, presión, Ultra violeta, etc.), de tal forma a tener una plataforma de transmisión de información mucho más completa.
- Transmitir datos mediante otras redes de telefonía celular (WCDMA, LTE). Mediante la utilización de otras redes más avanzadas se podrá transmitir datos a mayor velocidad.
- Transmitir imágenes en tiempo real sería un gran avance con el objetivo no solo de adquirir datos para implementaciones futuras sino para prevenir fenómenos atmosféricos.

- Reducir el tamaño de las placas y el sistema en general, a fin de disminuir el espacio de montaje de la plataforma en el sitio y ampliar la comodidad en el transporte de la misma.
  - Mejorar la interfaz gráfica de la página web. Realizar tablas o gráficos que nos muestren el comportamiento a diario de distintos fenómenos.
- La idea es que en un futuro se pueda implemetar estas plataformas de medicion autonomas en todo el territorio nacional, de manera a obtener un mapeo de los recursos existentes y aprovechables en nuestro pais.



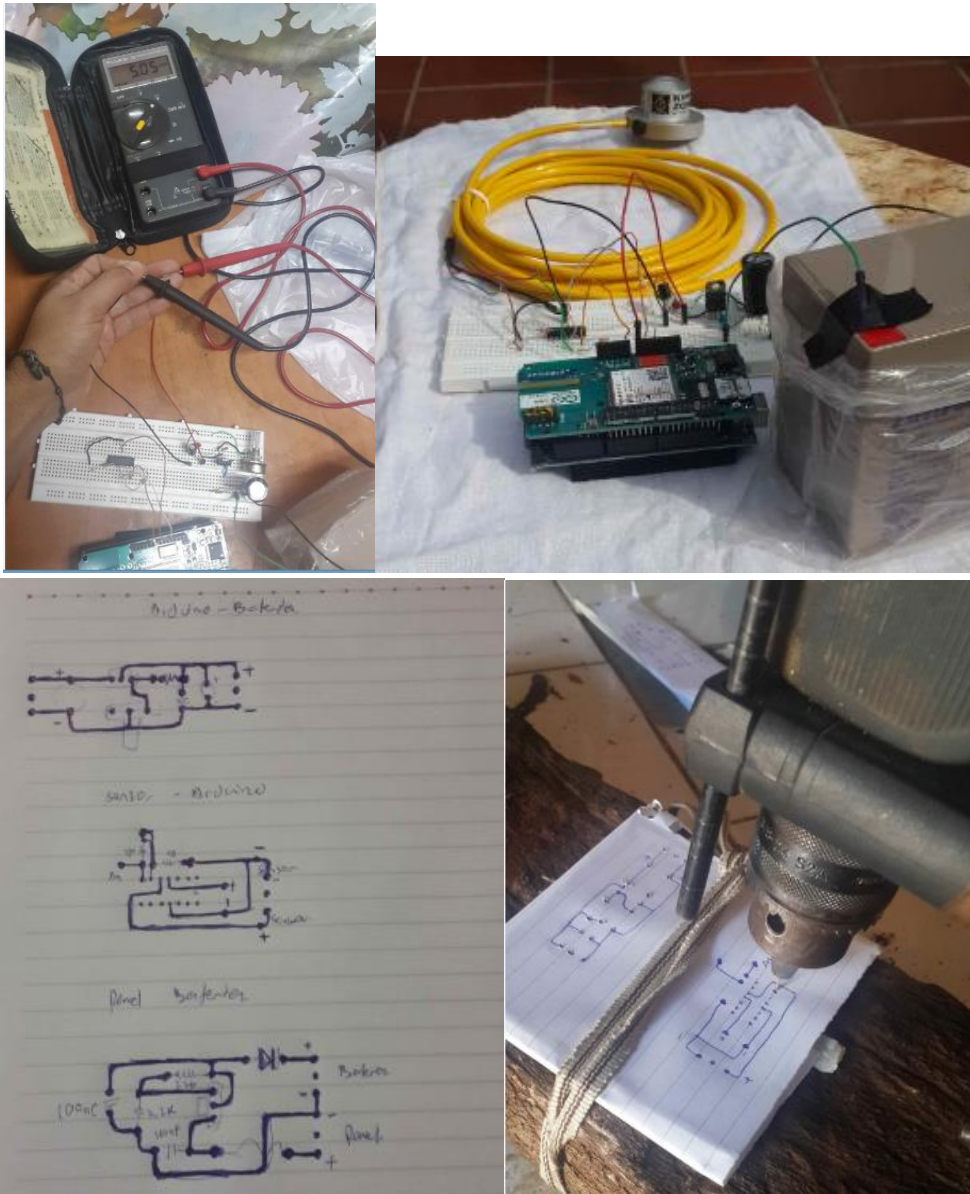
**Figura 6.1:** Distribución de la plataformas de medición.  
**Fuente:** Elaboración propia

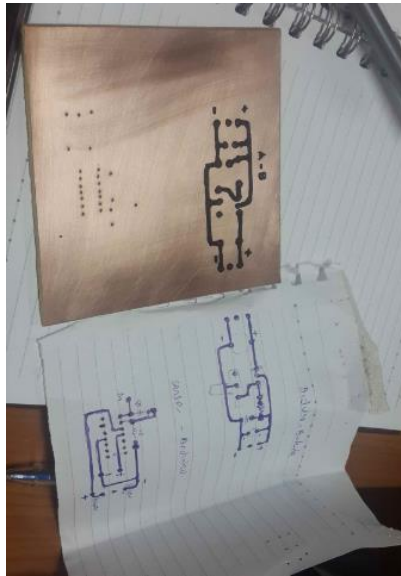


## 6.2 BIBLIOGRAFIA

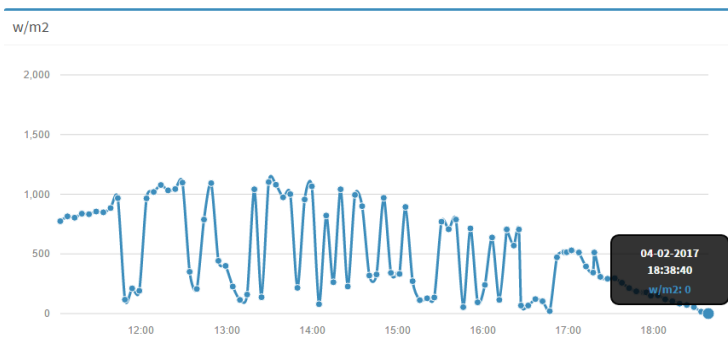
- [www.mbed.org](http://www.mbed.org)
- **SENSORES Y ACONDICIONADORES DE SEÑAL**, Ramón Pallás  
*Areny 4ta. Edición.*
- **ANTENAS**, Angel Cardama 2da. Edición
- **PRINCIPIOS DE ELECTRÓNICA**, Albert Paul Malvino, 6ta. Edición.
- [www.ptelectronics.es/index.php/es/menubaterias/menucaracteristicas](http://www.ptelectronics.es/index.php/es/menubaterias/menucaracteristicas)
- <http://microcontroladores-e.galeon.com/>
- [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
- <http://www.davisnet.com>
- **ENERGÍA SOLAR**, Néstor Quadri 4ta. Edición
- **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**, Javier Mendez, Rafael García,  
*2da. Edición*
- **INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS**, Jose Labarta.
- **INTERFAZ DE RADIO GSM**, Agustín Carrasco, Universidad Nacional de  
*Córdoba.*
- **GSM,GPRS AND EDGE PERFORMANCE**, Timo Halonen, 2da. Edicion
- Marta Alulema, 2010, "Estudio de la comunicación con comandos AT y microcontroladores", Tesis de Grado, ESCUELA SUPERIOR PLITECNICA DE CHIMBORAZO.
- **GSM, ARCHITECTURE, PROTOCOLS AND SERVICES**, Christian Bettstetter, Hans-Jörg Vögel and Jörg Eberspächer, Christian Hartmann,  
*3ra Edición*
- [www.mobilegprs.com](http://www.mobilegprs.com)
- **REDES DE COMPUTADORAS**, Tanenbaum 3ra Edicion
- **PHP Y MYSQL, TECNOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES WEB**, Angel Cobo, Patricia Gomez
- **INVERNADEROS DE PLÁSTICO TECNOLOGÍA Y MANEJO**, N. Castilla, 2da Edición
- <http://www.dinstar.com>
- <http://www.solarelectricsupply.com>
- [www.php.net](http://www.php.net)
- [www.mysql.com](http://www.mysql.com)

### 6.3 ANEXOS





W/m2 SMS sábado, 4 de febrero de 2017 18:41:26



W/m2	Fecha
15.71	02/04/2017 6:33 p.m.
53.86	02/04/2017 6:28 p.m.
71.81	02/04/2017 6:23 p.m.
83.03	02/04/2017 6:18 p.m.
83.03	02/04/2017 6:18 p.m.
103.23	02/04/2017 6:13 p.m.
118.94	02/04/2017 6:08 p.m.
152.60	02/04/2017 6:03 p.m.
150.35	02/04/2017 5:58 p.m.
177.28	02/04/2017 5:55 p.m.